



LESNÉ SEMENÁRSTVO, ŠKÔLKARSTVO A PESTOVANIE LESA 2026



Zborník referátov z medzinárodnej konferencie,
ktorá sa konala v dňoch 17. - 18. 06. 2026 v Liptovskom Jáne



**ZDRUŽENIE LESNÝCH ŠKÔLKAROV SR LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ
NÁRODNÉ LESNÍCKE CENTRUM - SEKCIA PRE VEDU A VÝSKUM ZVOLEN
CENTRUM EXCELENTNOSTI LESNÍCKO-DREVÁRSKEHO KOMPLEXU – LIGNOSILVA
MINISTERSTVO PÔDOHOSPODÁRSTVA A ROZVOJA VIDIEKA SR
LESY SR, Š. P. BANSKÁ BYSTRICA, OZ SEMENOLES
SAPV – ODBOR LESNÍCTVA
SLOVENSKÁ SPOLOČNOSŤ PRE POĽNOHOSPODÁRSKE, LESNÍCKE, POTRAVINÁRSKE
A VETERINÁRSKE VEDY PRI SAV
SLOVENSKÁ LESNÍCKA SPOLOČNOSŤ – ČLEN ZSVTS**

LESNÉ SEMENÁRSTVO, ŠKÔLKARSTVO A PESTOVANIE LESA 2026

Zborník referátov z medzinárodnej konferencie,
ktorá sa konala v dňoch 17. – 18. 06. 2026 v Liptovskom Jáne

Táto publikácia bola spolufinancovaná:



Európskou komisiou v rámci projektu Centrum excelentnosti lesnícko-drevárskeho komplexu LignoSilva [Grant Agreement # 101059552], kód ITMS 313011S735) v rámci akcie Horizon Europe Teaming for Excellence



vďaka kontraktu uzavretého medzi MPRV SR a NLC č. 1170/2024/MPRVSR-710, úlohy č. 15 Kontrola LRM, prvok 0900E02 „Odborná pomoc pre udržateľné lesné hospodárstvo“



výborom Slovenskej spoločnosti pre poľnohospodárske, lesnícke, potravinárske a veterinárske vedy pri SAV v Bratislave

Podakovanie patrí aj: podpore v rámci úlohy Výskum a vývoj pre udržateľný rozvoj lesnícko-drevárskeho sektora v meniacich sa podmienkach – účelová forma v rámci kontraktu 1097/2022/MPRVSR-710 medzi MPRV SR a NLC – Adaptačný potenciál drevín pri príprave lesov na zmenu klímy (TreeAdapt)



a výskumnému zámeru Modely transformácie drevinami zarastených nelesných pozemkov na produkčné agrolesnícke systémy (TRANSAGROLES)

Recenzenti: Mgr. Gabriela Luptáková, PhD., Ing. Vladimír Mačejovský, PhD.
Ing. Miroslav Ondruš, PhD., Ing. Míriam Sušková, PhD.
Editor: Ing. Dagmar Bednárová, PhD., Ing. Míriam Sušková, PhD.
Vydavateľ: Národné lesnícke centrum – SVV Zvolen v spolupráci s Centrom excelentnosti lesnícko-drevárskeho komplexu LignoSilva a Združením lesných škôľkarov SR Liptovský Mikuláš
Náklad: 140 kusov
Rozsah: 132 strán
Vydanie: Prvé
Tlač: Národné lesnícke centrum Zvolen
Autori fotografií: Predná strana obálky: Ing. D. Bednárová, PhD., Ing. Ladislav Kočík
Zadná strana obálky: Ing. Eduard Greppel, Ing. Dagmar Bednárová, PhD.

Neprešlo jazykovou úpravou.

Copyright © Národné lesnícke centrum – SVV Zvolen

ISBN 978 – 80 – 8093 – 401 - 9

EAN 9788080934019

OBSAH

EPIGENETIKA – HROZBA ČI NÁDEJ PRE LESNÉ DREVINY?

*prof. Ing. Dušan Gömöry, DrSc., Technická univerzita vo Zvolene,
Lesnícka fakulta* 5

AKO MOŽNO POZOROVAŤ ZMENY V GENETICKÝCH ŠTRUKTÚRACH V PRIEBEHU ČASU? ZAVEDENIE GENETICKÉHO MONITOROVANIA

*Ute Tröber, Barbara Fuss, Ralf Kätze, Staatsbetrieb Sachsenforst, Referat 4.2.
Forstgenetik, Bonnewitzer Straße 34, D - 017 96 Pirna, OT Graupa,
Nemecká spolková republika* 12

PRAKTICKÉ VYUŽITÍ MOLEKULÁRNÝCH ANALÝZ NA BÁZI DNA V LESNICTVÍ A PRO KONTROLNÍ MECHANISMY STÁTNÍ SPRÁVY.

*Máchová P., Cvrčková H., Výzkumný ústav lesního hospodářství
a myslivosti, v. v. i. Strnady 136, 252 02 Jíloviště* 14

KALAMITA V ČR A REPRODUKČNÍ MATERIÁL LESNÍCH DŘEVIN

*Ing. Vlasta Knorová, DiS., Ministerstvo zemědělství ČR,
Těšnov 17, 110 00 Praha 1* 22

KVALITA OSIVA SM A BO ZE SBĚRŮ DO NÁRODNÍ BANKY OSIVA ČR

*Kotrla P., Bezdečková L., Cafourek J., VÚLHM Jíloviště – Strnady v. v. i.,
Výzkumná stanice Kunovice, Na Záhonech 601, 686 04 Kunovice,
Česká republika* 29

FYZIOLOGICKÉ LIMITY DREVÍN A MOŽNOSTI ZVÝŠENIA ODOLNOSTI VOČI KLIMATICKÝM EXTRÉMOM

*Doc. Ing. Daniel Kurjak, PhD., Mgr. Alena Sliacka Konôpková, PhD.,
Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta* 37

OPAKOVANÁ MORTALITA PODZIMNÍCH VÝSADEB JEHLIČNATÝCH LESNÍCH DŘEVIN V ČR

*Ing. Jarmila Nárovcová Ph.D., Ing. Jan Leugner, Ph.D., VÚLHM
Jíloviště – Strnady v. v. i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550,
517 73 Opočno, Česká republika* 45

MORFOLOGICKÉ PARAMETRY SADEBNÍHO MATERIÁLU DUBU LETNÍHO A ZIMNÍHO A POTENCIÁL JEJICH VYUŽITÍ V PROCESU ADAPTACE NA KLIMATICKÉ ZMĚNY

*Ing. Jan Leugner, Ph.D., Ing. Jarmila Nárovcová Ph.D., VÚLHM
Jíloviště – Strnady v. v. i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550,
517 73 Opočno, Česká republika* 51

JAK VYCHOVAT ŠKOLKAŘE PRO PRAXI?

NOVÝ STUDIJNÍ PROGRAM MENDELU

*Ing. Kateřina Houšková, Ph.D., doc. Ing. Radek Pokorný, Ph.D.,
prof. Ing. Oldřich Mauer, DrSc., Lesnická a dřevařská fakulta,
Mendelova univerzita, Zemědělská 3, 613 00 Brno, ČR 60*

VÝVOJ SPOTREBY AUTORIZOVANÝCH PŘÍPRAVKOV NA OCHRANU RASTLÍN A POMOCNÝCH PŘÍPRAVKOV NA SLOVENSKU ZA ROKY 1993 AŽ 2025

*Ing. Andrej Kunca, PhD., Národné lesnícke centrum – SVV Zvolen,
Stredisko lesníckej ochrannárskej služby, Lesnícka 11, 969 01 B. Štiavnica 66*

PREMENA NEOBHOSPODAROVANÝCH ZARASTENÝCH POĽNOHOSPODÁRSKÝCH POZEMKOV NA PRODUKČNÉ AGROLESNÍCKE SYSTÉMY

*Ing. Ivan Horvát, Ing. Michal Pástor, PhD.,
Národné lesnícke centrum Zvolen 73*

PRODUKCIA FYTOMASY V AGROLESNÍCKOM SYSTÉME

Ing. Vladimíra Vargová, Národné lesnícke centrum Zvolen 84

RAST A VÝVOJ VÝSADIEB ORECHA ČIERNEHO V HORSKÝCH OBLASTIACH SLOVENSKA POČAS ŠTYROCH ROKOV PO ZALOŽENÍ

*Ing. Michal Pástor, PhD., Ing. Martin Belko, PhD., Ing. Ivan Horvát,
Národné lesnícke centrum Zvolen 92*

REAKCIA KRYTOKORENNÝCH SEMENÁČIKOV BUKA LESNÉHO A BOROVICE LESNEJ NA SUBSTRÁTY S PRÍDAVKOM DREVNÉHO POPOLA

Ing. Elena Takáčová a kol., Národné lesnícke centrum Zvolen 99

OBNOVA DUBA V PODMIENKACH KLIMATICKEJ ZMENY NA LIPTOVE

*Ing. Eduard Greppel, Ing. Dagmar Bednárová, PhD.,
Národné lesnícke centrum Zvolen 107*

AKTUÁLNY STAV TISA OBYČAJNÉHO (TAXUS BACCATA L.) VO SVETE A NA SLOVENSKU

*Ing. Vladimír Mačejovský, PhD., Ing. Dagmar Bednárová, PhD.,
Ing. Elena Takáčová, Ing. Martin Belko, PhD., Ing. Ivan Horvát,
Národné lesnícke centrum 114*

THE SUITABILITY FOR PLANTING OF TILIA CORDATA MILL. AND LARIX DECIDUA MILL. SEEDLINGS PRODUCED ON KORFF PEAT-FREE SUBSTRATE

*Ing. Karolina Staszal – Szlachta, Ph.D., Ing. Oliwia Malara,
Ing. Aleksandra Urban, Dr. Hab. Ing. Jacek Banach, prof.
URK, Poľnohospodárska univerzita v Krakove 121*

EPIGENETIKA – HROZBA ČI NÁDEJ PRE LESNÉ DREVINY?

Dušan Gömöry

Abstrakt

U väčšiny živých organizmov vrátane lesných drevín podmienky, ktorým sú vystavené rodičovské jedince, v rozpore s predpokladmi kvantitatívnej genetiky ovplyvňujú fenotypové znaky ich potomstva. Tieto tzv. „pamäťové“ či „prenosové“ efekty boli v prípade lesných drevín preukázané ako praktickými skúsenosťami pri translokácii semenných sádov či introdukcii proveniencií, tak aj experimentálne, a týkajú sa vplyvov prostredia počas oplodnenia a embryogenézy aj prostredia počas klíčenia a juvenilného vývoja jedincov. Tento typ prenosu znakov získaných vplyvom prostredia na potomstvo sa označuje ako epigenetická dedičnosť. Molekulárne základy sú pomerne široké a zahŕňajú chemické modifikácie samotných molekúl DNA a histónových bielkovín, ktoré sú s DNA asociované, ako aj malé molekuly RNA vstupujúce do procesov prepisu a prekladu genetickej informácie; spomedzi týchto mechanizmov je najviac informácií k dispozícii o metylácii cytozínu, ktorá sa prenáša pri replikácii DNA do dcérskych molekúl. Vzhľadom na skutočnosť, že epigenetické modifikácie fungujú v krátkej časovej mierke jednej generácie, umožňujú rýchlu aklimatizáciu na klimatickú zmenu, ale môžu predstavovať potenciálny problém pri nevhodnej voľbe zdrojov LRM či nevhodných technikách jeho pestovania.

Kľúčové slová

epigenetická dedičnosť, pamäťové efekty, fenológia, molekulárne mechanizmy

Úvod

Klasický model kvantitatívnej genetiky (vyučovaný aj na Lesníckej fakulte) vychádza z toho, že hodnotu akéhokoľvek fenotypového znaku je možné rozdeliť na zložku podmienenú geneticky a zložku podmienenú prostredím, pričom tieto dva komponenty sú vzájomne nezávislé. Od fenotypovej hodnoty „prednastavenej“ génmi sa expresia znaku môže vplyvom prostredia odchýliť, ale gény samotné sa vplyvom prostredia nemajú ako zmeniť (s výnimkou mutácií vyvolaných mutagénnymi faktormi ako sú rôzne typy žiarení či chemické látky, ale tie sú v typickom lesnom prostredí zriedkavé a nimi indukované mutácie sú náhodné). O fenotypovej hodnote teda rozhoduje len prostredie, ktorému je vystavený jedinec samotný, nie prostredie, ktorému sú vystavení jeho rodičia.

Na tomto predpoklade je založená vlastne celá legislatíva o lesnom reprodukčnom materiáli – ako slovenská, tak aj európska. Všetky pravidlá ohľadom

získavania a použitia LRM od uznávania zdrojov LRM cez zakladanie semenných sadov po pestovanie a prenos LRM vychádzajú z predpokladu, že prostredie, ktorému sú zdroje LRM či materiál pestovaný v škôlkach vystavené, nezanecháva na jeho neskoršej výkonnosti žiadne trvalé stopy.

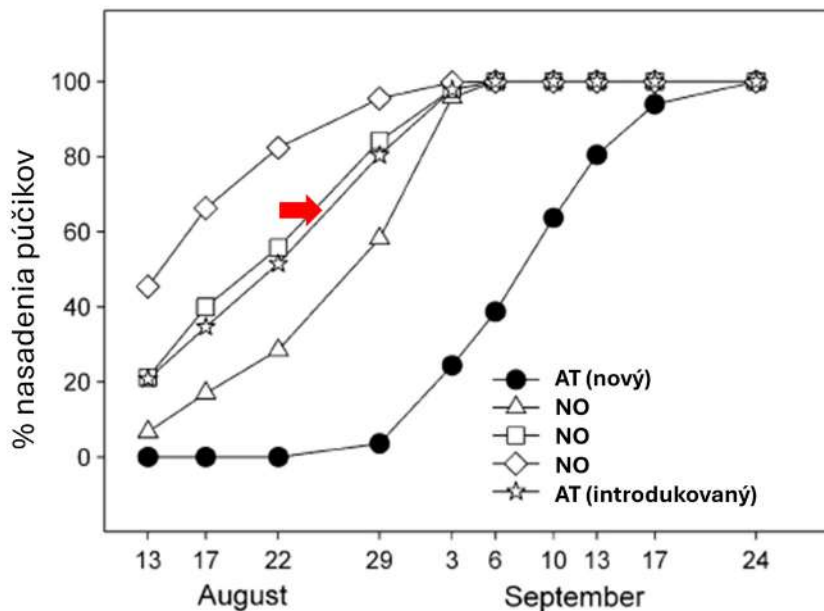
Neobvyklá dedičnosť znakov u drevín

Realita ukazuje niečo iné. V Škandinávii sa semenné sady ihličnanov alebo klonové archívy používané na produkciu semien hromadným kontrolovaným opelením bežne presúvali smerom na juh. Cieľom bolo zvýšiť produkciu semenných sadov, pretože s ohľadom na výrazný klimatický gradient (teploty, fotoperiód) sa úroda znižuje a semenné roky sú zriedkavejšie smerom na sever kvôli drsnému podnebiu. Potomstvá zo semenných sadov, v ktorých síce boli zastúpené klony výberových stromov zo severných oblastí, ale boli založené v južnej Škandinávii, však vykazovali nižšiu odolnosť voči mrazu v porovnaní s pôvodnými severnými populáciami (Johnsen 1989), čo bolo spočiatku pripisované kontaminácii peľom z miestnych (južných) zdrojov peľu, ktorá je vzhľadom na vysokú lesnatosť v Škandinávii spravidla vysoká. Kontrolované kríženia však ukázali, že semená produkované v teplejšej južnej klíme si nejakým spôsobom „pamätajú“ podmienky v mieste opelenia a embryogenézy, napriek tomu, že obsahujú gény zdedené po rodičoch pochádzajúcich zo severu (odtiaľ označenie „pamätové“ efekty). Podobné pozorovania boli zaznamenané u severoamerických ihličnanov (Stoeher a kol. 1998).

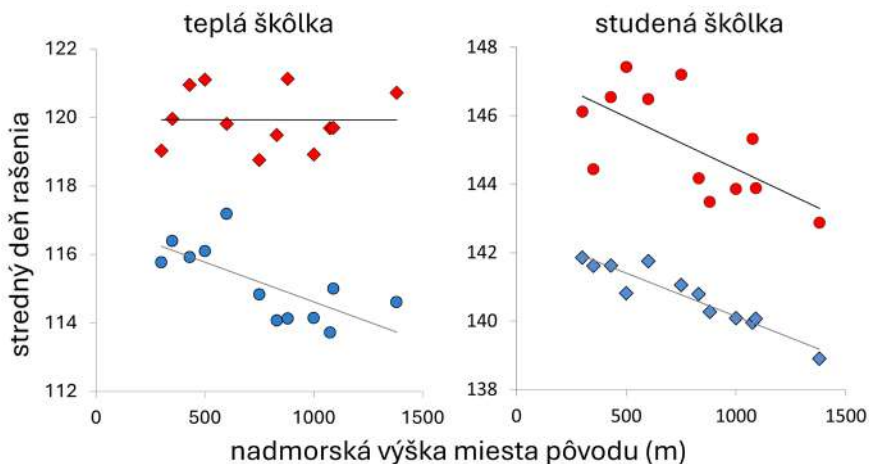
Analogická indícia o dedičnosti, ktorá sa neriadi pravidlami genetiky, sa týka prenosu LRM. V južnom Nórsku, Švédsku a Škandinávii sa od začiatku 20. storočia vysádzal smrek obyčajný zo strednej Európy (Nemecko, Rakúsko, Karpaty). Tieto porasty už dospeli do reprodukčného veku. Potomstvá týchto výsadiel sa z hľadiska fenológie a ďalších adaptívnych znakov podobajú skôr lokálnym pôvodným populáciám smreka než novým výsadbám LRM s pôvodom z identických stredoeurópskych zdrojových populácií. Napriek nezmenenej genetickej štruktúre populácie stredoeurópskeho pôvodu zmenili svoje fenologické správanie v priebehu jedinej generácie (Skrøppa a kol. 2010).

Podmienky prostredia počas klíčenia a juvenilného rastu môžu ovplyvniť adaptívne znaky podobným spôsobom. Svedčí o tom škôlkarský experiment s 12 provenienciami smreka obyčajného (Gömöry a kol. 2015), ktoré boli vysiate v dvoch klimaticky kontrastných škôlkach: Hladomer pri Nitre (teplá škôlka) a Svarín v Nízkych Tatrách (studená škôlka). Po dvoch rokoch boli semenáčky vyzdvihnuté a preškôlkované – polovica na mieste a polovica recipročne prenesená medzi škôlkami. Po ďalších 2 rokoch bola skórovaná fenológia rašenia. V oboch škôlkach sa ukázalo, že materiál, ktorý strávil juvenilný vývoj v teplej škôlke, sa konzistentne oneskoroval o 5–10 dní v porovnaní s materiálom pestovaným v chladnej škôlke; tento rozdiel sa prejavil v všetkých testovaných provenienciách (obr. 2).

Takéto pozorovania určitým spôsobom potvrdzujú možnosť „mäkkej“



Obr. 1 Časový priebeh nasadzovania púčikov u smreka obyčajného v južnom Nórsku. NO – lokálne populácie, AT – populácie introdukované z Rakúska: čierne symboly – novo dovezený materiál, červená šípka – potomstvo 1. generácie introdukovaného porastu (Skrøppa a kol. 2010, upravené)



Obr. 2 Rozdiely v dobe rašenia v závislosti od klimatických podmienok v mieste juvenilného vývoja u smreka obyčajného; červené symboly – materiál kľúčiaci v teplej škôlke, modré symboly – materiál kľúčiaci v studenej škôlke, kosoštvorce – materiál preškôlkovaný na mieste, krúžky – recipročne translokovaný materiál.

dedičnosti znakov, čo znamená, že znaky vyvolané prostredím počas ontogenézy jedinca sa prenášajú na jeho potomkov. Keďže tento typ dedičnosti nie je spojený so zmenou genetickej informácie sensu stricto, nazýva sa epigenetický. Tento termín sa používa na opis dedičných zmien v génovej expresii (nie nevyhnutne prenosných pohlavnou cestou na potomstvo, ale aspoň počas mitotického bunkového delenia), ktoré nie sú spôsobené zmenami samotnej sekvencie DNA.

Molekulárne mechanizmy epigenetickej dedičnosti

Efekty prenosu a iné epigenetické javy, hoci majú dôležité dôsledky pre biológiu, medicínu, poľnohospodárstvo alebo lesníctvo, predstavujú skôr doplnenie než rozpor s paradigmami genetiky a možno ich vysvetliť mechanizmami ovplyvňujúcimi molekulárny základ dedičnosti. Fenotyp stromu závisí nielen od genotypu (v zmysle zloženia alel tvoriacich genotyp), ale aj od aktivity génov, t.j. od regulácie načasovania a miesta exprese génov. Základ epigenetickej dedičnosti treba hľadať v molekulárnych mechanizmoch ovplyvňujúcich transkripciu a transláciu génov, ktoré sú na jednej strane indukovateľné signálmi z prostredia a na druhej strane reprodukovateľné a prenosné medzi generáciami.

Existuje celý rad mechanizmov, ktoré sú základom epigenetických účinkov. Jedným z nich sú modifikácie histónov. Históny sú proteíny, ktoré sú súčasťou nukleozómov, útvarov umožňujúcich zbalit dlhé molekuly chromozomálnej DNA v eukaryotických bunkách do kompaktných teliesok, s ktorými bunka dokáže manipulovať (chromozómov). Každý nukleozóm pozostáva z ôsmich histónových jadier, okolo ktorých je navinutých približne 147 bp (bázových párov) DNA. V nukleozóme môže byť každý histón potenciálne modifikovaný radom chemických modifikácií: acetyláciou, metyláciou, fosforyláciou, pričom stav modifikácie určuje, či bude chromatín okolo nukleozómov a pridružených génov transkripčne aktívny alebo neaktívny. Malé interferujúce molekuly RNA (siRNA) a mikro RNA (miRNA) takisto regulujú génovú expresiu; siRNA sú dvojvláknové molekuly RNA s dĺžkou 20–25 párov báz, miRNA sú jednovláknové s dĺžkou približne 22 nukleotidov. Oba typy môžu zasahovať do procesu translácie informácií obsiahnutých v DNA do proteínov, zvyčajne štiepením mediátorovej RNA (mRNA), ktorá je nositeľom informácií o primárnej štruktúre proteínu, alebo urýchľovaním degradácie mRNA. Génovú expresiu takisto môže ovplyvniť metylácia cytozínov v molekulách DNA prostredníctvom viacerých mechanizmov. Metylácia DNA je spojená s tvorbou heterochromatínu, teda neaktívneho stavu úsekov DNA. Navyše metylácia interferuje s väzbou transkripčných faktorov, proteínov, ktoré uľahčujú transkripciu DNA do mRNA. Epigenetické mechanizmy hrajú úlohu v mnohých procesoch, ako je bunková diferenciácia, inaktivácia špecifických génov, či aktivácia transpozónov (sekvencie DNA, ktoré môžu meniť svoju polohu alebo sa množiť v genóme). Všetky tieto mechanizmy boli aj experimentálne potvrdené ako základ epigenetickej dedičnosti u lesných drevín (Bräutigam a kol. 2013).

Čo má epigenetická variabilita drevín s lesníckou praxou?

Epigenetická premenlivosť je považovaná za jeden z mechanizmov, ktoré sú základom fenotypovej plasticity, t.j. schopnosti jedného genotypu prejavovať sa vo viacerých fenotypoch v závislosti od prostredia (Jablonka a Raz 2009). U lesných drevín ako dlhovekých organizmov so zložitými životnými cyklami, vystavených výkyvom prostredia počas ich dlhého života, je plasticita mimoriadne dôležitá pre ich prežitie a adaptáciu na rýchlo sa meniace klimatické podmienky.

Čo sa týka dôsledkov pre lesnícku prax, príklad translokácie semenných sadov ihličnatých stromov v Nórsku ukazuje, že súčasné lesnícke postupy a legislatíva do značnej miery ignorujú problematiku epigenetiky. Ako bolo konštatované, súčasná paradigma, od ktorej sú odvodené všetky praktické opatrenia, je klasická kvantitatívna genetika: fenotyp stromu je výsledkom interakcie medzi genotypovými a environmentálnymi vplyvmi, pričom genotyp a prostredie sú nezávislé. Gény zostávajú rovnaké všade, kde strom prirodzene rastie alebo je vysadený, a naopak, klíma, pôda, okolitá biota atď. nie sú génmi stromu ovplyvnené. V dôsledku toho nezáleží na umiestnení zdrojov semien alebo škôlok: nech sa zdroje LRM či škôlky nachádzajú kdekoľvek, genetická štruktúra produkovaného LRM zostáva nedotknutá. Problémom tohto pohľadu je, že sa síce tradične a úspešne používa v šľachtení, ale je príliš mechanistický. Prostredie skutočne nemôže zmeniť nukleotidovú sekvenciu v géne (s výnimkou mutácií), preto ani európska legislatíva (smernica 1999/105/ES o uvádzaní lesného reprodukčného materiálu na trh), ani národné legislatívy nestanovujú žiadne obmedzenia týkajúce sa umiestnenia zdrojov LRM alebo škôlok, práve naopak, stanovovanie takýchto obmedzení smernica zakazuje. Akákoľvek firma môže založiť semenný sad alebo klonový archív na ľubovoľnom mieste podľa vlastného výberu, každá škôlka môže pestovať LRM akéhokoľvek pôvodu, a žiadny štát nie je oprávnený stanoviť právne obmedzenia týkajúce sa uvádzania takéhoto LRM na trh, pokiaľ pochádza zo schválených zdrojov. Základná logika spočíva v tom, že o ich budúcom správaní rozhodujú iba gény obsiahnuté v reprodukčnom materiáli. Problém je v tom, že cesta od genetickej informácie obsiahnutej v géne ku génom kontrolovanému fenotypovému znaku je dlhá a zriedkavo jednoduchá. Aby sa prejavil účinok génu, musí byť prepísaný do mRNA a následne preložený do polypeptidového reťazca, ktorý sa potom musí zložiť do definitívneho trojrozmerného tvaru a niekedy aj chemicky modifikovať, aby sa z neho stal funkčný proteín. Pre fenotypovú expresiu nie je dôležitá len kvalita génového produktu (hoci treba pripomenúť, že v dôsledku alternatívneho zostrihu a posttranslačných modifikácií môže jeden gén viesť k vzniku viacerých funkčne odlišných proteínov), dôležité je aj to, kedy a kde v rastline sa proteín produkuje a koľko sa ho produkuje. Prostredie môže mať zásadný vplyv na načasovanie, umiestnenie a intenzitu génovej expresie a tieto účinky môžu byť pretrvávajúce, dokonca dedičné. Toto je základ epigenetickej pamäte opísanej vyššie a zahŕňa riziká, ktoré sa v legislatíve o LRM vôbec nezohľadňujú.

Nejde len o lokalizáciu umelo zakladaných zdrojov - semenné sady, klonové archívy a iné zbierky materiálu, semenné porasty. Aj v škôlkach je LRM pestovaný v optimalizovaných podmienkach (škôlky sú zakladané v priaznivých klimatických a pôdnych podmienkach, materiál je v nich zavlažovaný, tienený atď.). Potenciálny dopad epigenetických modifikácií, vznikajúcich vplyvom týchto podmienok, na adaptívne či rastové prejavy po výsadbe do porastu zostáva neznámy, predovšetkým v dlhšej časovej mierke. Na rastovej výkonnosti drevín po zalesnení sa neodráža len genetická štruktúra zdroja LRM (uznaného porastu, semenného sadu), ale aj klimatické podmienky, v ktorých sa nachádza, a podmienky škôlky, v ktorých sa LRM pestuje. Celkový výsledok interakcií a vzájomných kompenzácií medzi týmito faktormi nie je možné odhadnúť. Nedá sa vylúčiť, že straty pri zalesňovaní, ktoré lesný hospodár pripíše nedostatočnej kvalite sadbového materiálu, nekvalite prác či počasiu po zalesňovaní, v skutočnosti idú na vrub epigenetiky; pri umelej obnove jednoducho niet cesty, ako sa tomuto problému vyhnúť. V každom prípade zmeny indukované prostredím, v ktorom prebieha embryogenéza, zostávajú viditeľné aj po 30 rokoch (Skrøppa os. spr.).

Na druhej strane, epigenetické javy môžu umožniť rýchle prispôsobenie populácií lesných stromov zmenám prostredia. Zámerne tu nie je použitý termín „adaptácia“, pretože tento termín sa bežne používa na označenie zmien zastúpenia génov v populácii prostredníctvom prirodzeného výberu v reakcii na environmentálny stres. Schopnosť populácie prispôbiť fenológiu (a prípadne aj ďalšie adaptívne znaky) miestnej klíme a fotoperiód, ako to opísali Skrøppa a kol. (2010), je relevantná v kontexte klimatických zmien: aj keď dospelé stromy budú poškodené klimatickým stresom, potomstvo už môže byť schopné vyrovnať sa s novou klímou. Prirodzená obnova poskytuje potenciál pre zapojenie epigenetických mechanizmov do aklimatizačného procesu: modifikácie dedičného materiálu vyvolané v materskej generácii klimatickými vplyvmi sú prenesené do potomstva, ktoré rastie v rovnakých podmienkach ako materský porast, a pre ktoré sú tieto modifikácie priaznivé. Prírode blízke pestovanie lesa, ktoré ponecháva čo najširší priestor pre prírodné procesy, môže byť teda životaschopnou doplnkovou stratégiou k asistovanej migrácii pri zmierňovaní účinkov klimatických zmien.

Podakovanie

Príspevok vznikol v rámci projektu financovaného Agentúrou na podporu výskumu a vývoja APVV-21-0270.

Literatúra

- Bräutigam K., Vining K.J., Lafon-Placette C., Fossdal C.G., Mirouze M., Marcos J.G. et al. 2013: Epigenetic regulation of adaptive responses of forest tree species to the environment. *Ecology and Evolution* 3: 399–341.
- Gömöry D., Foffová E., Longauer R., Krajmerová D. 2015: Memory effects associated with the early-growth environment in Norway spruce and European larch. *European Journal of Forest Research* 134: 89–97.

- Jablonka E., Raz G. 2009: Transgenerational epigenetic inheritance: prevalence, mechanisms, and implications for the study of heredity and evolution. *The Quarterly Review of Biology* 84: 131–176.
- Johnsen Ø. 1989: Phenotypic changes in progenies of northern clones of *Picea abies* (L.) Karst. grown in a southern seed orchard. I. Frost hardiness in a phytotron experiment. *Scandinavian Journal of Forest Research* 4: 317–330.
- Skrøppa T., Tollefsrud M.M., Sperisen C., Johnsen Ø. 2010: Rapid change in adaptive performance from one generation to the next in *Picea abies* – Central European trees in a Nordic environment. *Tree Genetics and Genomes* 6: 93–99.
- Stoehr M.U., L'Hirondelle S.J., Binder W.D., Webber J.E. 1998: Parental environment after effects on germination, growth, and adaptive traits in selected spruce families. *Canadian Journal of Forest Research* 28: 418–426.

Kontaktná adresa

prof. Ing. Dušan Gömöry, DrSc.
Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta,
T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen
e-mail: gomory@tuzvo.sk

AKO MOŽNO POZOROVAŤ ZMENY V GENETICKÝCH ŠTRUKTÚRACH V PRIEBEHU ČASU? ZAVEDENIE GENETICKÉHO MONITOROVANIA

Ute Tröber, Barbara Fussi, Ralf Kätzel

Abstrakt

Základom pre adaptáciu lesných ekosystémov na meniace sa podmienky prostredia je genetická variácia. Doteraz sa genetické inventarizácie populácií vykonávali predovšetkým s cieľom opísať a porovnať ich stav, genetickú štruktúru a diverzitu v konkrétnom čase.

Cieľom genetického monitorovania nie je len zaznamenávať priestorové rozdiely, ale aj opisovať časové zmeny v genetickej diverzite a súvisiace mechanizmy. Zriadením 10 monitorovacích plôch pre smrek obyčajný a 14 monitorovacích plôch pre buk lesný v celom Nemecku sa položil základ pre pozorovací systém na posúdenie a ohodnotenie faktorov ovplyvňujúcich adaptabilitu lesných populácií v budúcnosti.

V prvom kroku boli porasty geneticky charakterizované pomocou vysoko variabilných DNA markerov (mikrosatelitov). Tie umožňujú výpočet genetickej diverzity a parametrov diferenciácie v dospelých porastoch a ich potomstve. Prostredníctvom rekonštrukcie histórie porastov na základe priestorovo-genetických štruktúr umožňujú vyvodiť závery o antropogénnych vplyvoch. Ďalšie analýzy a vyhodnotenie údajov umožnia budúce posúdenie genetických mechanizmov pre udržiavanie, generovanie (rekombináciu) a prenos (šírenie v priestore a čase prostredníctvom peľu a semien) genetickej diverzity na ďalšiu generáciu.

Pozorovanie jarnej fenológie púčikov a kvitnutia vybraných stromov pokračuje každoročne a už teraz prináša zaujímavé výsledky. Na zaznamenanie genetických zmien v priebehu času je potrebné dlhodobo udržiavať monitorovacie plochy.

Kľúčové slová

buk lesný, zmeny prostredia, genetický systém, DNA markery, fenológia, monitoring, adaptácia

Kontakt

Ing. Ute Tröber

Staatsbetrieb Sachsenforst (SBS), Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft,
Referat Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung

Bonnewitzer Str. 34, D-01796 Pirna OT Graupa, Germany

e-mail: ute.troeber@smekul.sachsen.de

Dr. Barbara Fussi

Bayerisches Amt für Waldgenetik (AWG), Sachgebiet angewandte forstgenetische
Forschung Forstamtsplatz 1, D-83317 Teisendorf Germany

Prof. Dr. Ralf Kätzel

Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde, Fachbereich Waldökologie und
Monitoring Alfred-Möller-Str. 1, D-16225 Eberswalde, Germany

PRAKTICKÉ VYUŽITÍ MOLEKULÁRNÍCH ANALÝZ NA BÁZI DNA V LESNICTVÍ A PRO KONTROLNÍ MECHANISMY STÁTNÍ SPRÁVY

Pavína Máchová, Helena Cvrčková

Abstrakt

Genetická rozmanitost a heterozygotnost populací lesních dřevin je zásadní podmínkou pro přizpůsobení se probíhajícím změnám klimatu. Znalosti o diverzitě populací lesních dřevin nejen v České republice jsou stále nedostatečné. Pro ověřování genetických charakteristik u populací lesních dřevin se využívají rozdílné techniky DNA analýz, např. mikrosatelitové markéry (SSR markers), které patří mezi nejvariabilnější oblasti genomu. SSR markéry jsou vhodné pro klonovou identifikaci, rozlišení druhů a hybridů u lesních dřevin i pro populační genetické studie. Zpracované postupy SSR analýz pro 27 druhů lesních dřevin se využívají v ČR i v rámci Národního programu ochrany a reprodukce genofondu lesních dřevin. Prakticky využitelné jsou i zpracované optimalizované postupy laboratorních analýz s využitím DNA markérů pro ověřování deklarovaného původu reprodukčního materiálu vybraných druhů lesních dřevin.

Klíčová slova

druhové rozlišení, klonová identifikace, genetická diverzita, SSR markéry, reprodukční materiál lesních dřevin

Úvod

V důsledku probíhajících klimatických změn a s tím souvisejících rychle se měnících podmínek prostředí včetně výskytu extrémních a kalamitních situací dochází v současné době ke stále častějším velkoplošným disturbancím a k rozpadu porostů hospodářsky i ekologicky významných dřevin (Liška et al. 2021, Hlásný et al. 2021). Dle současných predikcí lze na území ČR předpokládat zvýšení průměrné roční teploty až o několik stupňů a v přímé souvislosti s tímto jevem i prodloužení vegetační sezóny, zvýšení výparu a tím i rizika sucha. Na tyto změněné klimatické podmínky bude muset i v souladu s principem politiky životního prostředí (princip prevence a princip předběžné opatrnosti) reagovat lesní hospodářství, podle těchto prognóz se předpokládá posun lesních vegetačních stupňů a změny druhové skladby lesních porostů.

K nejdůležitějším adaptačním opatřením v souvislosti se zachováním ekologické stability lesních ekosystémů bezesporu patří zachování co nejširší genetické

diverzity populací lesních dřevin s existencí genotypů schopných přežít v široké škále klimatických podmínek. Další adaptační opatření pro zajištění ekologické stability lesních ekosystémů a ochrany genofondu domácích, změnou klimatu ohrožených populací lesních dřevin je využití minoritních druhů lesních dřevin přirozeně se vyskytujících v lesních ekosystémech jen omezeně. Minoritní druhy lesních dřevin mají nezastupitelný význam ekologický, mají přirozený potenciál lépe se vyrovnat s nepříznivými vlivy klimatu, ale mohou být zajímavé i z ekonomického hlediska. S nižší pozorností věnovanou méně běžným lesním dřevinám souvisí mj. i uznávání relativně malého podílu kvalitních zdrojů reprodukčního materiálu uvedených druhů, což výrazně omezuje jejich širší využívání k obnově lesa.

Genetická diverzita lesních dřevin

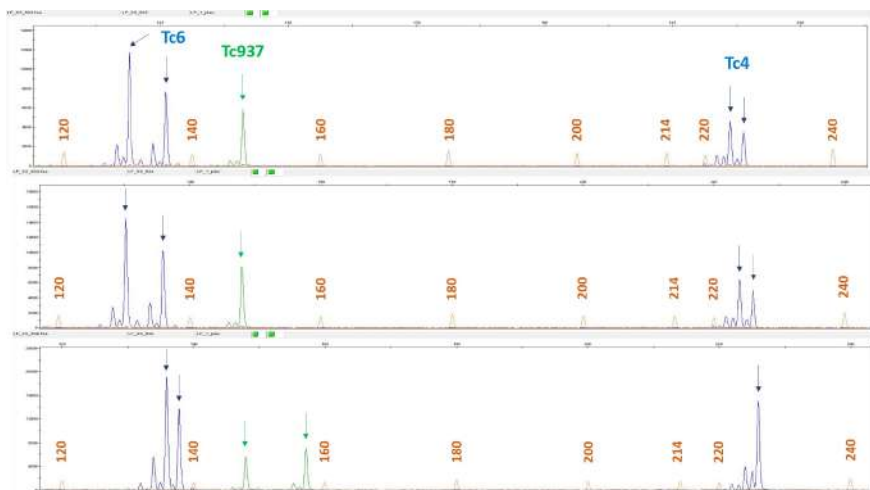
Informace o úrovni genetické diverzity populací lesních dřevin, které se využívají nebo plánují využívat jako zdroj reprodukčního materiálu, je významná z hlediska efektivnějšího využití stávajících genetických zdrojů. Genetickou diverzitu lze určit řadou moderních metod analýz DNA, např. analýzou mikrosatelitových markerů (SSR markéry). V současnosti patří metoda SSR markerů mezi standardní molekulárně genetické techniky. Pro svoji spolehlivost a reprodukovatelnost jsou analýzy mikrosatelitových markerů rutinně využívány ve forenzní genetice (forenzní analýzy, určování otcovství apod.) i v humánní medicíně. Mikrosatelitové markéry jsou vhodné i pro rozlišení druhů a hybridů u lesních dřevin (Bacilieri et al. 1996), vykazují vysokou úroveň diverzity a jsou vhodné pro populační genetické studie (Scotti et al. 2006; Verbylaitė et al. 2017). Mikrosatelitové markéry jsou s úspěchem využívány také pro identifikaci jedinců a jsou tedy vhodné i pro ověřování deklarované klonové identity zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin (semenných sadů a směsí klonů). Pomocí této metody lze např. při rekonstrukci semenného sadu v případě nejasnosti zjistit k jakému klonu se přiřadí odpovídající ramety.

Příklady využití molekulárních analýz pro lesnickou praxi

Ve Výzkumném ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. (VÚLHM) na útvaru Biologie a šlechtění lesních dřevin jsou zpracovány postupy SSR analýz pro 27 druhů lesních dřevin: smrk ztepilý, borovice lesní, dub letní a zimní, buk lesní, jilmy sp., jedle bělokorá, lípa srdčitá, lípa velkolistá, třešeň ptačí, javor klen, tis červený, jeřáb břek, jeřáb oskeruše, jeřáb ptačí, modřín opadavý, borovice kleč, douglaska tisolistá, bříza bělokorá, bříza pýřitá, olše lepkavá, topol černý, topol bílý, topol osika, topol šedý, dub červený a dub pýřitý. Zpracované metodické postupy se využívají v ČR i v rámci Národního programu ochrany a reprodukce genofondu lesních dřevin, jsou dostupné na webových stránkách VÚLHM, v sekci lesnický průvodce. Na základě požadavků vlastníků lesa a státní správy jsou metodické postupy SSR analýz využívány pro ověřování deklarované klonové příslušnosti v semenných sadech lesních dřevin.

Identifikace jedinců

Příkladem využití molekulárních analýz pro identifikaci jedinců je realizovaný genetický screening semenného sadu lípy srdčité Písecká Smoleč. Bylo provedeno zhodnocení celého semenného sadu lípy srdčité, tedy analýzy byly provedeny u 377 ramet příslušejících k 39 klonům. Pro analýzy bylo použito 8 vybraných polymorfních markérů. Analýzy byly provedeny dle zpracovaných metodických postupů (Cvrčková et al. 2019). Fragmentační analýzou na genetickém analyzátoru ABI 3500 (Obr. 1) byly získány hodnoty alel 8 analyzovaných mikrosatelitových markerů pro ramety zastoupené v sadu a byla vypracovaná multilokusová genotypizace – MLG. Genetická data byla statisticky zpracována pomocí programu GenAlEx 6.503 (Peakall, Smouse 2006, 2012). U hodnocených 39 klonů byla shoda všech zkoumaných genotypů (jedinců, ramet) potvrzena u 14 klonů, tedy 35,9 % všech testovaných klonů bylo v deklarované identitě. U 16 klonů byl nalezen 1 odlišný roubovanec přiřaditelný k jinému klonu v rámci semenného sadu a u 4 klonů byly nalezeny 2 odlišní roubovanci přiřaditelní k jinému klonu v rámci semenného sadu. Analýzou bylo identifikováno 14 unikátních genotypů nezařaditelných v rámci semenného sadu. U 377 jedinců byla klonová příslušnost v rámci semenného sadu potvrzena u 363, tedy u 96,3 % všech zkoumaných jedinců.



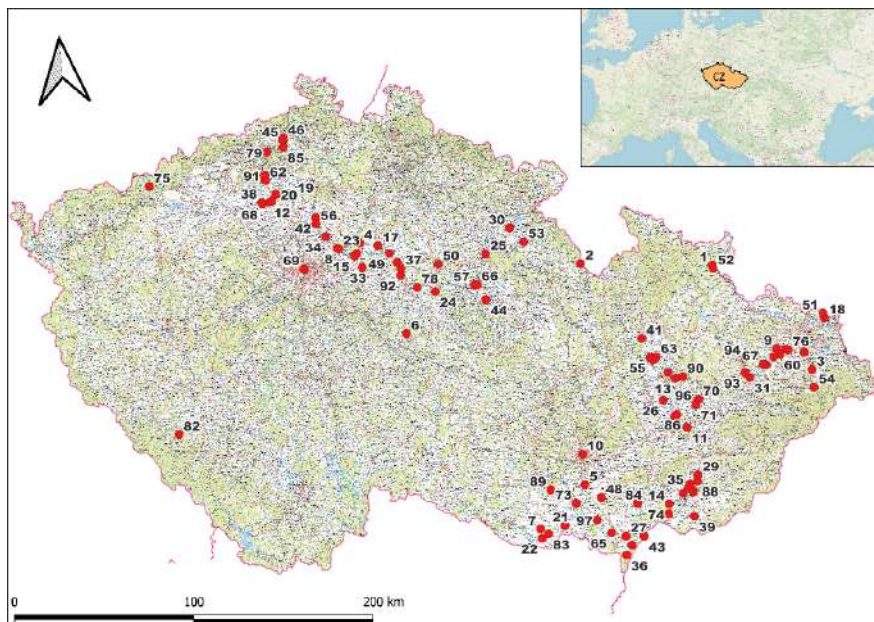
Obr. 1: Výsledek fragmentační analýzy 3 markérů Tc6, Tc937 a Tc4 u 2 ramet klonu 9400 a 1 ramety klonu 9401

Determinace druhů

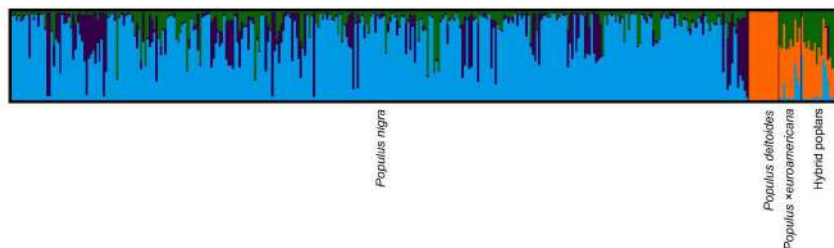
Pro práci s reprodukčním materiálem je zásadní i požadavek správného určení druhů, jejichž jasné rozlišení na základě morfologických znaků bývá v některých případech obtížné. Metodické postupy DNA analýz s využitím druhově specifických

markérů při řešení problému jasného vymezení druhů u taxonomicky náročných rostlinných rodů s podezřením na hybridizaci mezi druhy jsou spolehlivou a z hlediska nákladů i relativně efektivní metodou. V laboratoři útvaru Biologie a šlechtění lesních dřevin byly verifikovány markéry pro determinaci druhové příslušnosti pro lípu srdčitou a velkolistou a pro topol černý a bavlíkový. Topol černý byl v minulosti přirozeně hojně zastoupen v porostech lužních lesů Moravy a Čech, ale vlivem lidské činnosti nyní patří mezi nejhroženější dřeviny v České republice (Čížková et al. 2020) a také v řadě dalších evropských zemí (Heinze 2008, Rathmacher et al. 2010, Čortan et al. 2016). Vedle rozsáhlé a nepříznivé přeměny jeho přirozených stanovišť docházelo k hromadné výsadbě topolu kanadského (vzniklého křížením topolu bavlíkového a černého) a šířením pylu z těchto kříženců může docházet k introgresi genů topolu bavlíkového do původního genofondu topolu černého. Pro rozlišování topolu černého a hybridních stromů je potřebné mít vypracovány spolehlivé postupy druhové determinace. Morfologické znaky topolu černého nejsou vždy jednoznačné a jsou během vývojových fází růstu stromů proměnlivé. Pro spolehlivější druhovou determinaci lze využít molekulární markéry a sledovat nežádoucí introgresi do genomu topolu černého prostřednictvím DNA analýz. Ve VÚLHM byla genetická struktura topolu černého sledována analýzami DNA s využitím otestovaných mikrosatelitových markérů. Rozlišování topolu černého a jeho hybridů je založeno na ověřených poznatcích o druhově specifických velikostech alel diagnostických SSR markérů. Analýzy byly provedeny dle zpracovaných metodických postupů Cvrčková et al. (2024). Detekce hybridů u analyzovaných topolů byla provedena porovnáním velikostí alel u zjištěných diagnostických markérů s referenčními vzorky topolu bavlíkového použitých jako standardní vzorky. V studii bylo analyzováno 453 stromů, do studie bylo zařazeno 14 referenčních vzorků topolu bavlíkového (*Populus deltoides*) a 10 referenčních vzorků topolu kanadského (*Populus ×euroamericana*). Pro druhovou determinaci bylo v naší laboratoři ověřeno a využito 6 diagnostických mikrosatelitových markérů WPMS01, WPMS09, WPMS18 (Van der Schoot et al. 2000; Smulders et al. 2001), PMGC14, PMGC2163, PMGC456 (Uluğ 2022; Khasa et al. 2005) se zjištěnými druhově specifickými velikostmi alel pro topol bavlíkový. Na základě porovnání velikostí alel u druhově specifických markérů bylo u souboru 429 kandidátních stromů vyhledaných na lokalitách území ČR (Obr. 2) zjištěno 39 hybridních topolů. Sledovat genetické rozdíly mezi stromy topolu černého a hybridních topolů lze také na základě porovnávání genetických struktur. K odvození struktur se využívá Bayesianská klastrová metoda implementovaná v softwaru STRUCTURE 2.3.4 (Pritchard et al. 2000; Falush et al. 2003, 2007; Hubisz et al. 2009). Podkladem pro STRUCTURE analýzu jsou multilokusová data vybraných polymorfních jaderných mikrosatelitových markérů (nSSR) a výsledkem jsou profily genetických struktur barevně rozlišené podle počtu klastrů (K). Optimální hodnotu K lze stanovit na základě výsledků programu STRUCTURE SELECTOR (Li, Liu 2018). Genetické struktury se kvantifikují procentuálními podíly získaných klastrů (znázorněné různými barvami). Pro rozlišení sledovaných

druhů a hybridů topolů byla zpracovaná analýza Structure. V provedené analýze se jednotlivé skupiny (vzorky topolu černého, referenční vzorky topolu bavlíkového a kanadského a zjištěných hybridních topolů) strukturovaly do barevně odlišných genetických profilů. Při použití softwarově stanovené optimální hodnoty $K = 4$ vykazují vzorky čistého druhu topolu černého odlišné genetické struktury od topolu bavlíkového a hybridní vzorky obsahují struktury obou druhů topolů. Provedená analýza Structure ukazuje rozlišení sledovaných druhů topolů (Obr. 3).



Obrázek 2: Lokality odběrů pro DNA analýzy topolu černého



Obrázek 3: Výsledky Structure analýzy pro $K = 4$ pro vzorky topolu černého, referenčních vzorků topolu bavlíkového a kanadského a hybridních topolů

Zjišťování genetické diverzity populací lesních dřevin a využití pro státní správu

Znalosti o diverzitě populací lesních dřevin nejen v České republice nejsou stále dostatečné. Ve VÚLHM byl proveden genetický screening významných populací lesních dřevin na území ČR (smrk ztepilý, borovice lesní, jedle bělokorá, buk lesní, dub letní, dub zimní, jilmy, lípa srdčitá, lípa velkolistá, jeřáb břek). S využitím DNA analýz se na útvaru Biologie a šlechtění lesních dřevin zpracovávají i objektivní postupy kontrolního systému nakládání s reprodukčním materiálem lesních dřevin, tedy k zajištění zachování pravdivé identity reprodukčního materiálu (RM) lesních dřevin od sběru osiva až po expedici sazenic vlastníkům lesa. V ČR je stávající systém kontroly odkázán na přísný dohled zaměřený na evidenci a kontrolu pohybu RM, ve kterém je pověřenou osobou pro provádění kontroly RM Národní lesnický institut. Metody DNA analýz jsou založené na porovnávání genetických struktur jednotlivých oddílů RM sestávajících z odběrů oddílů ve všech fázích produkce a jsou proto vhodným doplňujícím nástrojem pro zavedený systém kontroly a dozoru nakládání s RM. Doposud byly zpracované optimalizované postupy laboratorních analýz s využitím DNA markerů pro ověřování deklarovaného původu reprodukčního materiálu pro smrk ztepilý, borovici lesní a buk lesní (Máchová et al. 2021, 2022a, 2022b). V současnosti se připravují metodické postupy molekulárních analýz pro ověřování deklarovaného původu reprodukčního materiálu dubu zimního a dubu letního. Průběžně je vytvářena databáze výsledků analýz SSR markerů pro sledované jedince vybraných druhů lesních dřevin.

Závěr

Využití molekulárních analýz v lesnické praxi přispívá k zachování a rozšíření genetické diverzity lesních porostů a umožňuje druhovou determinaci za účelem reprodukce stabilních a ekonomicky hodnotných lesních porostů.

Poděkování

Príspevek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO0123 a v rámci řešení výzkumného projektu NAZV č. QL24020127.

Literatura

- Bacilieri R., Ducouso A., Kremer A. 1996: Comparison of morphological characters and molecular markers for the analysis of hybridization on sessile and pedunculate oak. *Annales des Sciences Forestières* 53: 79-91.
- Cvrčková H., Máchová P., Trčková O. 2019: Využití mikrosatelitových markerů pro ověřování klonové identity a diverzity u lípy srdčité (*Tilia cordata* Mill.). *Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce*, 4: 36 s.
- Cvrčková H., Máchová P., Čížková L., Vítová K., Trčková O. 2024: Metodické postupy druhové determinace a stanovení genetické diverzity topolu černého (*Populus nigra* L.) na základě genetických analýz s využitím mikrosatelitových markerů. *Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce*, 2: 43 s.

- Čížková L., Cvrčková H., Máchová P. 2020: Možnosti využití domácích druhů rodu *Populus* v lesnické praxi. *Lesnický průvodce*, 2: 33 s.
- Čortan D., Schroeder H., Šijačić-Nikolić M., Wehenkel Ch., Fladung M. 2016: Genetic structure of remnant black poplar (*Populus nigra* L.) populations along biggest rivers in Serbia assessed by SSR markers. *Silvae Genetica*, 65-1: 12-19.
- Falush D., Stephens M., Pritchard J. K. 2003: Inference of population structure using multilocus genotype data: linked loci and correlated allele frequencies. *Genetics* 164 (4): 1567-1587.
- Falush D., Stephens M., Pritchard J. K. 2007: Inference of population structure using multilocus genotype data: dominant markers and null alleles. *Molecular Ecology* 7(4): 574-578.
- Heinze B. 2008 Genetic traces of cultivated hybrid poplars in the offspring of native *Populus nigra* in Austria. *Preslia* 80: 365-374.
- Hlásny, T., Zimová S., Merganičová K., Štěpánek P., Modlinger R., Turčáni M. 2021: Devastating outbreak of bark beetles in the Czech Republic: Drivers, impacts, and management implications. *Forest Ecology and Management*, 490: article 119075.
- Hubisz M.J., Falush D., Stephens M., Pritchard J. K. 2009: Inferring weak population structure with the assistance of sample group information. *Molecular Ecology Resources* 9 (5): 1322-1332.
- Khasa D., Pollefeys P., Navarro-Quezada A., Perinet P., Bousquet J. 2005: Species-specific microsatellite markers to monitor gene flow between exotic poplars and their natural relatives in eastern North America. *Molecular Ecology Notes*, 5: 920-923.
- Li Y.L., Liu J.X 2018: StructureSelector: A web based software to select and visualize the optimal number of clusters using multiple methods. *Molecular Ecology Resources* 18: 176-177.
- Liška J., Knížek M., Věle A. 2021: Evaluation of insect pest occurrence in areas of calamitous mortality of Scots pine. *Central European Forestry Journal*, 67: 85-90.
- Máchová P., Cvrčková H., Trčková O., Cafourek J., Šimerda L. 2021: Metodika využití DNA markerů pro systém kontroly deklarovaného původu reprodukčního materiálu smrku ztepilého. *Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce*, 13: 37 s.
- Máchová P., Cvrčková H., Trčková O., Vítová K., Cafourek J., Šimerda L. 2022a: Metodika využití DNA markerů pro systém kontroly deklarovaného původu reprodukčního materiálu borovice lesní. *Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce*, 9: 39 s.
- Máchová P., Cvrčková H., Trčková O., Vítová K., Cafourek J., Šimerda L. 2022b: Metodika využití DNA markerů pro systém kontroly deklarovaného původu reprodukčního materiálu buku lesního. *Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce*, 10: 40 s.
- Peakall R., Smouse P.E. 2006: GENALEX 6: genetic analysis in Excel. *Population*

- genetic software for teaching and research. *Molecular Ecology Notes*, 6: 288-295.
- Peakall R., Smouse P.E. 2012: GenAEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research – an update. *Bioinformatics*, 28: 2537-2539.
- Pritchard J.K., Stephens M., Donnelly P. 2000: Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155 (2): 945-959.
- Rathmacher G., Niggermann M., Köhnen M., Ziegenhagen B., Bialozyt Z. 2010: Short-distance gene flow in *Populus nigra* L. accounts for small-scale spatial genetic structures: implications for *in situ* conservation measures. *Conservation Genetics*, 11: 1327-1338.
- Scotti I., Paglia G., Magni F., Morgante M. 2006: Population genetics of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) at regional scale: sensitivity of different microsatellite motif classes in detecting differentiation. *Annals of Forest Science*, 63: 485-491.
- Smulders M.J.M., Van der Schoot J., Arens P., Vosman B. 2001: Trinucleotide repeat microsatellite markers for black poplar (*Populus nigra* L.). *Molecular Ecology Notes*, 1: 188-190.
- UluĖ A. 2022: Detection and confirmation of diagnostic microsatellite loci in *Populus nigra* and *Populus deltoides* to identify their hybrids (*P. ×canadensis*). *Turkish Journal of Botany*, 46: 603-613.
- Van der Schoot J., Pospíšková M., Vosman B., Smulders M.J.M. 2000: Development and characterization of microsatellite markers in black poplar (*Populus nigra* L.). *Theor Appl Genet* 101: 317-322.
- Verbylaitė R., Pliūra A., Lygis V., Suchockas V., Jankauskienė J., Labokas J. 2017: Genetic diversity and its spatial distribution in self-regenerating Norway spruce and Scots pine stands. *Forests* 8 (12): 470.

Kontakt

Ing. Pavlína Máchová, Ph.D.

Ing. Helena Cvrčková, Ph.D.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

e-mail: machova@vulhm.cz, cvrckova@vulhm.cz

KALAMITA V ČR A REPRODUKČNÍ MATERIÁL LESNÍCH DŘEVIN

Vlasta Knorová

Abstrakt

Napříč Českou republikou proběhla rozsáhlá kůrovcová kalamita, která byla ještě lokálně doplněna epizodami polomů a jiných poškození lesů způsobenými extrémními klimatickými jevy. Kalamita ve svém důsledku zasáhla prakticky celé území České republiky v různém rozsahu. Následky této kalamity bylo nutné řešit nejen změnou přístupu k umělé obnově lesů ze strany vlastníků lesů, ale také dočasnou úpravou legislativy, tak aby bylo možné na vzniklý stav pružněji reagovat. Zároveň také nastal tlak na zvýšení produkce sadebního materiálu lesních dřevin, a to v poměrně širokém spektru dřevin v důsledku změny mnohdy stanovištně a druhově nevhodné skladby původních porostů.

Klíčové slová

kalamita, reprodukční materiál lesních dřevin, legislativní změny, obnova kalamitních holin, skladba dřevin

Úvod

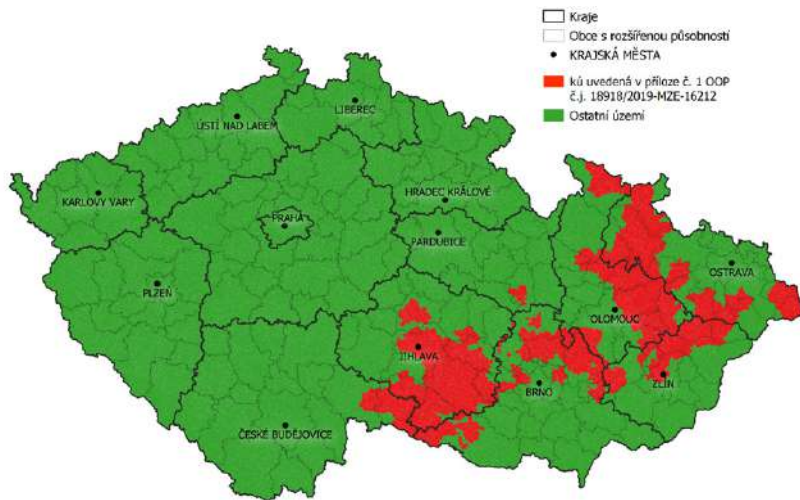
Za počátek kůrovcové kalamity lze považovat již rok 2015, kdy došlo k výraznému nárůstu škod způsobených podkorním hmyzem, převážně na smrkových porostech v oblasti severní až střední Moravy. V dalších dvou letech díky příznivým klimatickým podmínkám pro vývoj a rojení podkorního hmyzu škody takřka skokově narůstaly a kalamita se začala šířit z oblasti střední Moravy přes Vysočinu do Jihočeského, Středočeského a Plzeňského kraje. Postup kůrovcové kalamity by zapříčiněn nejen klimatickými podmínkami, které byly pro šíření škůdců příznivé, ale také určitou mírou nezodpovědnosti některých vlastníků a správců lesů. Kůrovcové dříví bylo transportováno po území České republiky mnohdy bez předchozí asanace. Tomu také odpovídá následný model šíření kůrovců v okolí pátečních pozemních komunikací a železničních tras.

V důsledku rozsáhlé kalamity a praktického rozpadu velkých komplexů lesů došlo k významnému navýšení poptávky po reprodukčním materiálu lesních dřevin (dále jen „RMLD“), tak aby byla naplněna litera zákona a k obnově porostů docházelo v zákonné lhůtě dvou let. Nejenže skokově stoupla poptávka po sadebním materiálu, ale zároveň se také markantně změnila druhová skladba dřevin, které byly poptávány.

Kůrovcová kalamita, která je považována za největší od dob Marie Terezie se stala výzvou nejen pro vlastníky a správce lesů, ale také pro producenty sadebního materiálu, a v neposlední řadě také pro státní správu lesů.

Postup kůrovcové kalamity od roku 2015

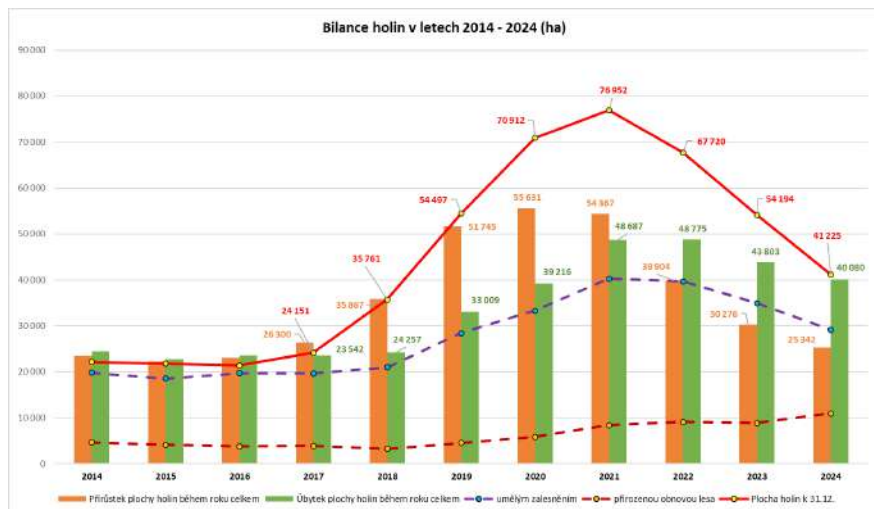
Za počátek rozsáhlé kůrovcové kalamity v České republice je zpravidla považován rok 2015, i když některé prameny uvádějí jako její možný počátek již rok 2003 (Zahradník, 2018). Suché a teplé počasí vytvořilo příhodné podmínky k několikanásobnému rojení kůrovců, kteří napadali porosty nejen po větrných polomech, ale také ty, které byly oslabené suchem.



Přehledné znázornění katastrálních území (k. ú.), která byla zasažena kůrovcovou kalamitou v první a druhé fázi kalamity zobrazení z roku 2019 (oblasti označené červeně). Zdroj: Národní lesnický institut (NLI)

Zatímco se objem těžeb v předchozích letech (1989 – 2014) pohyboval průměrně okolo 14 až 15 mil. m³ bez kůry, vyjma epizod způsobených větrnými polomy orkány Kyrill, Emma a podobně, v těchto obdobích se celková roční těžba zvýšila na 18 až 19 mil m³ bez kůry ročně, tak mezi lety 2015 - 2024 průměrná roční celková těžba postupně vystoupala na takřka 24 mil. m³ bez kůry. V těchto letech činily nahodilé těžby 60 až 85% z celkového objemu těžeb. Až do roku 2017 byl roční nárůst a úbytek holin ve vyrovnaném stavu s mírnou převahou na straně úbytku holin obnovou lesů a přirozeným zmlazením. Mezi lety 2018 až 2021 výrazně převyšoval roční nárůst holin jejich úbytek, a to mnohdy o víc jak deset tisíc hektarů. Tato situace se změnila až v roce 2022, kdy obnova lesů převýšila přírůstek holin a tento trend trvá doposud. Nejvyšší celková plocha holin k 31. 12. byla zaznamenána v roce 2021, a to **76 952 ha**.

Během kulminace kůrovcové kalamity bylo zasaženo **6 670 katastrálních území** České republiky od východu po západ, což je plných **51 %** všech katastrálních území. Vzhledem k obrovskému rozsahu kalamity bylo potřeba přistoupit k legislativnímu řešení, které by umožnilo vlastníkům lesů vypořádat se



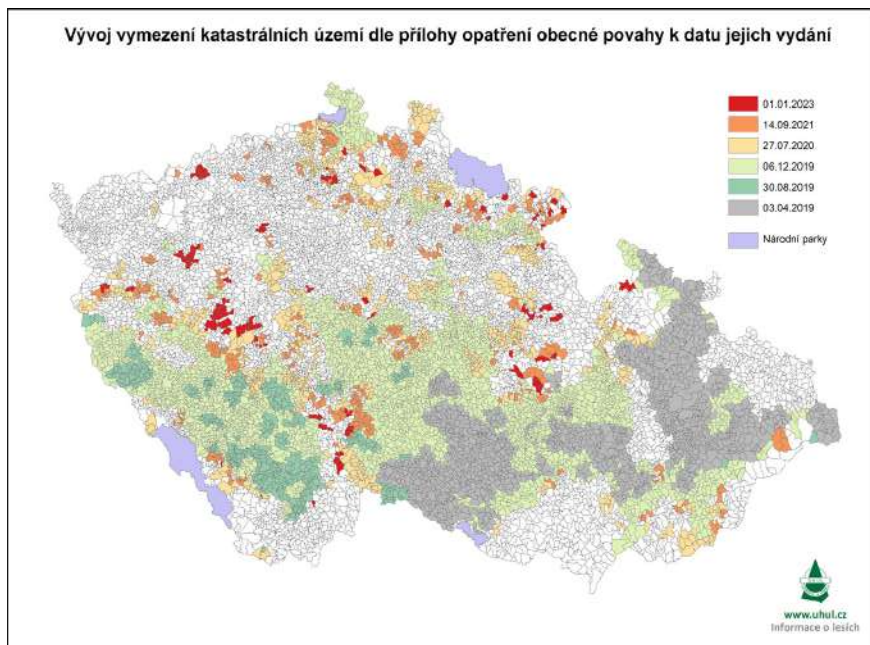
Zdroj: Český statistický úřad (ČSÚ) v době zpracování příspěvku ještě nebyla publikována data za rok 2025, ta jsou zpravidla uveřejněna na konci května následujícího roku

s kalamitou a jejími následky odlišně od platné legislativy, aniž by byla státní správa lesů zavalena žádostmi o výjimku z ustanovení zákona č. 289/1995 Sb. o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon), ve znění pozdějších předpisů. Proto byla v roce 2018 provedena technická novela lesního zákona, která umožnila postupovat odlišně od jeho ustanovení přijetím Opatření obecné povahy vztahující se na katastrální území nejvíce zasažená kalamitou.

Opatření obecné povahy k řešení kůrovcové kalamity v České republice

Opatření obecné povahy (dále jen „OOP“) upravovalo podmínky obnovy lesů na přesně definovaných územích, která byla průběžně aktualizována, aby bylo možné co nejúčinněji OOP aplikovat. Nejenže opatření, krom jiného, dočasně zrušilo povinnost odstraňování kůrovcových souší, provádění obranných opatření (kladení lapáků), ale také významně zasáhlo do obnovy lesů a používání sadebního materiálu. OOP prodloužilo oproti lesnímu zákonu dobu zalesnění ze dvou na pět let a zajištění ze sedmi na deset let, tato úprava se později promítla i do novely lesního zákona. Dalším z ustanovení OOP bylo dočasné rozvolnění pravidel přenosu reprodukčního materiálu lesních dřevin, a to jak horizontálního, tak vertikálního s výjimkou obnovy smrkem ztepilým, u kterého byla pravidla zachována. Zároveň však zůstala nedotčena pravidla o nakládání s reprodukčním materiálem lesních dřevin podle zákona č. 149/2003 Sb., o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin. OOP č. 1 bylo vyhlášeno 3. 4. 2019 a následně bylo pravidelně novelizováno v souladu s aktuálně se měnící situací. Celkem bylo vydáno sedm

OOP, z nichž poslední exspirovalo k 31. 12. 2023 a postupy obnovy a ochrany lesů se vrátily do původního stavu určeného zákonem o lesích a souvisejících předpisů.

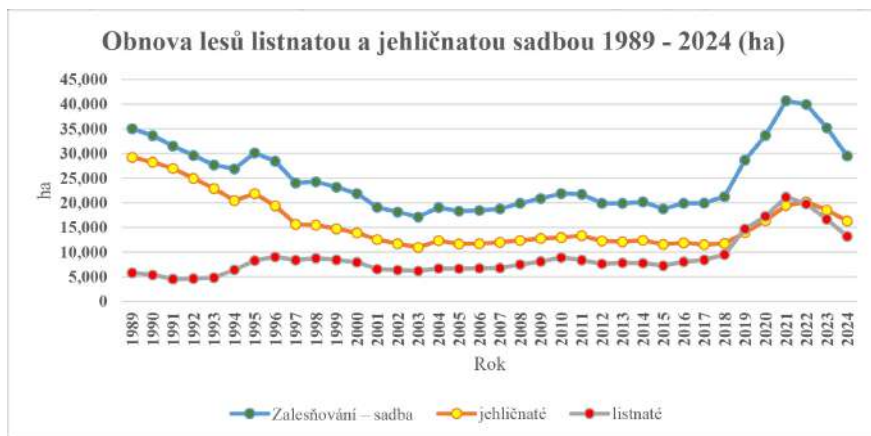


Zdroj: Národní lesnický institut (NLI)

Reprodukční materiál lesních dřevin a obnova lesů po kalamitě

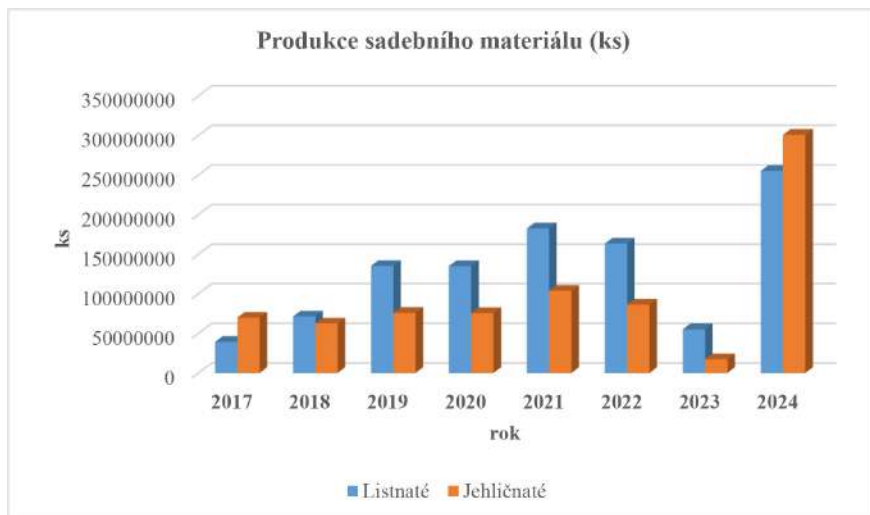
Zatímco nejdéle do roku 2017 byl stav holin k 31. 12. každoročně přibližně na stejné úrovni (rovnováha odlesňování a zalesňování v jednotlivých letech), od roku 2018 v důsledku rychle postupujících kalamitních těžeb plocha holin razantně přibývala. Nejvyšší přírůstek holin byl v roce 2020 ve výši 55 tis. ha. Ke konci roku 2021 tak plocha holin k zalesnění v ČR činila cca 77 tis. ha - o 9 % více než byl stav evidovaný ke konci roku 2020, což je trojnásobek průměrného stavu před kalamitou. V roce 2022 poklesla rozloha holin vykázaných na konci roku na 67,7 tis. ha, tj. o 11 % méně než roku předešlého. V reakci na nárůst rozlohy holin se v průběhu let 2018 až 2023 výrazně zvýšilo tempo obnovy lesů. V letech před kalamitou se obnovovaná plocha průměrně pohybovala na úrovni 20 tis. ha ročně. Od roku 2018 se rozsah umělé obnovy meziročně výrazně zvyšoval, ve zmíněném roce o 21 % oproti průměru před kalamitou a i v dalších letech nárůst pokračoval. V roce 2019 o 65 % více než v dlouhodobém průměru. V roce 2020 činil o dalších cca 18 % více než v roce 2019, a to i přes omezení způsobená pandemií COVID 19 a o cca 70 % více než v průměru „před kalamitou“. V letech 2021 a 2022 stoupala obnova ročně o dalších cca 9 % než v roce 2020, tím dosáhl podíl obnovované plochy

2,5 násobku dlouhodobého průměru, tedy takřka 49 tis. ha za rok. Pozitivním faktorem zaznamenaným v obnově lesů byl stoupající podíl přirozené obnovy, který v roce 2021 dosáhl o cca 40 % vyšší hodnoty než v roce 2020, zároveň o 52 % než v průměru „před kalamitou“ (roční průměr za období 2005-2014: cca 4 tis. ha). V roce 2022 stoupl podíl přirozené obnovy o dalších 9 % než v roce 2021. Celkově se podíl přirozené obnovy zvýšil proti ročnímu průměru před kalamitou takřka o 60 %. V reakci na měnící se klimatické podmínky a ve snaze zakládat stabilní lesní porosty je také skladba sadebního materiálu rozdílná od let předcházejících. Podíl listnatých dřevin na umělé obnově se tak postupně zvyšoval. Od roku 2019 byla již listnatými dřevinami uměle zalesňována každoročně větší plocha, než dřevinami jehličnatými (podíl listnatých dřevin na ploše umělé obnovy v roce 2021 cca 52 %). Tento trend se v roce 2022 mírně změnil ve prospěch jehličnatých dřevin, důvodem byla obnova na stanovištích vhodnějších pro jehličnaté dřeviny.



Zdroj: CSU

Masivní nástup kalamity prudce zvýšil objemy poptávek po sadebním materiálu lesních dřevin, zároveň se také výrazně změnila poptávaná dřevinná skladba. Doposud tradičně poptávaný smrk byl vystřídán zvýšenou poptávkou po sazenicích buku, dubů a dalších listnatých dřevin. Tato náhlá změna způsobila v počátečních fázích obnovy kalamitních ploch určité problémy s dostupností sazenic některých dřevin. Produkce v lesních školkách byla pochopitelně nastavena na doposud tradiční paletu poptávané sadby, takže bylo nutné se změnám poměrně pružně přizpůsobit. Přes veškeré počáteční problémy se školkařskému sektoru postupně podařilo přizpůsobit jak dřevinnou skladbu, tak podstatně zvýšit i objem produkce. V případě nedostatku sazenic některých dřevin byly odběratelům nabízeny záměny za jinou dřevinu, která byla v adekvátní kvalitě a objemu napěstována a odpovídala stanovištním podmínkám. Zatímco v době před kalamitou byl nejčastější dřevinou smrk, tak pro obnovu kalamitních ploch byly nejčastěji využívány sazenice buku.



Zdroj: Národní lesnický institut (NLI)

Závěr

Přestože byl od roku 2021 zaznamenáván klesající trend rozlohy holin, nelze patrně s jistotou konstatovat, že kůrovcová kalamita je definitivně za námi. S ohledem na vývoj počasí a srážek je nutné stále počítat v některých oblastech s gradací škůdců a případnými dalšími škodami, které by snad již nemusely nutně dosahovat hodnot nejkritičtější etapy kalamity. I z tohoto hlediska je důležitý soustavný monitoring výskytu podkorních škůdců, aby bylo možné případné škody přinejmenším zmírnit, ne-li za příhodných podmínek zcela eliminovat.

Abstrakt

Současná kůrovcová kalamita už je prý nejhorší v historii českých zemí. ČT24 — Česká televize [online]. Rev. 7. 11. 2018. Dostupné online <https://ct24.ceskatelevize.cz/clanek/domaci/soucasna-kurovcova-kalamita-uz-je-pry-nejhors-i-v-historii-ceskych-zemi-71688>

ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 149/2003 Sb., ze dne 18. dubna 2003, Zákon o uvádění do oběhu reprodukčního materiálu lesních dřevin lesnický významných druhů a umělých kříženců, určeného k obnově lesa a k zalesňování, a o změně některých souvisejících zákonů. In: Sbírka zákonů České republiky. 2003, částka 57, s. 3279-3294. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-149>

ČESKÁ REPUBLIKA. OOP č. 1: č. j. 18918/2019-MZE-16212 ze dne 3. 4. 2019.

ČESKÁ REPUBLIKA. OOP č. 2: č. j. 41508/2019-MZE-16212 ze dne 30. 8. 2019.

ČESKÁ REPUBLIKA. OOP č. 3: č. j. 63920/2019-MZE-16212 ze dne 6. 12. 2019.

ČESKÁ REPUBLIKA. OOP č. 4: č. j. 17110/2020-MZE-16212 ze dne 2. 4. 2020.

ČESKÁ REPUBLIKA. OOP č. 5: č. j. 33784/2020-MZE-16212 ze dne 27. 7. 2020.
ČESKÁ REPUBLIKA. OOP č. 6: č. j. MZE-49892/2021-16212 ze dne 14. 9. 2021.
ČESKÁ REPUBLIKA. OOP č. 7: č. j. MZE-59640/2022-16212 ze dne 3. 11. 2022.
Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/vyhledavani\\$a3759 search?que-
ry=OPAT%C5%98EN%C3%8D+OBECN%C3%89+POVAHY](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/vyhledavani$a3759%20search?query=OPAT%C5%98EN%C3%8D+OBECN%C3%89+POVAHY)

Kontakt

Ing. Vlasta Knorová, DiS.
Ministerstvo zemědělství
Sekce lesního hospodářství, Odbor státní správy,
hospodářské úpravy a ochrany lesů
Oddělení ochrany lesů
Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1
e-mail: Vlasta.Knorova@mze.gov.cz

KVALITA OSIVA SMRKU A BOROVICE ZE SBĚRŮ DO NÁRODNÍ BANKY OSIVA ČR

Pavel Kotrla, Lena Bezděčková, Josef Cafourek

Abstrakt

Za období 2015 – 2024 bylo do Národní banky osiva lesních dřevin získáno 103 oddílů smrku ztepilého a 18 oddílů borovice lesní. Po provedeném vyhodnocení kvalitativních parametrů osiva u těchto oddílů osiva lze konstatovat: v případě smrku byly hodnoty sypavosti a absolutní hmotnosti nižší oproti průměrným hodnotám ČSN 481211, v případě borovice totéž platí u hodnoty sypavosti. Ostatní sledované parametry (klíčivost u smrku, klíčivost a absolutní hmotnost u borovice), se pohybovaly v oblasti průměrných hodnot dle ČSN 481211. Zjištěné odchylky od ČSN 481211 jsou podkladem pro úpravu metodických postupů Národní banky osiva lesních dřevin.

Klíčová slova

smrk ztepilý, borovice lesní, kvalita osiva, sběry do Národní banky osiva ČR

Úvod

První sběr do Národní banky osiva lesních dřevin ČR (dále banka osiva) byl realizován v roce 2015. Vzhledem ke skutečnosti, že sběry jsou realizovány po celou dobu existence banky osiva podle stejného postupu (sběr v rámci ČR, sběr z porostů převážně z uznaných porostů kat. A, sběr ze stojících stromů, obecný požadavek na sběr z minimálně 50 stromů), nabízí se ohlédnutí, jaké jsou kvalitativní parametry osiva v průběhu uplynulého období 10 let. Do hodnocení bylo zahrnuto celkem 103 oddílů osiva smrku ztepilého a 18 oddílů osiva borovice lesní. Hodnoty kvalitativních parametrů osiva jsou převzaty z prvorozborů, t.j. čerstvého osiva.

Sběry do banky osiva byly postupně realizovány na základě rámcového výhledu dle metodických postupů banky osiva (2017) s tím, že následně byly v souvislosti s rozvojem kůrovcové kalamity v ČR usměrňovány do ohrožených přírodních lesních oblastí a v rámci možností do genových základů. Zadání sběrů je formou požadavku na počet sesbíraných stromů a celkové množství požadovaných šišek (s požadavkem na průměrné množství z 1 stromu). Sběry jsou soutěženy jako dílčí zakázky dle uzavřené rámcové smlouvy s trhači.

Vyhodnocení reálných kvalitativních parametrů osiva u smrku a borovice je důležitým podkladem pro případné korekce metodických postupů banky osiva. Vyšší četnost úrod (především o smrku) v kombinaci s vyšším výskytem klimatických extrémů v posledních letech má za následek odchylky od průměrných hodnot některých kvalitativních parametrů osiva.

Základními parametry pro uložení osiva do banky osiva jsou klíčivost a počet čistých klíčivých semen v celém oddílu (viz vyhláška 132/2014 Sb.). Pokud tyto parametry konkrétní oddíl osiva nesplňuje, není do banky osiva uloženo.

Smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst.)

Do vyhodnocení kvalitativních parametrů osiva bylo zahrnuto celkem 103 oddílů sesbíraného osiva s tím, že nejvíce oddílů osiva bylo získáno ve sběrové sezóně 2015/2016, 2020/2021 a 2022/2023. Lze konstatovat, že v případě smrku byly úrody poměrně časté, mimo výše zmíněné sběrové sezóny byl výskyt alespoň regionálních úrod převážně v 2letém intervalu. Přehled sběrů dle roku zrání je uveden v tabulce č. 1.

Tabulka 1: Přehled získaných oddílů osiva smrku ztepilého do banky osiva podle roků zrání

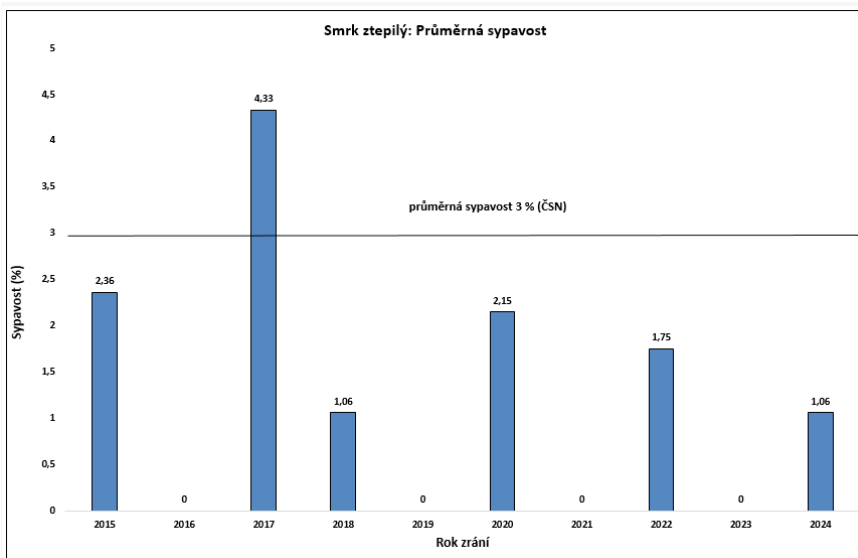
rok zrání	počet získaných oddílů	přírodní lesní oblasti ČR	lesní vegetační stupně
2015	46	10, 12, 13, 16, 22, 23, 25, 30	3, 4, 5, 6, 7
2017	6	8, 17, 31, 36, 38, 40	3, 4, 5
2018	5	7, 12, 13, 16, 20	5, 6, 7
2020	24	1, 3, 13, 14, 16, 22, 23, 27, 38, 40	4, 5, 6, 7, 8, 9
2022	15	11, 12, 13, 22, 27	4, 5, 6, 7
2024	7	12, 16	4, 5, 6

Sypavost

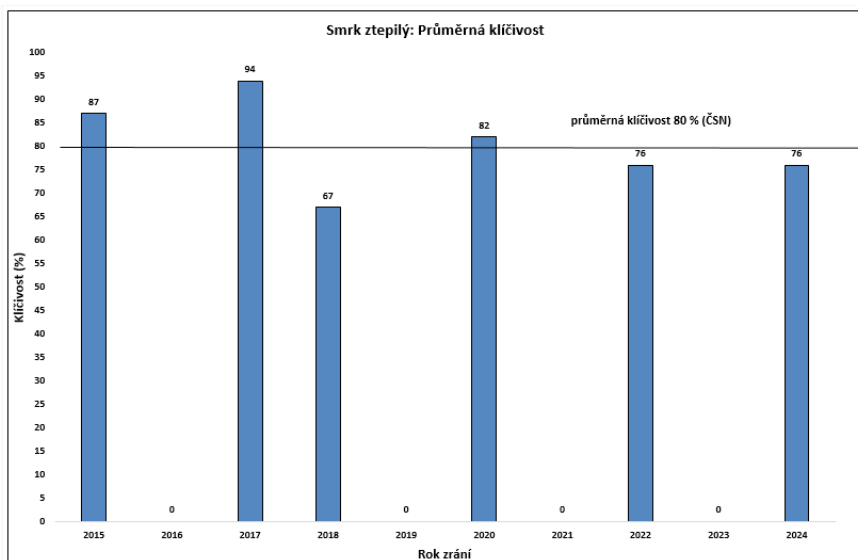
Pro plánování sběrů bylo potřeba nastavit velikost sesbíraného oddílu osiva (průměrné množství šišek z 1 stromu/celková velikost oddílu osiva). Dle ČSN 481211 je u smrku průměrná sypavost uváděna ve výši 3 %. Průměrné skutečné sypavosti oddílů v jednotlivých letech sběrů (dle roků zrání) jsou uvedeny na obr. 1. Je zřejmé, že kromě roku 2017 jsou hodnoty sypavosti pod tímto průměrem. Důvodem je podle všeho v důsledku klimatických extrémů vyšší četnost úrod s následným rozvojem škůdců (což se projevuje mimo jiné vyšším výskytem smůly v šiškách) a tedy vyšším výskytem semen napadených hmyzem (ty jsou v rámci technologického zpracování separovány).

Klíčivost

Je jedním ze základních parametrů pro posouzení kvality osiva. Dle ČSN 481211 je u smrku průměrná klíčivost uváděna ve výši 80 %. Průměrné skutečné klíčivosti oddílů v jednotlivých letech sběrů (dle roků zrání) jsou uvedeny na obr. 2. V případě sledovaných oddílů osiva se hodnoty klíčivosti od průměrné hodnoty dle ČSN 481211 zásadně neodlišují.



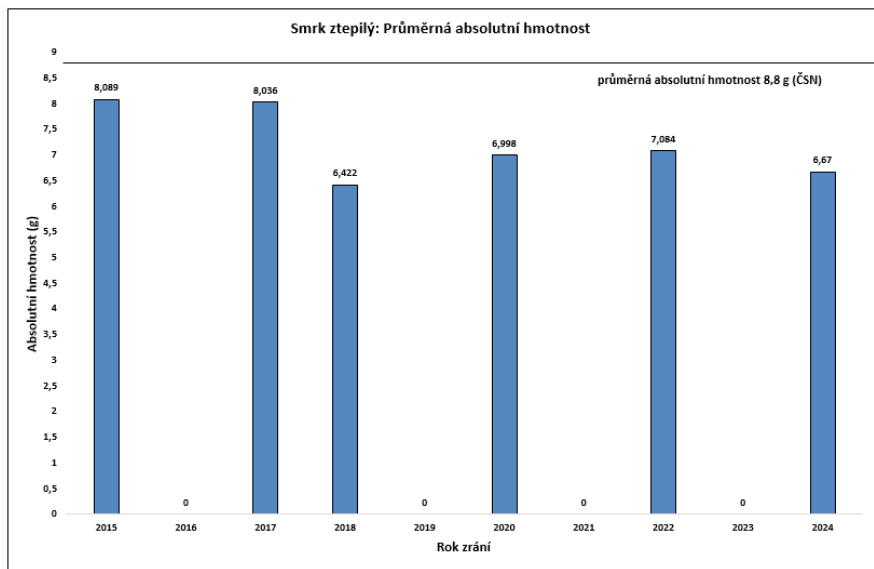
Obrázek 1: Průměrné sypavosti oddílů osiva smrku ztepilého dle roků zrání.



Obrázek 2: Průměrné klíčivosti oddílů osiva smrku ztepilého dle roků zrání.

Absolutní hmotnost

Hmotnost 1000 ks semen je dalším kvalitativním parametrem osiva. Dle ČSN 481211 je u smrku průměrná absolutní hmotnost uváděna v hodnotě 8,8g. Průměrné skutečné absolutní hmotnosti oddílů v jednotlivých letech sběrů (dle roků zrání) jsou uvedeny na obr. 3. V případě sledovaných oddílů osiva byly hodnoty absolutní hmotnosti osiva nižší oproti průměrné hodnoty dle ČSN 481211.



Obrázek 3: Průměrné absolutní hmotnosti osiva smrku ztepilého dle roků zrání.

Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.)

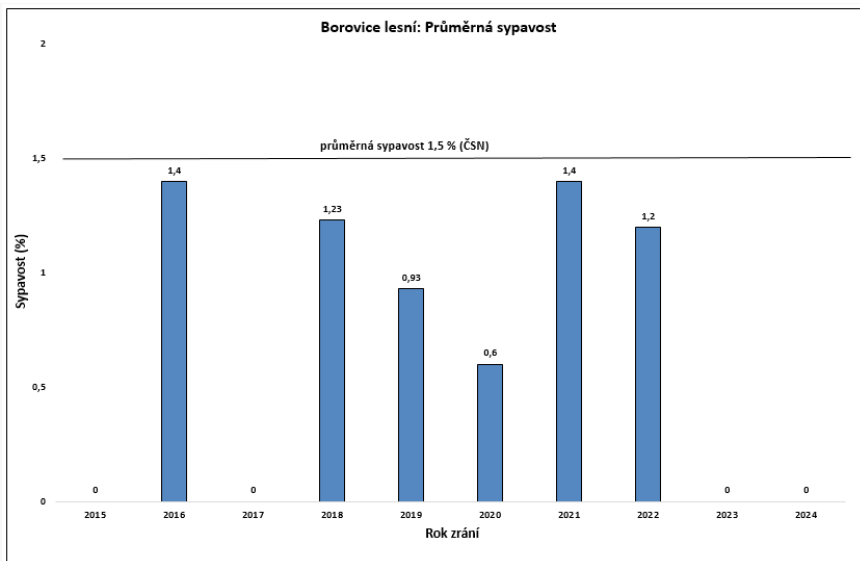
Do vyhodnocení kvalitativních parametrů osiva bylo zahrnuto celkem 18 oddílů sesbíraného osiva s tím, že nejvíce oddílů osiva bylo získáno ve sběrové sezóně 2016/2017, 2018/2019 a 2019/2020. Jedná se oproti údajům o smrku o data menšího rozsahu. Podrobnější přehled sběrů dle roku zrání je uveden v tabulce č. 2.

Tabulka 2: Přehled získaných oddílů osiva borovice lesní do banky osiva podle roků zrání.

rok zrání	počet získaných oddílů	přírodní lesní oblasti ČR	lesní vegetační stupně
2016	8	10, 11, 17, 30	1, 2, 3, 4
2018	3	15	3, 4
2019	4	15, 18, 29	2, 3
2020	1	3	6
2021	1	29	3
2022	1	16	5

Sypavost

Průměrné skutečné hodnoty sypavosti oddílů v jednotlivých letech sběrů (dle roků zrání) jsou uvedeny na obr. 4. Dle ČSN 481211 je u borovice průměrná sypavost uváděna ve výši 1,5 %. Je zřejmé, že i u borovice jsou hodnoty sypavosti pod tímto průměrem.



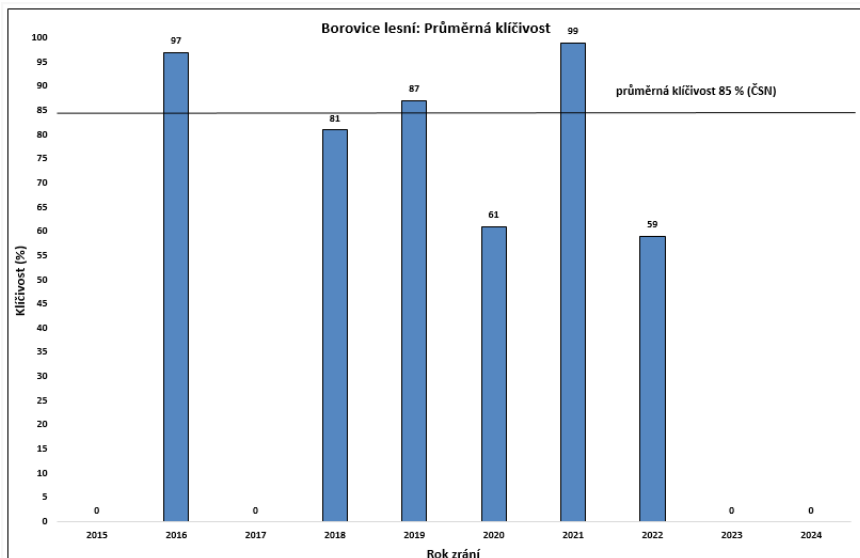
Obrázek 4: Průměrné sypavosti oddílů osiva borovice lesní dle roků zrání.

Klíčivost

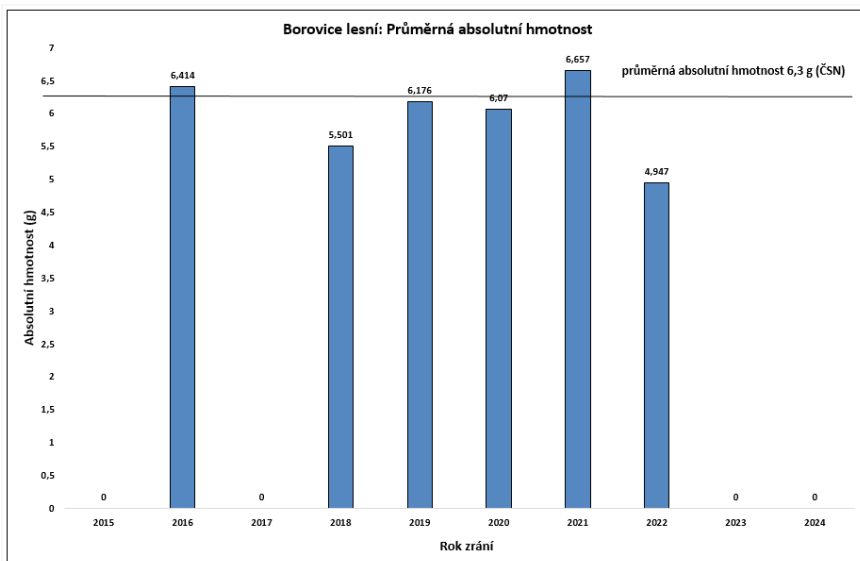
Dle ČSN 481211 je u borovice průměrná klíčivost uváděna ve výši 85 %. Průměrné skutečné klíčivosti oddílů v jednotlivých letech sběrů (dle roků zrání) jsou uvedeny na obr. 5. V případě sledovaných oddílů osiva se hodnoty klíčivosti od průměrné hodnoty dle ČSN 481211 zásadně neodlišují.

Absolutní hmotnost

Dle ČSN 481211 je u borovice průměrná absolutní hmotnost uváděna v hodnotě 6,3 g. Průměrné skutečné absolutní hmotnosti oddílů v jednotlivých letech sběrů (dle roků zrání) jsou uvedeny na obr. 6. V případě sledovaných oddílů osiva se hodnoty absolutní hmotnosti osiva zásadně neodlišovaly od průměrné hodnoty dle ČSN 481211.



Obrázek 5: Průměrné klíčivosti oddílů osiva borovice lesní dle roků zrní.



Obrázek 6: Průměrné absolutní hmotnosti osiva borovice lesní dle roků zrní.

Závěr

Vyhodnocení kvalitativních parametrů osiva u smrku ztepilého a borovice lesní ze sběrů do banky osiva za uplynulých 10 let poskytuje důležitou informaci o případných změnách v kvalitativních parametrech osiva těchto dřevin.

Z pohledu banky osiva se jedná o údaje, které mají dopad na potřebnou korekci metodických postupů banky osiva. Při nastavených parametrech podmínek pro uložení daného oddílu do banky osiva je dle vyhlášky 132/2014 Sb. požadováno, aby daný oddíl osiva smrku ztepilého obsahoval minimálně 160 tis. čistých klíčivých semen (základní zásoba), v případě borovice lesní pak 340 tis. čistých klíčivých semen. Uvedený parametr je důležitý z hlediska budoucího využití osiva z banky osiva pro obnovu na požadované minimální výměře lesních porostů.

Především snížené hodnoty sypavosti u obou dřevin znamenají, že původně plánované množství sesbíraných šišek (dle udávaných průměrných hodnot) není dostatečné a je nutno jej navýšit. Jako problematické se to ukázalo především u borovice, kdy v rámci sběru z 1 porostu je problematické získat požadované množství šišek.

Literatura

- BEZECNÝ P. a kol. 1992: Pěstování lesů. Nakladatelství Brázda, ISBN 80-209-0222-8
- ČSN 48 1211 Lesní semenářství – Sběr, kvalita a zkoušky kvality semenného materiálu lesních dřevin. 2006. Praha, Český normalizační institut: 56 s
- GÖMÖRY D., LONGAUER R. 2014: Lesnická genetika, Brno, 134 s.
- Informace o nakládání s reprodukčním materiálem lesních dřevin v České republice. 2024. Národní lesnický institut. 133 s.
- KOTRLA P. – MALÁ J. 2015: Národní banka osiva a explantátů lesních dřevin. Lesnická práce, 94 (8): 532- 533.
- KOTRLA P., 2015: Národní banka osiva a explantátů lesních dřevin. In: QUO VADIS LESNICTVÍ I – Kam kráčíš semenářství a školkařství. Česká lesnická společnost, Brno 15. 10. 2025.
- KOTRLA P., CAFOUREK J., BEZDĚČKOVÁ L. 2017: Národní banka osiva lesních dřevin – metodické postupy. 34 s.
- Národní program ochrany a reprodukce genofondu lesních dřevin pro období 2014 – 2019. Ministerstvo zemědělství ČR, 2014
- Národní program ochrany a reprodukce genofondu lesních dřevin na období 2019 – 2027. Ministerstvo zemědělství ČR, 2018. 31 s.
- Národní program ochrany a reprodukce genetických zdrojů na roky 2020 – 2026, Bratislava 2020.
- PALATOVÁ E., 2008: Zakládání lesa I. Lesní semenářství. Brno, MZLU, 119 s.
- SUZSKA B., 2000: Nowe technologie i techniki w nasiennictwie lesnym. Warszawa. 269 s. ISBN 83-88163-14-0
- Vyhláška MZe č. 132/2014 Sb. o ochraně a reprodukci genofondu lesních dřevin.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci institucionální podpory Ministerstva zemědělství MZE-RO0123.

Kontakt

Ing. Pavel Kotrla, Ph.D.

Ing. Lena Bezděčková

Ing. Josef Cafourek, Ph.D.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

Výzkumná stanice Kunovice

Na Záhonech 601, 686 04 Kunovice

e-mail: kotrla@vulhmuh.cz, bezdeckova@vulhmuh.cz, Josef.Cafourek@seznam.cz

FYZIOLOGICKÉ LIMITY A MOŽNOSTI ZVYŠOVANIA ODOLNOSTI PORASTOV VOČI KLIMATICKÝM EXTRÉMOM S VYUŽITÍM BIOSTIMULANTOV

**Daniel Kurjak, Peter Fleischer, ml.,
Alena Sliacka Konôpková**

Abstrakt

V súčasnosti sú agrosystémy aj lesné ekosystémy často vystavené extrémnemu stresu, čo sa prejavuje tiež vysokou mortalitou. Prežívanie a rast rastlín závisí od kľúčových fyziologických mechanizmov, najmä od schopnosti udržania funkčnosti transportného systému a metabolických procesov. Perspektívnu metódu na zvýšenie odolnosti predstavuje aplikácia biostimulantov, ako sú napr. nanočastice kremíka (SiNPs). SiNPs sú charakteristické efektívnejším prienikom do pletív než bežné formy kremíka. Náš výskum na poľnohospodárskych plodinách potvrdil, že SiNPs výrazne chránia fotosyntetický aparát, stabilizujú obsah chlorofylu a znižujú energetické respiračné straty počas stresu. V lesníctve však podobné poznatky takmer neexistujú. Naše pilotné štúdie na topoli preukázali výrazný efekt nanočastíc, kedy koreňová aplikácia SiNPs pri stresovaných rastlinách dokázala takmer úplne zvrátiť kolaps výmeny plynov a obnoviť asimiláciu CO₂ až na 91 % úrovne nestresovaných rastlín.

Kľúčové slová

biostimulanty, ekofyziológia drevín, fotosyntéza, nanočastice kremíka, stresová reakcia

Úvod

Lesné aj poľnohospodárske ekosystémy čelia v Európe zvýšenej miere mortality, pričom modely klimatickej zmeny predpovedajú do konca 21. storočia nárast priemernej ročnej teploty o 4 až 7 °C (IPCC, 2023). Slovensko patrí v rámci temperátnych lesov k regiónom s vysokou mierou mortality korún stromov, ktorá sa za posledné tri desaťročia takmer zdvojnásobila (Senf et al., 2018). Pre lesné škôlkarstvo a následnú obnovu lesa to znamená kritické riziko zníženej ujímavosti a vysokého úhynu mladých výsadieb v dôsledku extrémnych vĺn sucha a horúčav (Kurjak et al., 2025).

Tradičné mechanizmy, ktorými sa rastliny bránia pred nedostatkom vody, sa opierajú najmä o stomatárnu reguláciu – uzatváranie prieduchov. Hoci tento proces účinne redukuje straty vody, zároveň limituje prísun oxidu uhličitého pre fotosyntézu a obmedzuje ochladzovanie listov transpiráciou (Teskey et al., 2015). Pri extrémnych

teplotách, kedy teplota listov môže presiahnuť 40 °C, narážajú plodiny aj dreviny na svoje ekofyziologické limity. Najnovšie zistenia ukazujú, že pri kombinácii sucha a horúčav dochádza k prudkému nárastu kutikulárnej vodivosti (Wang et al., 2024). V tomto stave rastlina čiastočne stráca kontrolu nad udržiavaním vodnej bilancie, keďže voda uniká cez kutikulu listov aj pri úplne uzavretých prieduchoch (Rockwell & Sage, 2022). To môže viesť až k hydraulickému zlyhaniu – embolizácii vodivých dráh a následnému odumretiu pletív (Sevanto et al., 2014).

Vzhľadom na rýchlosť klimatických zmien a dlhovekosť stromov je prirodzená adaptácia drevín pomalá. Ak v poľnohospodárstve môže dôjsť k strate celoročnej produkcie, pri lesných porastoch sú riziká ešte vyššie. Preto kladíme pozornosť na prenos poznatkov o inovatívnych metódach exogénnej stimulácie odolnosti z poľnohospodárstva do lesníckej praxe. Biostimulanty môžu predstavovať v tejto oblasti významný posun. Na rozdiel od konvenčných foriem kremíka, nanočastice (o veľkosti 20–200 nm) dokážu vďaka svojmu malému rozmeru a vysokej reaktivite prenikať do rastlinných pletív oveľa efektívnejšie (Mukarram et al., 2022). Kremík v rastline nepôsobí len ako pasívna mechanická bariéra pod epidermou, ale aktívne sa zapája do metabolických procesov: posilňuje antioxidačný systém, stabilizuje fotosyntetický aparát a optimalizuje hospodárenie s vodou (Mukarram et al., 2023; Coskun et al., 2019).

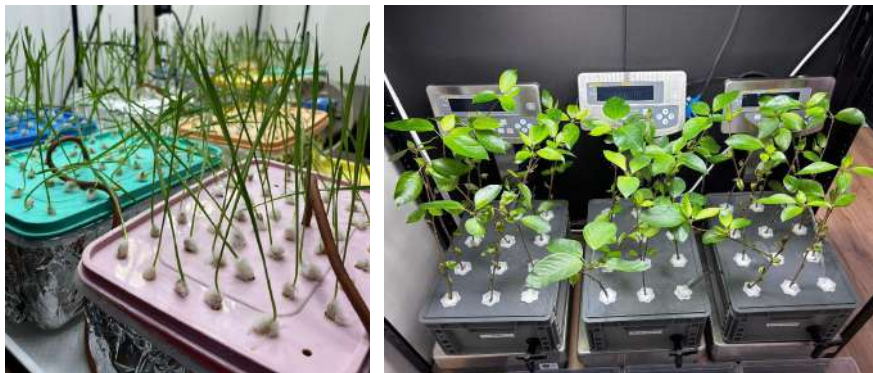
Možnou metódou zvyšovania odolnosti už v počiatočných štádiách vývoja predstavuje priming semien pomocou SiNPs. Nanočastice prenikajú cez obal semena, aktivujú antioxidačné enzýmy a ovplyvňujú hormonálnu reguláciu klíčenia. Tento proces potláča hladinu kyseliny abscisovej a stimuluje giberelíny, čo vedie k rýchlejšiemu vzhádzaniu a vyššej vitalite semenáčikov (Mukarram et al., 2022). Táto metóda však doposiaľ nebola testovaná na drevinách.

Zatiaľ čo v poľnohospodárstve sa využitie biostimulantov skúma dlhšie a potvrdili sa výrazné benefity pri eliminácii stresov (Mukarram et al., 2022), v lesníctve tieto poznatky takmer neexistujú. Naším cieľom bolo preto najprv overiť účinnosť SiNPs na poľnohospodárskych plodinách a neskôr na topoli ako modelovej drevine. Našou snahou je identifikovať optimálnu cestu aplikácie a preskúmať potenciál metódy pri prekonávaní fyziologických limitov drevín v podmienkach rôzneho druhu stresu.

Materiál a metodika

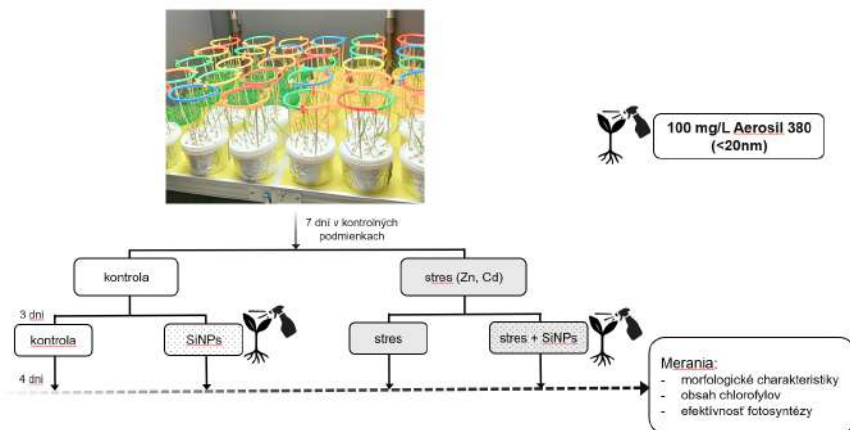
Experimentálny výskum prebiehal v stabilných laboratórnych podmienkach s cieľom definovať fyziologickú odozvu rastlín na aplikáciu biostimulantov v podmienkach abiotického stresu. Využili sme umelé svetlo o stabilnej intenzite a s rovnakou nastavenou fotoperiódou, takže jednotlivé experimenty prebiehali v podobných podmienkach prostredia. Všetky experimenty boli realizované v hydroponických systémoch s využitím Hoaglandovho (alebo modifikovaného Hoaglandovho) roztoku (obr. 1). Tento systém umožnil presnú kontrolu pH, dostupnosti živín a koncentrácie stresových faktorov, ako aj priame sledovanie morfológických zmien koreňového systému. Ako metodický základ slúžili testy na rýchlorastúcich modelových plodinách, na ktoré nadviazal komplexný experiment s topolom.

V prvej fáze sme sledovali vplyv kremíkových nanočastíc (SiNPs) aplikovaných foliárne postrekom na pšenicu letnú (*Triticum aestivum* L., var. 'TC 33' a 'Jarrisa'). Stres bol navodený prídavkom zinku a kadmia (Zn 2 mM, Cd 50 μ M) do kultivačného média (obr. 2). Testovali sme tiež vplyv PEG (polyetylénglykol), ktorý vyvoláva osmotický stres v živnom roztoku a simuluje stres zo sucha.



Obr. 1: Hydroponický systém pri pokuse s pšenicou (vľavo) a topolom (vpravo).

V druhej fáze bol realizovaný experiment s klonom topola (*Populus*), ktorý je podľa našich predbežných testov slabým akumulátorom kremíka (nepublikované dáta). Odrezky boli zakoreňované priamo v živnom roztoku a po vytvorení dostatočnej listovej plochy (cca 5 týždňov) boli vystavené stresu zo zasolenia. Pri topoli sme použili dizajn, ktorý kombinoval rôzny čas stimulácie stresu a rôzny spôsob aplikácie



Obr. 2: Schéma pokusu – pšenica bola pestovaná v podmienkach bez stresu, bez stresu s prídavkom nanočastíc kremíka (SiNPs), resp. v podmienkach s prídavkom zinkom aj kadmiovom bez aj s prídavkom SiNPs.

nanočastíc kremíka (SiNPs): kontrola vs. solný stres (NaCl); spôsob aplikácie SiNPs: foliárna (postrek na listy) vs. koreňová (prídavok do roztoku); časovanie aplikácie: pred stresom vs. po nastúpení stresu.

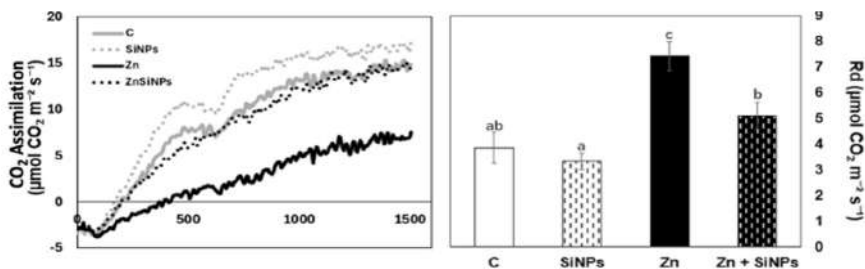
Kľúčovým parametrom hodnotenia bola výmena plynov (CO_2 a vodnej pary), meraná gazometrickými systémami LI-6800 a LI-6400. Referenčné merania čistej asimilácie CO_2 (A) a súvisiacich parametrov prebiehali pri referenčnej koncentrácii CO_2 $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$ a saturačnej intenzite svetla (PAR) $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Z metabolických procesov sme hodnotili tmavú respiráciu (energetické straty) a rýchlosť karboxylácie. Merali sme tiež rýchlosť asimilácie CO_2 v závislosti od koncentrácie CO_2 (CO_2 krivky). Okrem výmeny plynov sme sledovali tiež obsah pigmentov a morfológické znaky (dĺžku nadzemnej časti a koreňov).

Výsledky a diskusia

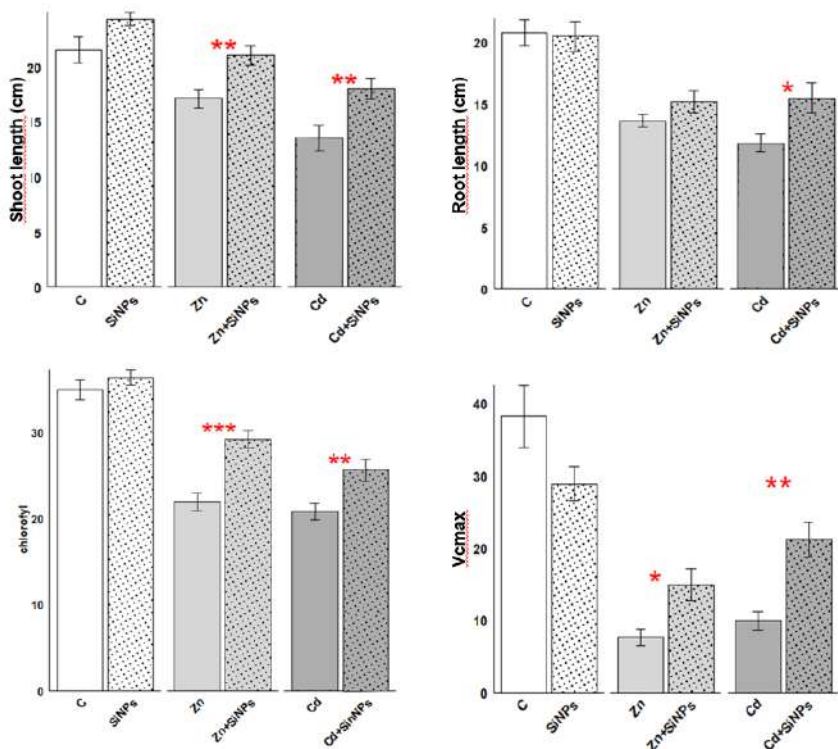
Pilotné experimenty na pšenici letnej potvrdili, že nanočastice kremíka výrazne chránia fotosyntetický aparát. Pri aplikácii Zn došlo u neošetrovaných rastlín k veľmi výraznému poklesu čistej fotosyntézy oproti kontrolným rastlinám, zatiaľ čo rastliny s aplikáciou SiNPs si udržali asimiláciu CO_2 na úrovni kontroly (obr. 3). Jedinice bez stresu, pri ktorých bola realizovaná aplikácia SiNPs dosahovali ešte vyššie hodnoty fotosyntézy ako kontrolné jedince. Paralelne sme zaznamenali zníženú temnostnú (mitochondriálnu) respiráciu, pričom respiračné straty stresovaných jedincov boli významne vyššie (zhruba dvojnásobné v porovnaní s kontrolou aj variantom ošetrovaným výhradne SiNPs). Na druhej strane, kombinovaná aplikácia SiNPs a Zn bola významne nižšia, než pri variante Zn (cca o 25 %) a nelíšila sa signifikantne od kontroly. Tiež bola zachovaná prieduchová vodivosť (neprezentované dáta). Tieto výsledky naznačujú antioxidačný mechanizmus SiNPs (Mukarram et al., 2022), ktorý chráni fotosyntetický aparát pred oxidačným stresom. Tieto údaje budú v budúcnosti taktiež hodnotené.

Pri ďalšom pokuse sme hodnotili vplyv Zn a tiež kadmia. Zaznamenali sme nesignifikantné rozdiely medzi kontrolou a jedincami ošetrovanými SiNPs vo všetkých hodnotených parametroch (obr. 4). Kombinovaná aplikácia SiNPs a zinku, resp. kadmia mala takmer vždy pozitívny vplyv oproti variantu Zn a Cd (okrem dĺžky koreňa pri použití zinku). Zaznamenali sme tiež stabilizáciu obsahu chlorofylu (bez SiNPs zníženie o 30–40 %, s aplikáciou len cca 15–20 %). Pokles maximálnej rýchlosti karboxylácie bol drastický, kombinovanou aplikáciou (Zn/Cd+SiNPs) sme však dosiahli viac než dvojnásobné zvýšenie hodnôt. Uvedené rozdiely sa prejavili aj na celkovom raste (obr. 5), pričom všetky varianty s foliárnou aplikáciou SiNPs dosahovali podobný rast ako kontrola. Pokles rastu stresovaných variantov bez ošetrovania biostimulantom bol výrazný.

Pri osmotickom strese indukovanom PEG došlo k výraznému poklesu asimilácie CO_2 v celom rozsahu koncentrácií CO_2 (obr. 6). Aplikácia SiNPs tento negatívny efekt zmiernila, pričom vyššiu účinnosť vykazovala koreňová aplikácia v porovnaní s foliárnym postrekom. Rozdiely sa prejavili najmä pri vyšších koncentráciách CO_2 , kde si rastliny ošetrované SiNPs dokázali udržať vyššiu fotosyntetickú aktivitu ako stresované kontroly. Výsledky naznačujú, že SiNPs pomáhajú zachovať karboxylačnú kapacitu a



Obr. 3: Závislosť rýchlosti asimilácie od koncentrácie CO₂ (vľavo) a temnostná respirácia Rd (vpravo). Merané na pšenici pri variantoch: C – kontrola; SiNPs – aplikácia nanočastíc kremíka; Zn – nadbytok zinku; Zn + SiNPs – kombinovaná aplikácia Zn a SiNPs. Stĺpce zdieľajúce rovnaké písmeno sa pri hladine významnosti $\alpha = 0,05$ štatisticky nelíšia.



Obr. 4: Porovnanie dĺžky nadzemnej časti a koreňov (hore), koncentrácia chlorofylov a maximálna rýchlosť karboxylácie (dolu). C – kontrola; SiNPs – aplikácia nanočastíc kremíka; Zn/Cd – pridanie zinku resp. kadmia; Zn/Cd + SiNPs – kombinovaná aplikácia Zn/Cd a SiNPs. Hviezdičky označujú štatisticky významný rozdiel medzi porovnávanými pármami.



Obr. 5: Vplyv nanočastíc kremíka, kadmia a zinku na rast pšenice

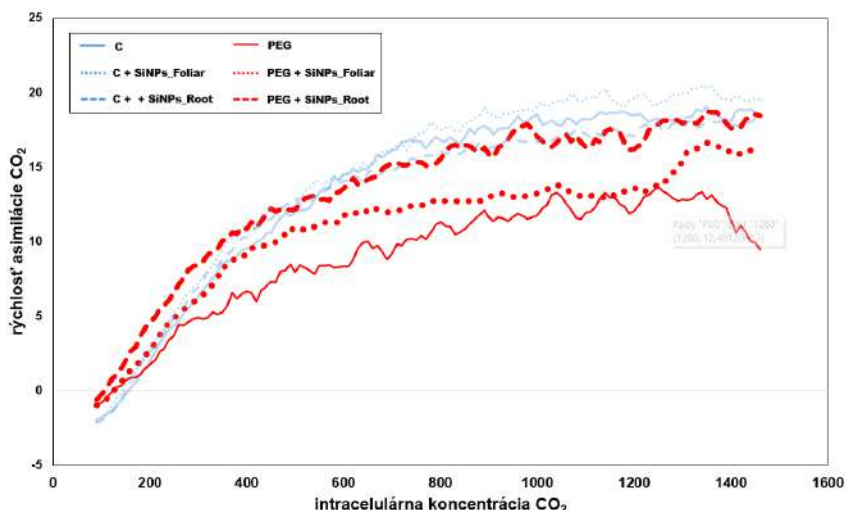
funkčnosť fotosyntetického aparátu aj v podmienkach simulovaného sucha.

Experiment s topoľom pri strese zo zasolenia potvrdil výrazný vplyv spôsobu aplikácie SiNPs na fyziologickú odpoveď rastlín (obr. 7). Najvyššie hodnoty asimilácie CO₂ dosiahli jedince s koreňovou aplikáciou po nástupe stresu (POST), pričom ich fotosyntetická aktivita sa štatisticky nelíšila od kontroly. Naopak, foliárna aplikácia bola podstatne menej účinná bez ohľadu na čas aplikácie, čo poukazuje na význam transportu kremíka cez koreňový systém pri zmiernovaní účinkov zasolenia. Zaujímavé je, že samostatná aplikácia SiNPs bez pôsobenia stresového faktora nevedla k zvýšeniu fotosyntetickej aktivity, čo naznačuje, že pozitívny efekt nanočastíc sa prejavuje predovšetkým v podmienkach stresu.

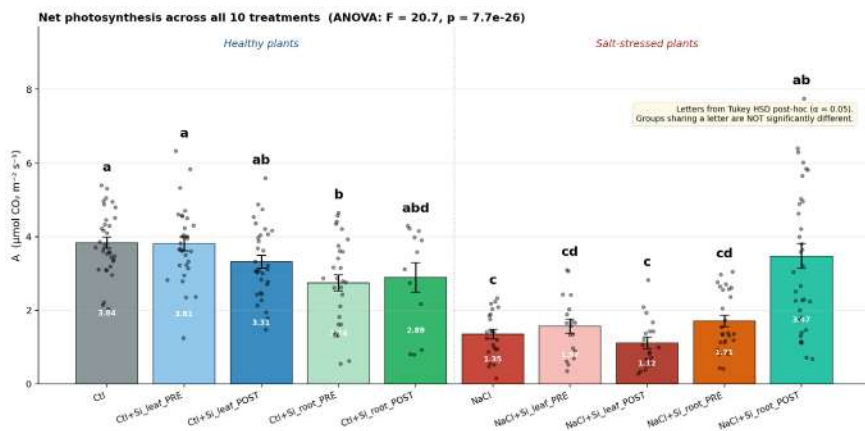
Záver

Výsledky potvrdili, že kremíkové nanočastice (SiNPs) dokážu zmiernovať negatívne účinky abiotického stresu a prispievajú k zachovaniu funkčnosti fotosyntetického aparátu. Pozitívny efekt sa prejavil nielen pri modelových poľnohospodárskych plodinách, ale aj pri topoli, ktorý podľa našich predchádzajúcich pozorovaní patrí medzi druhy s nízkou schopnosťou akumulácie kremíka. To je veľmi sľubný výsledok s ohľadom na ďalšie plánované experimenty na ďalších druhoch, keďže účinnosť tejto metódy by mohla byť pri niektorých hospodársky významných drevinách ešte výraznejšia. Samozrejme, použitie v porastoch si možno len ťažko predstaviť, biostimulácia pomocou SiNPs sa však javí ako perspektívny nástroj na zvýšenie odolnosti sadbového materiálu voči rôznym druhom stresu.

Vzhľadom na pretrvávajúce medzery v poznaní o akumulačnej schopnosti jednotlivých drevín plánujeme budúci výskum zamerať na porovnanie druhových rozdielov a na skúmanie efektu predsejbovej prípravy semien. Metodické postupy chceme rozšíriť aj o stanovenie minimálnej (kutikulárnej) vodivosti listov. Ďalšou výzvou bude realizovať pokusy mimo hydroponické systémy.



Obr. 6: Závislosť rýchlosti asimilácie od koncentrácie CO_2 pri suchu indukovaným pridaním PEG do roztoku a pri rôznych spôsoboch aplikácie SiNPs (foliar – aplikácia na listy; root – aplikácia do roztoku).



Obr. 7: Rýchlosť asimilácie (A) vo všetkých variantoch topola pri rôznej aplikácii SiNPs (ľavá polovica) a pri strese zo zasolenia (pravá polovica) s vyznačením výsledkov post-hoc testu Tukey-HSD. Stĺpce zdieľajúce rovnaké písmeno sa pri hladine významnosti $\alpha = 0,05$ štatisticky nelíšia. Uvedené varianty sú: (Ctl) vs. solný stres (NaCl); spôsob aplikácie SiNPs: foliárna (postrek na listy) vs. koreňová (prídavok do roztoku); časovanie aplikácie: PRE – pred stresom vs. POST – po nastúpení stresu.

Podakovanie

Práca vznikla s finančnou podporou projektov APVV-21-0270 a VEGA 2/0044/25.

Literatúra

- Coskun, D., Deshmukh, R., Sonah, H., Menzies, J. G., Reynolds, O., Ma, J. F., Kronzucker, H. J., Bélanger, R. R. 2019: The controversies of silicon's role in plant biology. *New Phytologist* 221: 67–85.
- IPCC 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Summary for Policymakers. Geneva: IPCC, 34 s.
- Kurjak, D., Vido, J., Kurjaková, J., Sliacka Konôpková, A. 2025: Klimatické extrémny a ekofyziologické limity drevín. *Acta Facultatis Ecologiae* 49: 37–41.
- Mukarram, M., Petrik, P., Mushtaq, Z., Khan, M. M. A., Gulfishan, M., Lux, A. 2022: Silicon nanoparticles in higher plants: Uptake, action, stress tolerance, and crosstalk with phytohormones, antioxidants, and other signalling molecules. *Environmental Pollution* 310: 119855.
- Mukarram, M., Khan, M. M. A., Kurjak, D., Lux, A., Corpas, F. J. 2023: Silicon nanoparticles (SiNPs) restore photosynthesis and essential oil content by upgrading enzymatic antioxidant metabolism in lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) under salt stress. *Frontiers in Plant Science* 14: 1116769.
- Rockwell, F. E., Sage, R. F. 2022: The functional significance of leaf venation patterns in C3 and C4 plants. *Annals of Botany* 130: i–viii.
- Senf, C., Pflugmacher, D., Zhiqiang, Y., Sebal, J., Knorn, J., Neumann, M., Hostert, P., Seidl, R. 2018: Canopy mortality has doubled in Europe's temperate forests over the last three decades. *Nature Communications* 9: 4978.
- Sevanto, S., McDowell, N. G., Dickman, L. T., Pangle, R. E., Pockman, W. T. 2014: How do trees die? A test of the hydraulic failure and carbon starvation hypotheses. *Plant, Cell & Environment* 37: 153–161.
- Teskey, R. O. 2015: Transpiration and respiration of trees in a changing environment. *Plant, Cell & Environment* 38: 1699–1712.
- Wang, S., Hoch, G., Grun, G., Kahmen, A. 2024: Water loss after stomatal closure: quantifying leaf minimum conductance and minimal water use in nine temperate European tree species during a severe drought. *Tree Physiology* 44(4): tpae027.

Kontakt

doc. Ing. Daniel Kurjak, PhD.

Ing. Peter Fleischer, PhD.

Mgr. Alena Sliacka Konôpková, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta

T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen

e-mail: kurjak@tuzvo.sk

OPAKOVANÁ MORTALITA PODZIMNÍCH VÝSADEB JEHLIČNATÝCH LESNÍCH DŘEVIN V ČESKÉ REPUBLICE

Jarmila Nárovcová, Jan Leugner

Abstrakt

V rámci finanční podpory koncepčního rozvoje výzkumné organizace a podpory pověření Expertní a poradenská činnost v oboru lesního školkařství, zakládání, obnovy a výchovy lesa, zalesňování, biotechnologií, včetně hodnocení kvality reprodukčního materiálu lesních dřevin a využití demonstračních objektů byla řešena opakovaná mortalita podzimních výsadeb jehličnatých lesních dřevin v ČR. Jehličnaté dřeviny (s výjimkou modřínu opadavého) usychají v průběhu zimního období. Zpětným vyhodnocením klimatických podmínek bylo konstatováno, že k rizikovým faktorům patří podprůměrné hodnoty srážek, nadprůměrné hodnoty teplot a slunečního svitu a absence sněhové pokrývky. Pro pěstební praxi je doporučováno podzimní zalesnění pouze pro listnaté dřeviny a modřín.

Klíčová slova

Česká republika, jehličnaté dřeviny, mortalita, podzimní výsadby

Úvod

Poškození výsadeb jehličnatých dřevin bylo zaznamenáno u podzimních výsadeb z let 2021 a 2024 v měřítku celé České republiky. Podzimní termíny výsadby jsou doporučovány pro listnaté dřeviny a modřín, tedy pro dřeviny, které v podzimním období shazují asimilační orgány. Absence asimilačních orgánů u listnatých dřevin v zimním období zajišťuje ochranu dřevin před ztrátami vody transpirací průduchy asimilačních orgánů.

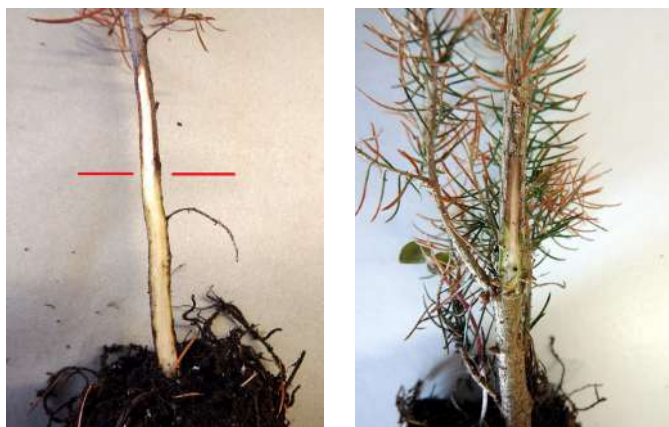
Poškození podzimních výsadeb jehličnatých dřevin

V jarním období let 2022 a 2025, po podzimních výsadbách jehličnatých dřevin, bylo pozorováno zhnědnutí jehličí po celé výšce kmínku (90 % případů), popř. zhnědnutí a opad jehlic z vrcholových částí rostliny, kdy oblast nad kořenovým krčkem poškození nevykazovala (10 % případů). Řezy kmínku zaznamenaly odumření celých rostlin, popř. odumření pouze vrcholových částí rostlin, oblast kolem kořenového krčku i kořeny zůstávaly živé a obnovovaly růst (viditelné nově rostoucí bílé kořeny). Poškození bylo zjištěno u základních druhů jehličnatých dřevin (borovice lesní, smrk ztepilý, douglaska tisolistá, jedle bělokorá), napříč způsoby pěstování (prostokořenné i krytokořenné výpěstky), věkem (semenáčky

i sazenice), napříč výškovými třídami i proveniencí. Sledovány byly také způsoby přípravy půdy, technika výsadby, celková plocha obnovy lesa, termíny výsadby, dostatek půdní vláhy v období podzimních výsadeb, dodavatelé sadebního materiálu, aj. Příklady poškození jehličnatých dřevin uvádí obrazová příloha.



br. 1: Poškození podzimních výsadeb douglasky tisolisté a smrku ztepilého

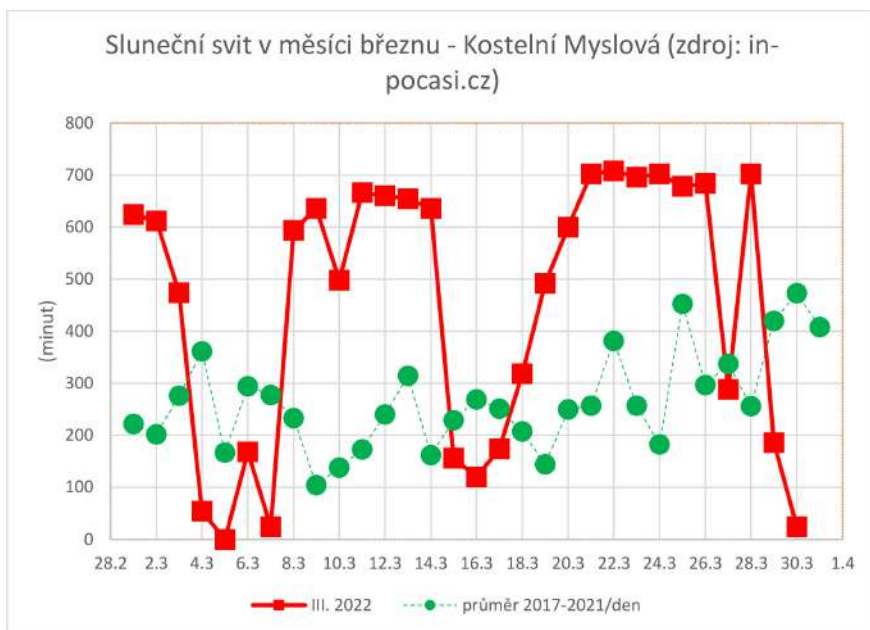


Obr. 2: Řez kmínky douglasky tisolisté a smrku ztepilého s vyznačeným přechodem mezi živými a mrtvými pletiví



Obr. 3: Detail obnovy růstu kořenů (růst kořenových špiček je v zakroužkovaných částech)

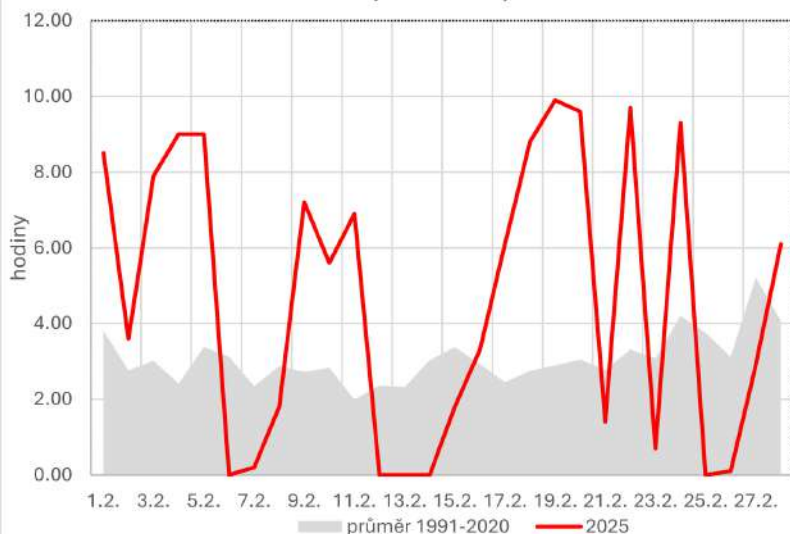
Příčiny tohoto poškození lze spatřovat v průběhu klimatických faktorů. Měsíc březen 2022 (pro výsadby realizované v podzimním období roku 2021), který byl Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ) hodnocen jako teplotně normální a srážkově silně podnormální (40 % normálu 1991-2020). Průměrná délka slunečního svitu byla 221 hodin, což činí 176 % normálu 1991-2020. Příklad uvádí meteostanice Kostelní Myslová (kraj Vysočina) pro konkrétní plochy obnovy lesa. Zde můžeme odečíst délku trvání slunečního svitu v hodinách, a pro březen 2022 je tato hodnota maximální za celou dobu měření (t.j. za více než 80 let). ČHMÚ uvádí pro tuto stanici průměrnou hodnotu délky slunečního svitu pro měsíc březen 129,4 hodin, v březnu roku 2022 byla tato hodnota na doposud maximální hodnotě 225,5 hodiny (t.j. 174 % průměru). Přiložené grafické znázornění přibližuje pro měsíc březen a meteostanici Kostelní Myslová průměrné hodnoty slunečního svitu v posledních 5ti letech (2017-2021) a rok 2022.



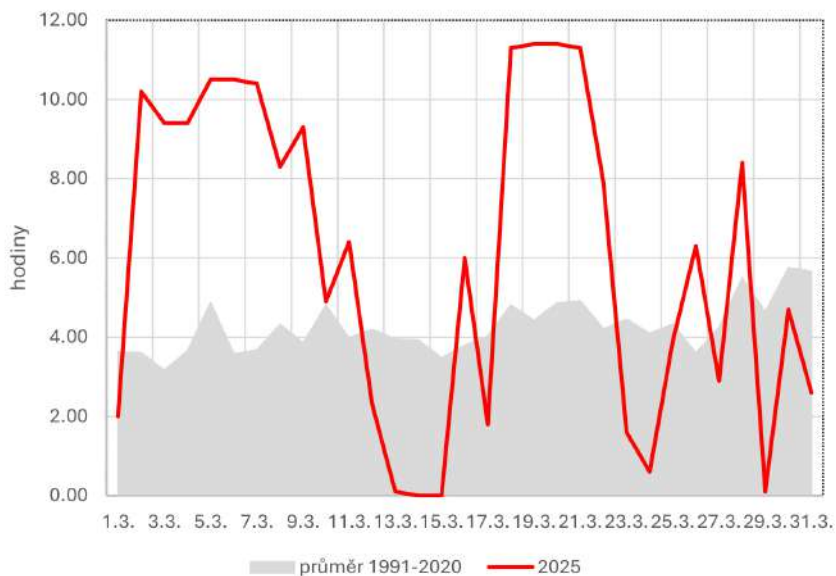
Příčiny poškození podzimních výsadeb roku 2024 lze také spatřovat v průběhu klimatických faktorů zimy 2024/2025, údaje ČHMÚ konstatují období nadprůměrně teplé a na srážky chudé. Doplněny a dopočítány byly pro měsíce únor a březen 2025 hodnoty délky slunečního svitu. Níže uvedená grafická znázornění přibližují hodnoty normálu (1991 – 2020) a únorové a březnové hodnoty délky slunečního svitu (2025) pro stanici Kostelní Myslová.

Délka slunečního svitu v průběhu února 2025 (129 hodin) výrazně převyšuje průměrnou hodnotu (81 hodin) a vyhodnocením dat od roku 1991 je nejvyšší

Sluneční svit - Kostelní Myslová - únor (zdroj: in-pocasi.cz)



Sluneční svit - Kostelní Myslová - březen (zdroj: in-pocasi.cz)



zaznamenanou hodnotou. Délka slunečního svitu v průběhu měsíce března 2025 (186 hodin) také výrazně převyšuje průměrné hodnoty (131 hodin) pro tento měsíc a tuto lokalitu. Maximální hodnoty délky slunečního svitu v měsíci březnu byly zaznamenány i v roce 2022, tedy v období výrazného poškození podzimních výsadeb jehličnatých dřevin.

Závěr

Při vysokých hodnotách délky slunečního svitu v únorových a březnových termínech ohřívá intenzivní sluneční záření nadzemní části vysazených jehličnanů a rostlina reaguje zvýšenou transpirací vody. Úbytek vody v rostlině není nahrazen přísunem vody kořeny (zamrzlá půda, popř. kořeny v tomto předjarním období ještě neraší), snižuje se obsah vody v pletivech rostlin, přičemž obsah vody může být takto snížen až pod životní práh. Dochází k nekontrolovanému smrštění parenchymatických buněk rostlinných pletiv, k nasátí vzduchu a k odumírání buněk provázeném oxidací fenolických látek včetně ligninu. Toto poškození je popisováno při rychlém nástupu jara, kdy teploty vystoupají z bodu mrazu výrazně nad nulu a za jasného počasí. Poškození je označováno jako „fyziologické sucho“, případně „fyziologická sypavka“, „zimní vysychání“ či „patologické vysychání“.

Termín výsadby je jedním ze zásadních faktorů, které ovlivňují úspěšnost umělé obnovy a zalesňování a také růst vysazeného sadebního materiálu. Přestože norma ČSN 48 2116 Umělá obnova a zalesňování umožňuje výsadbu krytkořenného sadebního materiálu během celého roku (mimo období intenzivního přírůstu, na těžších půdách po období intenzivních srážek a v období půdního sucha) zkušenosti z posledních let ukazují na rizikovost podzimního termínu výsadby jehličnatých dřevin i při použití krytkořenných výpěstků.

Rizika plánování a realizací výsadeb jehličnatých dřevin v podzimním období jsou v souvislosti s právě probíhající klimatickou změnou vyšší ve srovnání se situací v předcházejícím období. Opakované epizody poškození podzimních výsadeb jehličnatých dřevin toto potvrzují. Celoplošné poškození realizovaných podzimních výsadeb jehličnatých dřevin můžeme reálně očekávat i v následujících letech, proto je vhodné přehodnotit zažitou praxi při plánování a realizaci podzimních výsadeb jehličnatých dřevin.

Literatura

- ČERMÁK M., MARTINKOVÁ M., NÁROVEC V., 2005: Patologický účinek mrazu a sněhu na smrčiny. Lesnická práce, 84, č. 3, s. 126 - 128.
- LEUGNER J., NOVÁK J., 2022: Rizika podzimní výsadby u jehličnatých dřevin. Lesnická práce, 101, č. 5, s. 292–294.
- MARTINKOVÁ M., ČERMÁK M., GEBAUER R., ŠPINLERIVA Z., 2005: Základy anatomie a fyziologie stromů. In: Péče o dřeviny rostoucí mimo les. 2. díl. J. Kolařík a kol. Vlašim, ČSOP, s. 22-147, ISBN 80-86327-44-2

Dedikace

Přednáška byla zpracována v květnu 2026 v rámci finanční podpory Ministerstva zemědělství ČR na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace (MZE-RO0123).

Kontakt

Ing. Jarmila Nárovcová, Ph.D.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

Výzkumná stanice Opočno

Na Olivě 550, 517 73 Opočno

e-mail: narovcova@vulhmop.cz

MORFOLOGICKÉ PARAMETRY SADEBNÍHO MATERIÁLU DUBU LETNÍHO A ZIMNÍHO A POTENCIÁL JEJICH VYUŽITÍ V PROCESU ADAPTACE NA KLIMATICKÉ ZMĚNY

Jan Leugner, Jarmila Nárovcová

Abstrakt

Dub letní (*Quercus robur* L.) a dub zimní (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) jsou dva důležité druhy pro probíhající přeměně (adaptaci) střeoevropských lesů. V prvotní sérii testů představených v tomto příspěvku jsme testovali, zda se hodnoty standardních morfologických znaků pro sadební materiál se liší mezi různými původy a také mezi dvěma testovanými druhy dubů. Jednoleté krytokořenné semenáčky, pěstované z devíti uznaných zdrojů semen (šest dubů letních a tři zimní), byly vypěstovány v kontejnerech na „vzduchovém polštáři. Morfologické parametry byly měřeny podle ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin. Objem nadzemních částí, silných kořenů (>1 mm) a jemných kořenů (<1 mm) byl kvantifikován pomocí xylometrické metody a následně byl vypočítán poměr objemu kořenů k výhonkům. Rozdíly mezi původy a druhy dubů byly testovány pomocí ANOVA a následně Games-Howellůvým post-hoc testem. Výška semenáčků se významně lišila mezi oběma druhy. Semenáčky dubu zimního byly výrazně menší, kromě jednoho oddílu, který měl výšku srovnatelnou s duby letními. V rámci skupiny dubů letních byly semenáčky z jednotlivých oddílů původu homogennější.

Klíčová slova

adaptace, dub letní a zimní; umělá obnova lesa

Úvod

Jednou z nejvýznamnějších hrozeb spojených s globální klimatickou změnou (GKZ) je bezesporu rozšiřování a zvyšování četnosti suchých období v oblastech, kde se dosud vyskytovala jen zřídka (COOK et al. 2018). V důsledku toho se předpokládá, že areál rozšíření mnoha druhů dřevin se bude posouvat k vyšším zeměpisným šířkám nebo do vyšších nadmořských výšek (BAKKENES et al. 2002). Zvýšení zastoupení dubů v lesních ekosystémech střední Evropy je proto považováno za jednu z klíčových možností adaptace lesních ekosystémů na projevy GKZ (HLÁSNY et al. 2014). S rostoucími teplotami vzduchu a změnami klimatických podmínek se očekává, že se duby budou moci rozšířit i do oblastí,

kde dříve nebyly schopny růst, což otevírá nové příležitosti pro jejich využití v lesním hospodářství. Na druhé straně však může být jejich rozšiřování do vyšších vegetačních stupňů či severnějších oblastí limitováno dalšími ekologickými podmínkami, jako je například výskyt pozdních mrazů nebo nevhodné půdní podmínky (DUCOUSSO, BORDACS 2004). Z tohoto důvodu je nezbytné pečlivě testovat jednotlivé zdroje reprodukčního materiálu z hlediska původu. Klíčové jsou především ekologické parametry, ve kterých rostou mateřské porosty (zdroje osiva).

V minulosti byla v rámci téměř celé Evropy provedena výrazná změna druhového složení lesních porostů ve prospěch jehličnatých dřevin, především smrku ztepilého (*Picea abies* L. Karst.) a borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.). V posledních desetiletích začala ve střední Evropě opačná transformace, a to přechod od jehličnatých monokultur k porostům smíšeným nebo listnatým (NOACK 2011; VRŠKA et al. 2016). Hlavním cílem tohoto procesu je zvýšit adaptační schopnost porostů na očekávané stanovištní a habitatové podmínky v souvislosti s probíhající a předpokládanou změnou klimatu (SELIGER et al. 2023). Řada modelů predikujících rozšíření druhů v podmínkách GKZ naznačuje, že zastoupení borovice lesní a smrku ztepilého ve středoevropských lesích bude v následujících desetiletích klesat (BURAS, MENZEL 2019). Naopak dub zimní a dub letní jsou v mnoha modelech označovány za nejvýznamnější listnaté dřeviny budoucí potenciální přirozené vegetace (LINDNER et al. 2014; SCHELHAAS et al. 2015).

Podpora pěstování dubu zimního a dubu letního se jeví jako vhodná vzhledem k jejich vysoké odolnosti vůči suchu (ÚRADNÍČEK et al. 2009; ČERNÝ et al. 2024) i větrným polomům. Oba druhy dubů umožňují tvorbu smíšených porostů, které jsou za podmínek GKZ stabilnější a produktivnější než monokultury (STECKEL et al. 2020; PRETZSCH et al. 2020; DEL RÍO et al. 2022). V současnosti je realizována také výsadba dubu letního a zimního i mimo areál původního rozšíření (EATON et al. 2016). V podmínkách České republiky je to především posun do vyšších vegetačních stupňů. Zvyšující se zastoupení dubu tak reaguje na klimatické scénáře, které predikují především zvyšování teplot a s tím spojenou vyšší frekvenci suchých period (BURIÁNEK et al. 2013). Pro takové použití je ovšem velmi důležité používat odpovídající původ reprodukčního materiálu, který by měl odpovídat místu použití. Pro významné zvyšování zastoupení obou druhů dubů v lesních porostech střední Evropy je nezbytná umělá obnova, která umožňuje zakládat mladé porosty i tam, kde duby nejsou součástí mateřských porostů. Přestože je přirozená obnova často nejvhodnější, v praxi přibývá situací, kdy vysoké riziko jejího selhání vyžaduje využití umělé obnovy.

Je také důležité zmínit, že areály výskytu dubu zimního a dubu letního se velmi často překrývají a oba druhy se tedy v porostech vyskytují společně. Taxonomická klasifikace obou druhů dubů je však dlouhodobě diskutovaná (GARDINER 1970; BURIÁNEK et al. 2013; ČERNÝ et al. 2024). Dub zimní a dub letní jsou popsány buď jako samostatné druhy, nebo jsou zařazeny pouze do druhu *Q. robur*

a uváděny jako dva poddruhy (např. PRETZSCH et al. 2013). V České republice jsou ovšem, například z hlediska uznaných zdrojů, oba druhy rozděleny, což může často způsobovat problémy při dosahování druhové čistoty osiva v případě, že se v uznaných porostech vyskytují oba druhy. Z těchto důvodů je vhodné nejen podrobněji popsat jednotlivé zdroje, ale také ověřit případnou možnost rozlišovat jednotlivé druhy na základě dalších analýz.

Morfologické znaky sadebního materiálu jsou jedním ze základních parametrů nutných pro úspěšnou umělou obnovu lesa. Optimálním postupem je výběr různých typů sadebního materiálu podle místa výsadby. Obecně se volí vyšší a statnější materiál pro lokality dobře zásobené vodou s vyšším negativním vlivem buřeneš, naopak na suchem ohrožené lokality je vhodnější sadební materiál s příznivějším poměrem kořenů k nadzemním částem (MODRZYNSKI, ERIKSON 2002).

Metodika

Pro hodnocení morfologických parametrů sadebního materiálu dubu letního a dubu zimního různého původu bylo získáno devět oddílů semenného materiálu (6 oddílů dubu letního a 3 oddíly dubu zimního). V tabulce 1 je uvedeno číslo uznané jednotky původu a označení jednotlivých oddílů, které je použito při prezentaci výsledků.

U sadebního materiálu vypěstovaného z různých oddílů (původu) intenzivní technologií v sadbovačích na „vzduchovém polštáři“ (pěstební vzorec fk1+0) byly hodnoceny základní morfologické znaky. Pro pěstování byly použity sadbovače BCC 265 (objem buňky 265 ml) s vyhnojeným komerčním substrátem pro

Tab. 1: Seznam oddílů reprodukčního materiálu dubu letního (DB) a zimního (DBZ) s uvedením původu podle čísla uznané jednotky a označení jednotlivých oddílů.

Dřevina Tree species	Číslo uznané jednotky Recognized unit number	Označení původu Designation of origin
DB	CZ-1-2C-DB-00041-34-2-M	21 DB
DB	CZ-1-2C-DB-00026-9-2-S	8 DB
DB	CZ-1-2C-DB-00010-17-1-S	17 DB
DB	CZ-1-2C-DB-00010-16-4-J	10 DB
DB	CZ-1-2C-DB-00027-9-3-U	11 DB
DB	CZ-1-2C-DB-00014-10-3-C	20 DB
DBZ	CZ-1-2C-DBZ-00021-6-3-P	7 DBZ
DBZ	CZ-1-2C-DBZ-00003-16-5-J	14 DBZ
DBZ	CZ-2-2B-DBZ-00007-10-3-C-G315-1	9 DBZ

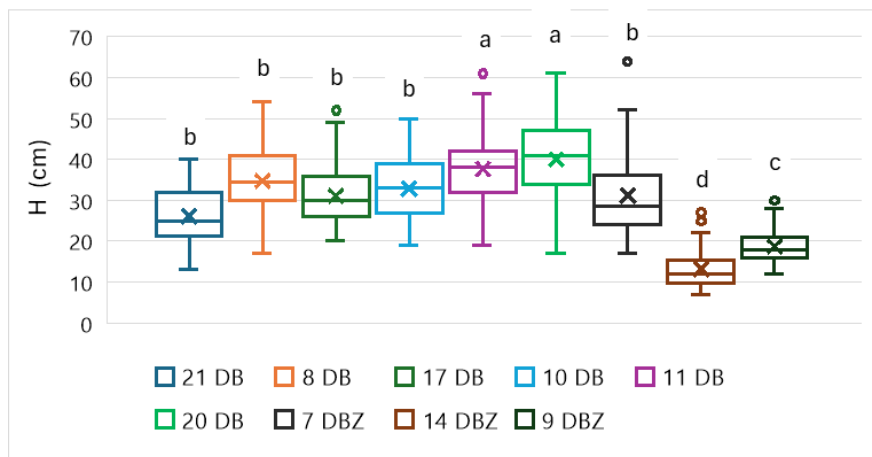
pěstování listnatých dřevin (AGRO CS). Pěstování probíhalo ve fóliovém krytu od dubna do konce vegetačního období. Fólie byla odstraněna postupně během měsíce srpna z důvodu vyzrávání letorostů. V průběhu pěstování byly preventivně aplikovány postřiky proti houbovým patogenům (Previcur).

Pro měření byl z každého oddílu vybrán reprezentativní vzorek podle metodiky odběru akreditované laboratoře „Školkařská kontrola“, podle níž je vzorek sestaven z pěti odběrných míst z každé partie pěstovaného sadebního materiálu. Celkem tak bylo hodnoceno 100 ks semenáčků z každého oddílu (u oddílů 21 DB a 14 DBZ bylo hodnoceno 60, respektive 50 ks z důvodu dopěstování nižšího počtu výsadby schopných semenáčků).

Výsledky

Výsledky hodnocení jednotlivých morfologických znaků (parametrů) sadebního materiálu jednotlivých oddílů původu dubu letního a dubu zimního jsou znázorněny na Obr. 1–4.

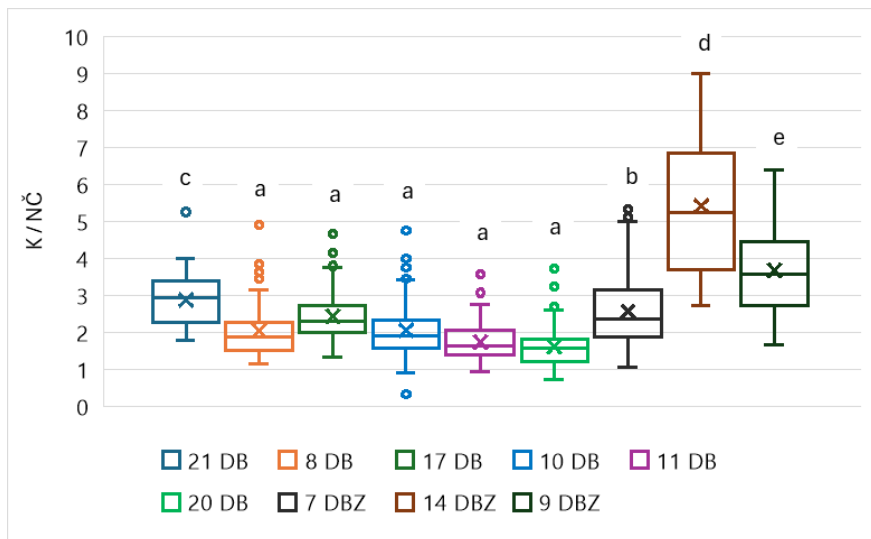
Sledování první série testování bylo zaměřeno především na vyhodnocení rozdílů v růstových parametrech během pěstování v lesní školce u obou druhů dubů.



Obr. 1: Výška nadzemních částí (H) sadebního materiálu jednotlivých oddílů původu dubu letního (DB) a dubu zimního (DBZ). Odlišná písmena znázorňují signifikantní rozdíly ($p < 0,05$).

Při hodnocení celkové výšky jednotlivých oddílů původu dubu letního a dubu zimního byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi výškou sadebního materiálu dubu letního ve srovnání s oddíly dubu zimního. Oddíly 14 DBZ a 9 DBZ se statisticky významně liší od všech ostatních skupin a jsou konzistentně nejnižší. Oddíl 7 DBZ stojí na pomezí. Neliší se významně od 21 DB ($p = 0,058$), ale od nejvyšších skupin (11 DB a 20 DB) už ano. Rozdíl mezi oddílem 21 DB a všemi ostatními oddíly dubu

letního byl také signifikantní, přesto nebyly tyto rozdíly tak výrazné ve srovnání s morfologickými parametry mezi oběma druhy.



Obr. 2: Poměr objemu kořenů (K) k objemu nadzemních částí (NČ) u sadebního materiálu jednotlivých oddílů původu dubu letního (DB) a dubu zimního (DBZ). Odlišná písmena znázorňují signifikantní rozdíly ($p < 0,05$).

Z hodnocení poměru kořenového systému k nadzemní části (Obr. 2) vyplývá, že významně příznivější poměr je dosahován u oddílů dubu zimního. Signifikantně vyšší hodnoty tohoto poměru měly oddíly 14 DBZ, 9 DBZ i 7 DBZ ve srovnání se všemi oddíly dubu letního. Signifikantní rozdíly byly také mezi jednotlivými oddíly dubu zimního; hodnoty u dubu letního byly homogenní (signifikantně odlišný byl pouze oddíl 21 DB). Tento příznivější poměr je dosažen díky menšímu objemu nadzemních částí u oddílů dubu zimního, který vyplývá také z hodnocení parametru celkové výšky (Obr. 1). Z výsledků tohoto hodnocení tak lze doložit souvislost s výškou semenáčků a poměrem kořenů k nadzemní části, kdy vyšší sadební materiál má méně příznivý poměr K/NČ ve srovnání s nižším.

Diskuse a závěr

Umělá obnova je nejdůležitějším způsobem, jak významně měnit druhové složení lesních porostů. V procesu adaptace lesních ekosystémů je změna dřevinné skladby jedním z nejdůležitějších procesů (LINDNER et al. 2014; SCHELHAAS et al. 2015). V podmínkách střední Evropy jsou nejdůležitějšími dřevinami dub letní a dub zimní. Souhrnný přehled adaptačních strategií dubu zimního zdůrazňuje jeho významnou toleranci k suchu, která souvisí zejména s hluboko sahajícím

kořenovým systémem, a jako klíčové adaptační přístupy uvádí zakládání smíšených porostů a úpravu hustoty porostu výchovnými zásahy (ČERNÝ et al. 2024).

Úspěšnost obnovy však nezávisí pouze na volbě dřeviny a pěstební koncepci, ale i na kombinaci kvality sadebního materiálu a stanovištních podmínek, zejména dostupnosti světla a konkurenčních poměrů v obnově. Z hlediska ujmavosti a růstu po výsadbě bylo zjištěno, že semenáčky s větší tloušťkou kořenového krčku dosahují výrazně lepších výsledků ve srovnání se semenáčky s tenčím kořenovým krčkem. Na základě zkušeností a výsledků testování v akreditované laboratoři „Školkařská kontrola“ je také zřejmá korelace mezi tloušťkou kořenového krčku a podzemní biomasou. Proto tloušťka kořenového krčku a poměr podzemní (kořenové) a nadzemní části představují zásadní parametry sadebního materiálu pro úspěšnou obnovu na suchem ohrožených lokalitách. Tento důraz na kořenový systém je v souladu s poznatkem, že duby díky hlubokému kořenovému systému mohou využívat hlubší zásoby vody, což podporuje jejich schopnost vyhýbat se stresu suchem a přispívá k odolnosti porostů v měnících se klimatických podmínkách (STECKEL et al. 2020). VOSPERNIK et al. (2023) navíc uvádějí u rodu *Quercus* anizohydrickou strategii regulace průduchů a obecně dobrou rezistenci i resilienci vůči suchu. U dubu zimního je zároveň uváděna vyšší fyziologická účinnost hospodaření s vodou než u dubu letního (VOSPERNIK et al. 2023). Stejná zjištění jako v našem experimentu uvádějí JOKANOVIČ et al. (2024), kteří zaznamenali výrazně nižší výšku semenáčků dubu zimního ve srovnání s dubem letním při pěstování jednoletých krytokořených semenáčků.

Poměr objemu kořenů k nadzemní části je jedním z nejdůležitějších parametrů z hlediska ujmavosti sadebního materiálu po výsadbě. Vyšší podíl podzemní biomasy (kořenového systému) vytváří dobrý předpoklad pro dostatečný příjem vody a živin po přesazení při umělé obnově lesa. Z výsledků našeho experimentu by bylo možné usuzovat, že podíl jemných kořenů je pravděpodobně z větší části ovlivňován pěstební technologií, případně složením pěstebního substrátu, spíše než genetickými nebo druhovými predispozicemi. V práci podobného zaměření bylo zjištěno, že morfologické znaky semenáčků mohou sloužit jako indikátor genetického potenciálu mateřských stromů (POPOVIČ et al. 2025). Tento indikátor bude i na základě našeho hodnocení ještě dále ověřován v dalších sériích hodnocení.

Pro úspěšnou umělou obnovu je nutný komplexní přístup, který zahrnuje nejen striktní dodržování pravidel přenosu reprodukčního materiálu, ale také využívání sadebního materiálu s vhodnými morfologickými parametry ve vazbě na stanovištní podmínky lokalit, kde bude použit. Optimální morfologické parametry sadebního materiálu jsou klíčovým předpokladem ujmavosti a následného odrůstání po výsadbě. V rámci hodnocení první série našeho experimentu byly zjištěny významné rozdíly v některých hodnocených znacích mezi dubem letním a dubem zimním, ale také v rámci jednotlivých oddílů původu reprodukčního materiálu. Nejvýznamnější rozdíly byly zjištěny ve výšce nadzemních částí, přičemž tento parametr je velmi důležitý při volbě sadebního materiálu pro

konkrétní podmínky stanoviště pro výsadbu (vyšší sadební materiál je výhodnější pro zabuřené lokality s relativním dostatkem vody). Naopak sadební materiál s vyšším poměrem kořenů k nadzemní části je vhodný pro výsadbu do lokalit ohrožených vysycháním. Výsledky experimentu tak naznačují, že morfologické znaky semenáčků dubu letního i dubu zimního jsou velmi variabilní. Tyto rozdíly je důležité vyhodnotit při výběru sadebního materiálu k výsadbě pro různé typy stanovištních podmínek. Vliv na morfologické znaky má samozřejmě mnoho faktorů (kvalita semenné suroviny, způsob pěstování a podobně). V kontextu prezentované první série výsledků to znamená, že je vhodné volbu typu sadebního materiálu vztáhnout k předpokládaným světelným a konkurenčním poměrům na obnovované ploše, aby byly růstové předpoklady sadebního materiálu v souladu se zvoleným způsobem obnovy. Identifikované rozdíly jsou z výzkumného hlediska relevantní, nicméně vzhledem k předběžné povaze dat je nutné jejich robustnost ověřit v navazujících studiích, které budou realizovány v dalších letech.

Dedikace

Príspevek vznikl díky podpoře výzkumného projektu NAZV QK24020127 „Kontrola shodnosti a ověřování původu reprodukčního materiálu lesních dřevin pomocí DNA analýz“ a institucionální podpoře na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZE-RO0123.

Literatura

- BAKKENES M., ALKEMADE J. R. M., IHLE F., LEEMANS R., LATOUR J. B. 2002: Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. *Global Change Biology*, 8: 390–407.
- BURAS A., MENZEL A. 2019: Projecting tree species composition changes of European forests for 2061–2090 under RCP4.5 and RCP8.5 scenarios. *Frontiers in Plant Science*, 9: 1986.
- BURIÁNEK V., BENEDÍKOVÁ M., FRÝDL J., NOVOTNÝ P. 2013: Metodická příručka určování domácích druhů dubů. *Strnady, Lesnický průvodce*, 8/2013, 40 s.
- COOK B. I., MANKIN J. S., ANCHUKAITIS K. J. 2018: Climate change and drought: from past to future. *Current Climate Change Reports*, 4: 164–179.
- ČERNÝ J., ŠPULÁK O., KOMÁNEK M., ŽIŽKOVÁ E., SÝKORA P. 2024: Sessile oak (*Quercus petraea* (Mill.) Liebl.) and its adaptation strategies in the context of global climate change: a review. *Central European Forestry Journal*, 70: 77–94.
- DEL RÍO M., PRETZSCH H., RUIZ-PEINADO R., JACTEL H., COLL L., LÖF M., ALDEA J., AMMER C., AVDAGIĆ A., BARBEITO I., BIELAK K., BRAVO F., BRAZAITIS G., ČERNÝ J., COLLET C., CONDÉS S., DRÖSSLER L., FABRIKA M., HEYM M., HOLM S. - O., HYLEN G., JANSONS A., KURYLYAK V., LOMBARDI F., MATOVIČ B., METSLAID M., MOTTA R., NORD-LARSEN T., NOTHDURFT A., DEN OUDEN J., PACH M., PARDOS M., POEYEDBAT CH., PONETTE Q., PÉROT T., REVENTLOW D. O. J., SITKO R., ŠRÁMEK V., STECKEL M., SVOBODA M., VERHEYEN K., VOSPERNIK S., WOLFF B., ZLATANOV T.,

- BRAVO-OVIEDO A. 2022: Emerging stability of forest productivity by mixing two species buffers temperature destabilizing effect. *Journal of Applied Ecology*, 59: 2730–2741.
- DUCOUSSO A., BORDÁCS S. 2004: EUFORGEN: Technical guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur* and *Quercus petraea*). Řím, International Plant Genetic Resource Institute, 6 s.
- EATON E., CAUDULLO G., OLIVEIRA S., DE RIGO D. 2016: *Quercus robur* and *Quercus petraea* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: SAN-MIGUEL-AYANZ J., DE RIGO D., CAUDULLO G., HOUSTON DURRANT T., MAURI A. (eds.): *European Atlas of Forest Tree Species*. Publication Office EU, Luxembourg, pp. 160–163.
- GARDINER A.S. 1970: Pedunculate and sessile oak (*Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.): A review of the hybrid controversy. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 43: 151–160.
- HLÁSNY T., MÁTYÁS C., SEIDL R., KULLA L., MERGANIČOVÁ K., TROMBIK J., DOBOR L., BARCZA Z., KONÔPKA B. 2014: Climate change increases the drought risk in Central European forests: What are the options for adaptation? *Central European Forestry Journal*, 60: 5–18.
- JOKANOVIĆ D., NIKOLIĆ JOKANOVIĆ V., ŽIVANOVIĆ K., ILIĆ M., ANTANASIJEVIĆ N., JOVANOVIĆ F. 2024: Variability of morpho-anatomical traits of one-year-old *Quercus* sp. container seedlings. *Reforesta* 18:22-33
- LINDNER M., FITZGERALD J. B., ZIMMERMANN N. E., REYER CH., DELZON S., VAN DER MAATEN E., SCHELHAAS M. - J., LASCH P., EGGERS J., VAN DER MAATEN-THEUNISSEN M., SUCKOW F., PSOMAS A., POULTER B., HANEWINKEL M. 2014: Climate change and European forests: what do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *Journal of Environmental Management*, 146: 69–83.
- MODRZYNSKI, J., ERIKSON, G. 2002: Response of *Picea abies* populations from elevational transects in the Polish Sudety and Carpathian mountains to simulated drought stress. *Forest Ecology and Management*, 165: 105 - 116.
- NOACK M. 2011: Growth and nutrition of *Quercus petraea* underplanted in artificial pine stands under conversion in the northeast German Lowlands. *Forest Systems*, 20: 423–436.
- POPOVIĆ V., LAZIĆ S., LUČIĆ A., RAKONJAC L., DANIČIĆ V., IVANOVIĆ B., PETROVIĆ A. 2025: Morphological assessment of plus trees progeny as a basis for establishing a sessile oak seed orchard. *Reforesta* 21:41-53.
- PRETZSCH H., SCHÜTZE G., UHL E. 2013: Resistance of European tree species to drought stress in mixed versus pure forests: evidence of stress release by inter-specific facilitation. *Plant Biology*, 15: 483–495.
- PRETZSCH H., STECKEL M., HEYM M., BIBER P., AMMER C., EHBRECHT M., BIELAK K., BRAVO F., ORDÓÑEZ C., COLLET C., VAST F., DROESSLER L., BRAZAITIS G., JANSON S., COLL L., LÖF M., ALDEA J., KORBOULEWSKY N., REVENTLOW D. O. J., NOTHDURFT A., ENGEL M., PACH M., SKRZYSZEWSKI

- J., PARDOS M., PONNETE Q., SITKO R., FABRIKA M., SVOBODA M., ČERNÝ J., WOLFF A., RUIZ-PEINADO R., DEL RÍO M. 2020: Stand growth and structure of monospecific and mixed-species stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Q. robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) analysed along a productivity gradient through Europe. *European Journal of Forest Research*, 139: 349–367.
- SELIGER A., AMMER C., KREFT H., ZERBE S. 2023: Diversification of coniferous monocultures in the last 30 years and implications for forest restoration: a case study from temperate lower montane forests in Central Europe. *European Journal of Forest Research*, 142: 1353–1368.
- SCHELHAAS M. - J., NABUURS G.-J., HENGVELD G., REYER CH., HANEWINKEL M., ZIMMERMANN N. E., CULLMANN D. 2015: Alternative forest management strategies to account for climate change – induced productivity and species suitability changes in Europe. *Regional Environmental Change*, 15: 1581–1594.
- STECKEL M., DEL RÍO M., HEYM M., ALDEA J., BIELAK K., BRAZAITIS G., ČERNÝ J., COLL L., COLLET C., EHBRECHT M., JANSON A., NOTHDURFT A., PACH M., PARDOS M., PONETTE Q., REVENTLOW D. O. J., SITKO R., SVOBODA M., VALLET P., WOLFF B., PRETZSCH H. 2020: Species mixing reduces drought susceptibility of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) – site water supply and fertility modify the mixing effect. *Forest and Ecology Management*, 461: 117908.
- ÚRADNÍČEK L., MADĚRA P., TICHÁ S., KOBLÍŽEK J. 2009: Dřeviny České republiky. 2. přepracované vydání. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 367 s., ISBN: 978-80-87154-62-5.
- VOSPERNIK S., HEYM M., PRETZSCH H., PACH M., STECKEL M., ALDEA J., BRAZAITIS G., BRAVO-OVIEDO A., DEL RÍO M., LÖF M., PARDOS M., BIELAK K., BRAVO F., COLL L., ČERNÝ J., DRÖSSLER L., EHBRECHT M., JANSON A., KORBOULEWSKY N., JOURDAN M., NORD-LARSEN T., NOTHDURFT A., RUIZ-VRŠKA T., PAVLICOVÁ P., JANÍK D., ADAM D. 2016: Twenty years of conversion: from Scots pine plantations to oak-dominated multifunctional forests. *iForest–Biogeosciences and Forestry*, 10: 75–82.

Kontakt

Ing. Jan Leugner, Ph.D.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.,

Výzkumná stanice Opočno.

Na Olivě 550, 517 73 Opočno,

leugner@vulhmop.cz, 602783429

JAK VYCHOVÁVAT ŠKOLKAŘE PRO PRAXI? NOVÝ STUDIJNÍ PROGRAM MENDELU

Kateřina Houšková, Radek Pokorný, Oldřich Mauer

Abstrakt

Na Lesnické a dřevařské fakultě Mendelovy univerzity v Brně byl nově otevřen dvouletý profesně zaměřený magisterský studijní program „Školkařství a šlechtění dřevin“. Program reaguje na rostoucí potřebu odborníků pro oblast produkce sadebního materiálu a obnovy lesa zejména nyní, v době rychlých změn v přírodě i na trhu se sadebním materiálem. Studium propojuje biologické, technologické, ekonomické i provozní aspekty moderního školkařství a je výrazně orientováno na praktickou výuku. Studenti získávají zkušenosti přímo ve školkařských provozech v České republice i zahraničí a seznamují se s moderními technologiemi produkce sadebního materiálu lesních, okrasných i ovocných dřevin. Významnou součástí studia je 66 dnů odborné praxe a zapojení odborníků z praxe do výuky. Velmi pozitivní je mimořádný zájem zaměstnavatelů o první absolventy programu, kteří již během studia získali několik pracovních nabídek. Program tak potvrzuje význam školkařství jako perspektivního a klíčového oboru pro budoucnost lesnictví a obnovu krajiny.

Klíčová slova

Mendelova univerzita v Brně, odborná praxe, sadební materiál, školkařství, šlechtění dřevin, vysokoškolské vzdělávání

Úvod

K největším úkolům současného evropského i světového lesnictví patří obnova lesa, zakládání nové dřevinné vegetace a adaptace krajiny na probíhající změny, nejen klimatické. Úspěšnost těchto procesů je přitom zásadně podmíněna dostupností kvalitního reprodukčního materiálu a odborně vedených školkařských provozů. Bez kvalitního sadebního materiálu nelze dlouhodobě zajistit stabilní, odolné a funkční lesní ani mimolesní ekosystémy.

Význam školkařství však v posledních desetiletích často zůstával poněkud v pozadí zájmu odborné veřejnosti, přestože právě školkař představuje první a zcela klíčový článek celého procesu obnovy lesa i krajiny. Moderní školkařství dnes vyžaduje rozsáhlé znalosti z oblasti biologie, ekofyziologie, genetiky, ochrany rostlin, mechanizace, ekonomiky i legislativy. Současně jde o obor, který musí velmi rychle reagovat zejména na změny v poptávce, ale také na měnící se podmínky prostředí, nové patogeny, extrémní klimatické jevy i rostoucí požadavky na kvalitu sadebního materiálu.

Právě z těchto důvodů byl na Lesnické a dřevařské fakultě Mendel University in Brno otevřen nový dvouletý profesně zaměřený magisterský studijní program „Školkařství a šlechtění dřevin“. Program vznikl ve velmi úzké spolupráci s odbornou praxí a reaguje na dlouhodobou poptávku školkařských provozů po vysoce kvalifikovaných odbornících schopných řídit moderní provozy a současně rozumět biologickým principům produkce sadebního materiálu.

Cílem studia je vychovat specialisty orientované v problematice produkce sadebního materiálu lesních, okrasných i ovocných dřevin, schopné systémově vnímat problematiku obnovy lesa a krajiny v měnících se podmínkách prostředí. Absolventi získávají znalosti o reprodukčních zdrojích dřevin, ekofyziologii juvenilních rostlin, generativních i vegetativních metodách množení a moderních technologiích produkce sadebního materiálu.

Velký důraz je kladen na praktické využití poznatků. Studenti se seznamují s moderními technologiemi školkařské produkce, mechanizací a automatizací provozů, využitím substrátů, výživou rostlin, diagnostikou chorob a monitoringem patogenů. Součástí studia jsou také témata logistiky, administrativy, ekonomiky provozu a legislativy včetně problematiky reprodukčního materiálu lesních dřevin.

Do výuky jsou pravidelně zapojováni odborníci ze školkařské praxe, státní správy, výzkumných organizací i zahraničních institucí. Studenti mají možnost konfrontovat teoretické znalosti s každodenní realitou provozu a získávat kontakty přímo v oboru již během studia.

Zcela zásadní součástí programu je rozsáhlá odborná praxe. Každý student absolvuje minimálně 66 dnů praktické výuky. Součástí jsou dlouhodobé praxe ve vybraných školkařských provozech, průběžná práce během vegetační sezóny i odborná hlavní cvičení realizovaná formou exkurzí a praktických ukázek. Studenti se seznamují s provozy produkujícími lesní, okrasný i ovocný sadební materiál, se semenářskými provozy i se specializovanými technologiemi produkce.

Výuka probíhá nejen v České republice, ale i v zahraničí. Studenti navštěvují například školkařské i jiné provozy na Slovensku (školka Trstice a Výzkumná stanice Gabčíkovo), v Rakousku (školka LIECO v Kalwangu) a Polsku (školky Nedza, Królówka, banka lesních genů Kostrzyca), kde se seznamují s technologiemi produkce sadebního materiálu pro specifické podmínky, s problematikou mykorhizace dřevin, obnovy degradovaných stanovišť či vysokohorského zalesňování, zachování lesních genetických zdrojů a šlechtění dřevin.

Praktická výuka je realizována také v nově renovovaných a nově budovaných laboratořích a výzkumných školkách Mendelovy univerzity v Brně, které studentům umožňují osvojit si moderní výzkumné i provozní postupy.

Studijní program je určen absolventům biologických, lesnických, zahradnických a agronomických bakalářských oborů. Absolventi nacházejí uplatnění ve školkařských provozech, arboristických a zahradnických firmách, obchodních společnostech zabývajících se reprodukčním materiálem, ve státní správě, výzkumu i v mezinárodních organizacích zaměřených na obnovu krajiny a zalesňování.

Velmi pozitivním signálem je zájem zaměstnavatelů již o první absolventy

programu. Studenti obdrželi pracovní nabídky ještě v průběhu studia, často přímo od provozů nebo výzkumných ústavů. Potvrzuje se tak, že školkařství představuje perspektivní a odborně velmi významný obor, který bude mít v budoucnosti pro obnovu lesa a krajiny zcela zásadní význam.

Studijní program současně ukazuje, že kvalitní vzdělávání v oblasti školkařství nelze realizovat bez úzké spolupráce univerzit, výzkumu, státní správy, a především samotných školkařských provozů. Velké poděkování proto patří všem partnerům z praxe, kteří se aktivně podílejí na výuce, odborných praxích, exkurzích i odborném vedení studentů.

Garantem studia je doc. Ing. Radek Pokorný, Ph.D.; bližší informace o studiu najdete na webových stránkách Lesnické a dřevařské fakulty Mendelu v Brně (ldf.mendelu.cz).

Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci projektu Inovativní MENDELU (InMENDELU) Národního plánu obnovy Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy č. NPO_MENDELU_MSMT-16599/2022.

Velmi děkujeme všem školkařským provozům, institucím a společnostem v České republice, které se podílely na výuce prvních studentů studijního programu, umožnily odborné exkurze, praxe nebo poskytly odborné přednášky a konzultace. Jmenovitě děkujeme:

- Lesním školkám Burda
- Lesní školce Udánky (UNILES, a.s.)
- Lesním školkám LESOŠKOLKY s.r.o.
- Lesní školce LESCUS Cetkovice, s.r.o.
- Školce okrasných rostlin – Martin Joska
- Lesní školce Lesního společenství obcí s.r.o. (Bystrice nad Pernštejnem)
- Lesním školkám pod Babím lomem (Lesy města Brna, a.s.)
- Dykovým školkám ŠLP Masarykův lesa Křtiny Mendelova univerzita v Brně
- Lesním školkám Vojenských lesů a statků ČR, s.p.
- Velkoškolce Kladíkov (Kloboucká lesní s.r.o.)
- Lesní školce ATRO Rýmařov s.r.o.
- Školkám Montano
- Ovocnářské a okrasné školce Jan Holub s.r.o.
- Ovocné školce Litenčice, spol. s r.o.
- Okrasným školkám Radek Horák (HROS s.r.o.)
- Okrasným a lesním školkám České zemědělské univerzity v Praze
- Lesní školce Voztezy (Městské lesy Dačice s.r.o.)
- Lesním školkám PEXIDR s.r.o.
- Školkařská společnost Arboeko s.r.o.
- Semenářskému závodu Týniště nad Orlicí (Lesy České republiky, s.p.)
- Semenářskému provozu Mgr. Martina Foltánka

- Výzkumné stanici Kunovice (VÚLHM, v.v.i.)
- Výzkumné stanici Opočno (VÚLHM, v.v.i.)
- Czechglobe (Ústav výzkumu globální změny klimatu, AV ČR, v.v.i.)

Velmi děkujeme také Ministerstvu zemědělství ČR, zejména Ing. Smejkalovi a Ing. Knorové, za přednášky zaměřené na legislativu a dotační problematiku ve školkařství, společnosti Gramoflor (Ing. Slezáček, MSc.) za odborné přednášky o substrátech využívaných ve školkařství, společnosti HA-SOFT, s. r. o. za přednášku o evidenci lesních školek a Mgr. Budíkovi za praktické ukázky výstupu do korun stromů.

Velké poděkování patří rovněž Sdružení lesních školkařů ČR, z. s., Svazu školkařů České republiky, z. s., Ovocnářské unii České republiky, z. s. za možnost účastnit se seminářů, exkurzí a za představení činnosti spolků, a dále České společnosti rostlinolékařské, z. s. – pobočce Brno, která studentům pomohla získat osvědčení II. stupně pro nakládání s přípravky na ochranu rostlin.

Velmi si vážíme také spolupráce zahraničních školkařských provozů a všech dalších odborníků z praxe, kteří nabídli možnost exkurzí, odborných praxí či budoucí spolupráce a které jsme dosud nestačili oslovit nebo zapojit do výuky.

Kontakt

Ing. Kateřina Houšková, Ph.D.
 doc. Ing. Radek Pokorný, Ph.D.
 prof. Ing. Oldřich Mauer, DrSc.
 Mendelova univerzita v Brně
 Lesnická a dřevařská fakulta
 Ústav zakládání a pěstění lesů
 Zemědělská 3, 613 00 Brno
 email: katerina.houskova@mendelu.cz,
 radek.pokorny@mendelu.cz,
 omauer@mendelu.cz

Obrazová příloha příspěvku z vybraných exkurzí školkařů:



Obr. 1: Studenti „Školkařství a šlechtění dřevin“ spolu s dalšími 2 obory Lesnické a dřevařské fakulty a Zahradnické fakulty v lesní školce Królówka (nahore) a Nedza (dole) v Polsku (květen 2026)



Obr. 2: Studenti Školkařství a šlechtění dřevin v lesní školce Pavla Burdy v ČR (nahore, květen 2026), Trstice (dole vlevo) a ve Výzkumné stanici Gabčíkovo (dole vpravo) na Slovensku (duben 2026)



Obr. 3: Studenti školkařství Lesnické a dřevařské fakulty a Zahradnické fakulty v lesní školce Pavla Burdy v ČR (nahore, květen 2026), Trstice (dole vlevo) a ve Výzkumné stanici Gabčíkovo (dole vpravo) na Slovensku (duben 2026)



Obr. 4: Studenti „Školkařství a šlechtění dřevin“ spolu se studenty „Lesního inženýrství“ v lesní školce LESCUS Cetkovice (květen 2026)



Obr. 5: Studenti „Školkařství a šlechtění dřevin“ v lesní školce LIECO Rakousko (květen 2026)

VÝVOJ SPOTREBY AUTORIZOVANÝCH PRÍPRAVKOV NA OCHRANU RASTLÍN A POMOCNÝCH PRÍPRAVKOV NA SLOVENSKU ZA ROKY 1993 AŽ 2025

Andrej Kunca

Abstrakt

Používanie prípravkov na ochranu rastlín a pomocných prípravkov je regulované európskymi a národnými právnymi predpismi. Dodržiavaním týchto predpisov sa má predísť poškodeniu zdravia ľudí a poškodeniu životného prostredia. Ich používaním pri dodržaní predpisov sa má prispieť k zvýšeniu kvality a kvantity produkcie lesa. Zladiť oprávnené používanie za účelom zabezpečenia plnenia funkcií lesov a minimalizovania ich negatívneho pôsobenia je náročné. Aj preto Národné lesnícke centrum zabezpečuje vzdelávanie všetkých tých, ktorí prichádzajú do styku s prípravkami na ochranu rastlín, a absolventi tohto vzdelávania po úspešnom zvládnutí testov získavajú „odbornú spôsobilosť na prácu s prípravkami na ochranu rastlín“.

Kľúčové slová

evidencia prípravkov, ochrana lesa, podkôrnym hmyz, pomocné prípravky, prípravky na ochranu rastlín, škodcovia lesa

Úvod

Používanie prípravkov na ochranu rastlín na Slovensku je upravené právnymi predpismi Európskej únie (napr. Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady č. 1107/2009, Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2009/128/ES) a na ne nadväzujú národné právne predpisy napr. zákon č. 405/2011 Z. z. o rastlinolekárskej starostlivosti a k nemu vydané vyhlášky. Tieto predpisy upravujú autorizáciu prípravkov na ochranu rastlín, evidenciu spotreby a kontrolu týchto pravidiel. Vývoj spotreby prípravkov na ochranu rastlín v lesoch v zmysle platných právnych predpisov pre profesionálne použitie prináša tento príspevok.

Ktoré prípravky je možné používať na Slovensku?

Na Slovensko je možné dovážať len prípravky, ktoré sú autorizované alebo povolené.

a) Autorizované prípravky

Rozhodnutie o autorizácii vydáva Ústredný, kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky (ďalej ÚKSÚP) a to žiadateľovi, ktorý sa týmto stáva držiteľom autorizácie. Autorizačné rozhodnutie ÚKSÚP vydáva:

- Po vyhodnotení laboratórnych a terénnych experimentov, ktoré trvajú zvyčajne 2 roky. Súčasťou záverečného rozhodnutia je aj schválenie Etikety prípravku v slovenskom jazyku, z ktorej sa vytvára nálepka na obal prípravku. Tieto experimenty a hodnotenia realizuje 6 inštitúcií:
 1. Úrad verejného zdravotníctva, ktorý vykonáva hodnotenie vplyvu účinnej látky a prípravku na zdravie ľudí prostredníctvom konzumovaných potravín – MRL (maximálne reziduálne limity).
 2. Slovenský hydrometeorologický ústav, vykonáva hodnotenie vplyvu účinnej látky a prípravku na povrchovú vodu a vzduch.
 3. Výskumný ústav vodného hospodárstva vykonáva hodnotenie analytických metód na stanovenie reziduí pesticídov v podzemnej vode, hodnotenie vplyvu účinnej látky a prípravku na podzemnú vodu a pôdu a hodnotenie vplyvu na postupy čistenia alebo úpravy vody.
 4. Národné referenčné laboratórium Univerzity veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach vykonáva hodnotenie vplyvu účinnej látky a prípravku na:
 - vtáky (Vt)
 - vodné organizmy (Vo)
 - suchozemské stavovce (Z)
 - dážďovky, necieľové pôdne organizmy a mikroorganizmy (V)
 - na iné necieľové organizmy (flóru a faunu) a
 - na biologické metódy čistenia odpadových vôd
 5. Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav živočíšnej výroby – Ústav včelárstva v Liptovskom Hrádku vykonáva hodnotenie vplyvu účinnej látky a prípravku na včely (VČ) a iné necieľové článkonožce
 6. Lesnícka ochranná služba, Sekcia pre vedu a výskum, Národné lesnícke centrum overuje biologickú účinnosť prípravkov
- „Vzájomným uznávaním“ – uznávajú sa výsledky experimentov realizovaných v zahraničí. Tieto výsledky musia byť získané uznanými metodikami (napr. EPPO metodiky, atď.) a získané hodnoty musia byť v limitoch platných pre autorizáciu podľa prechádzajúceho bodu (i). Následne ÚKSÚP schváli Etiketu k takémuto prípravku, ktorá musí byť v slovenskom jazyku.
- Pre „paralelný dovoz“ – čo je autorizácia pre dovážaný prípravok, ktorý je však rovnaký ako ten, ktorý na Slovensku už má platnú autorizáciu. Avšak pôvodný objem prípravku, ktorý mal vydanú Etiketu v slovenskom jazyku sa napr. z nejakého dôvodu minul, a dovážaný prípravok, ktorý bol pôvodne adresovaný a umiestnený napr. na český trh a má teda českú etiketu, musí byť pred dovezením na Slovensko overený a následne musí byť k danému objemu ÚKSÚP-om schválená etiketa v slovenskom jazyku. Čiže, aj keď ide

o ten istý prípravok, etiketa musí byť v slovenčine a tú schvaľuje ÚKSÚP.

b) Povolené prípravky

Povolené prípravky sú tie prípravky, ktoré sa dostávajú na trh „výnimkou“ z autorizácie ÚKSÚP-u. Túto výnimku udeľuje Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR na dobu určitú napr. na 120 dní. Výnimku môžu získať prípravky, ktoré na slovenskom trhu ešte autorizované neboli, ale aj prípravky, ktoré na Slovensku autorizované sú, ale touto výnimkou sa rozširuje hostiteľské spektrum rastlín alebo spektrum škodcov. Napr. prípravok je autorizovaný na kukuricu proti kukuričiarovi koreňovému, výnimkou sa rozšíri aj na smrek proti lykokazovi sadenicovému, ktorý sa náhle premnožil na Horehroní po náhlom vypílení smrekov a vytvorení vhodného substrátu pre jeho premnoženie. Takéto podmienky sa vytvoria raz za 50 rokov, nikto to autorizovať nebude proti takémuto zriedkavému premnoženiu škodcu a tak výnimkou je možné zabezpečiť prostriedky na ochranu novozaložených lesov.

Priebežná a súhrnná spotreba POR a pomocných prípravkov

Evidencia autorizovaných POR sa vedie v zmysle vyhlášky č. 491/2011 Z. z., evidencia pomocných prípravkov sa vedie v zmysle vyhlášky č. 477/2013 Z. z.. Tieto evidencie sa vedú priebežne a súhrnne.

Priebežná evidencia sa v zmysle Vykonávacieho nariadenia Komisie (EK) 2023/564 od 1. 1. 2026 už vedie elektronicky. Priebežná evidencia aj POR aj pomocných prípravkov má predpísaný vzor tabuľky a zapisujú sa do nej údaje do 30 dní od ich aplikácie v poraste. Priebežná evidencia ostáva len u obhospodarovateľa lesa, neposiela sa ani na LOS Banská Štiavnica a ani na ÚKSÚP. Obhospodarovateľ ju uchováva v počítači pre prípadnú kontrolu po dobu 3 rokov.

Súhrnná spotreba má svoj vzor tabuľky pre POR ako aj pre pomocné prípravky. Táto súhrnná evidencia sa zasiela do 15. 2. za predchádzajúci rok na LOS Banská Štiavnica, Lesnícka 11, 969 01, alebo sa vyplnía elektronická evidencia v internetovej tabuľke a potom už nie je potrebné zasielať papierovú formu (<https://www.e-los.sk/Pripravky/Pesticidy/Navod>). Táto elektronická evidencia jedným formulárom vyplní tabuľky aj pre POR aj pre pomocné prípravky.

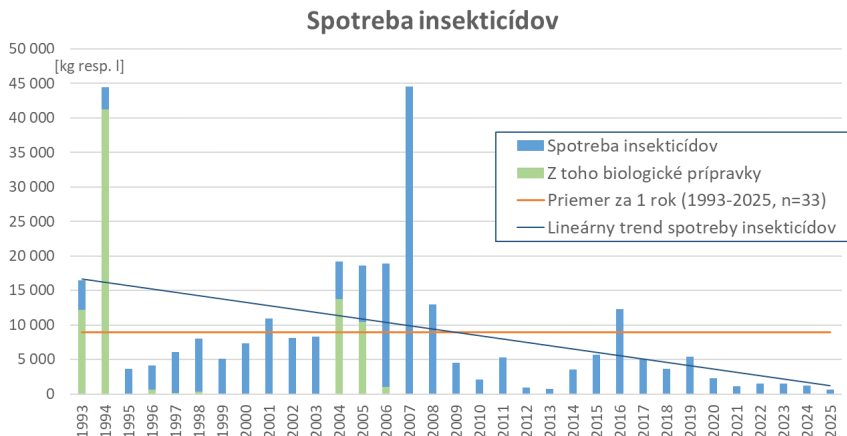
Vývoj spotreby POR a pomocných prípravkov

Na spotrebu autorizovaných alebo povolených prípravkov na ochranu rastlín a pomocných prípravkov vplýva viacero faktorov:

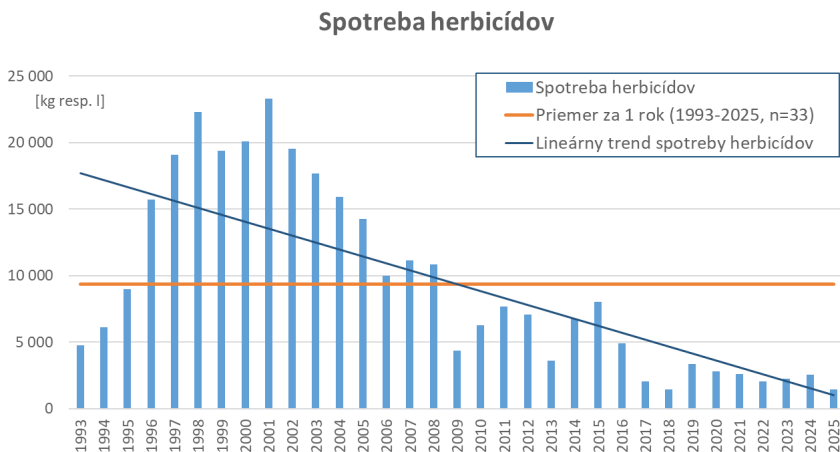
- Územná ochrana prírody: Je zakázané aplikovať prípravky v 4. a 5. st. ochrany prírody (ďalej OP). So súhlasom štátnej správy je možné aplikovať prípravky v 3. st. OP. V 2. st. OP je dovoľená ich aplikácia bez súhlasu štátnej správy do výmery 2 ha, na väčšej výmere je potrebný súhlas štátnej správy. Na aplikáciu v 1. st. OP nie je potrebný súhlas štátnej správy, musí však byť v súlade s právnymi predpismi.
- V územiach NATURA2000 sa nesmú použiť prípravky, ktoré prekračujú vyhláškou č. 488/2011 Z. z. vymedzenú mieru nebezpečnosti alebo rizika.
- Chránené vodohospodárske oblasti (zákon 305/2018 Z. z.) sú územia,

ktoré sú zdrojom akumulácie povrchovej alebo podzemnej vody, ktorá je nakoniec využívaná ako pitná voda. V týchto územiach (je ich 10) sú niektoré účinné látky a prípravky zakázané (Vestník MPRV SR č. 2/2025).

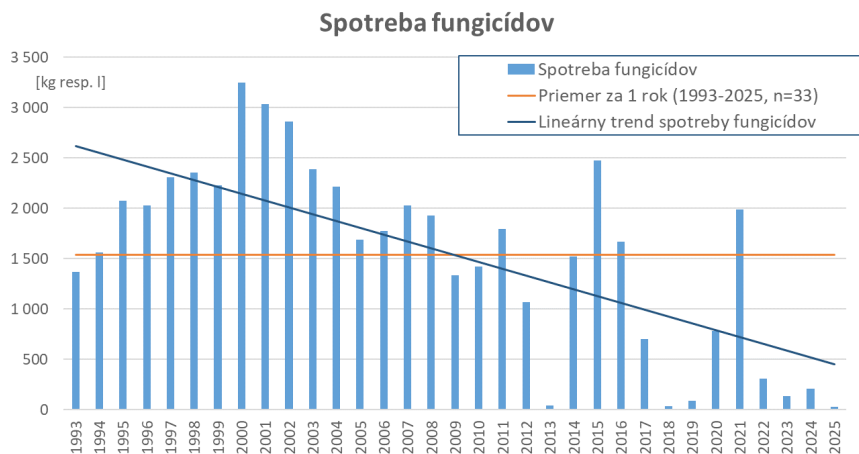
- Certifikácia nie je súčasťou právneho systému, ide o dobrovoľné uplatňovanie pravidiel certifikačných schém. Zatiaľ čo PEFC vyžaduje uplatňovanie „len“ zákonom stanovených pravidiel, FSC vyžaduje nad rámec zákona na používanie niektorých účinných látok, napr. glyfosát, cypermethrine, atď. dôsledné odôvodnenie.



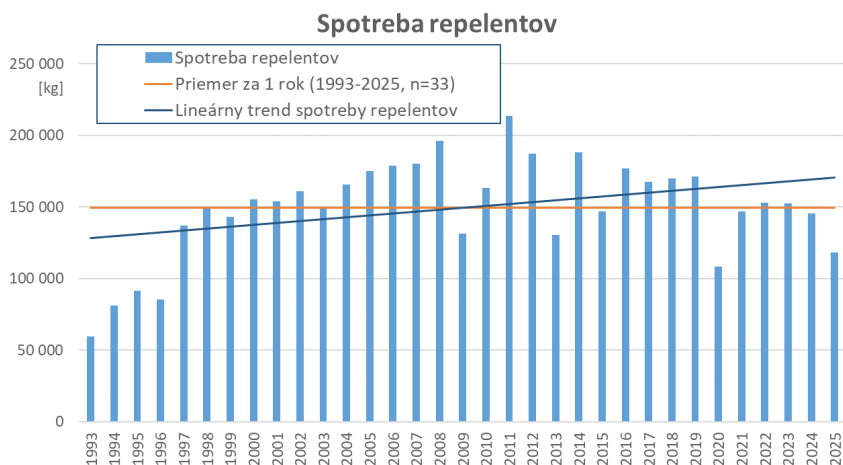
Obrázok 1. Vývoj spotreby insekticídov v lesoch na Slovensku.



Obrázok 2. Vývoj spotreby herbicídov v lesoch na Slovensku.



Obrázok 3. Vývoj spotreby fungicídov v lesoch na Slovensku.

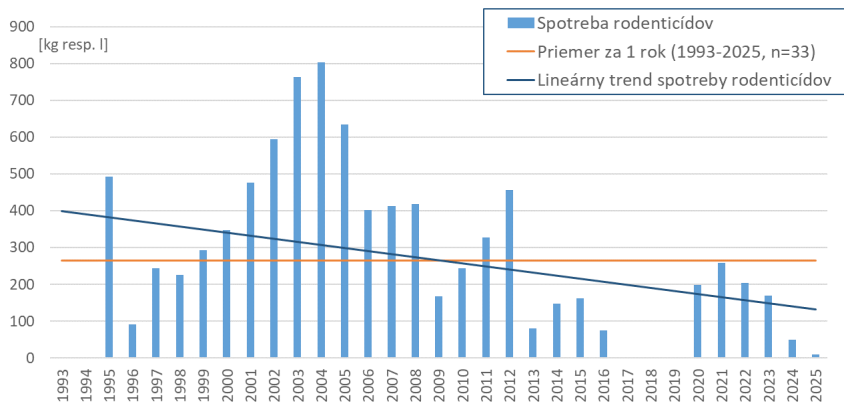


Obrázok 4. Vývoj spotreby repelentov v lesoch na Slovensku.

Integrovaná ochrana lesa (IOL) a POR v nej

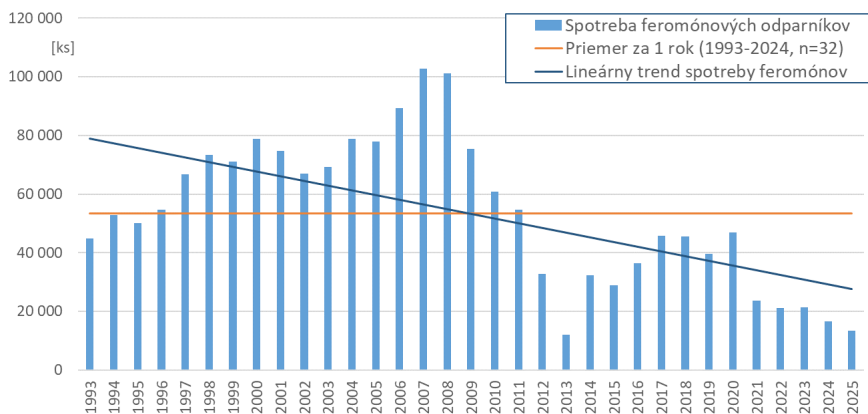
Používanie prípravkov na ochranu rastlín je súčasťou systému integrovanej ochrany rastlín (vyhláška 487/2011 Z. z.). V lesoch je tento termín upravený na Integrovanú ochranu lesa (ďalej Systém IOL). Tento systém vyžaduje vykonávať pri pestovaní lesa preventívne opatrenia tak, aby k výskytu škodcov ani nedošlo. A keď už dôjde, tak aby nedošlo k ich premnoženiu, čo znamená, že až premnožený biotický škodca napáda zdravé (neoslabené) stromy. A POR používať až vtedy, keď už ostatné metódy nestačili zabrániť premnoženiu biotického škodcu a tak

Spotreba rodenticídov



Obrázok 5. Vývoj spotreby rodenticídov v lesoch na Slovensku.

Spotreba feromónových odparníkov



Obrázok 6. Vývoj spotreby feromónových odparníkov v lesoch na Slovensku.

poslednou možnosťou pred premnožením škodcu je použiť POR. V praxi to znamená pestovať tie dreviny, ktoré sú vhodné do daných pôdno-klimatických podmienok, vychovávať porasty, zvyšovať ich odolnosť vertikálnou štruktúrou porastu. Zásahy vykonávať mimo vegetačného obdobia a keď už vo vegetačnom období, tak zabezpečiť mechanickú a fyzikálnu asanáciu drevnej hmoty, ktorá by mohla byť napadnutá a tým by sa stala zdrojom zvýšenia početnosti populácie biotického škodcu. Keď to nepomáha, (teda nebola hmota spálená, zoštíepkovaná a vyvezená z lesa, nebolo drevo odkôrnené a kôra spálená, nebolo drevo v kôre

odvezené ešte pred vyletením generácie podkôrneho hmyzu z neho, atď.), tak je možné zabrániť premnoženiu škodcu v prostredí aj autorizovanými POR.

K IOL patrí aj monitoring výskytu škodcu a jeho početnosti v priestore, vyhodnotenie škodlivého pôsobenia biotického škodcu pre plnenie očakávaných funkcií daného lesa, atď.

Treba povedať, že v lesoch na Slovensku je používanie POR v súlade s princípmi IOL. V škôlkarských strediskách a veľkoplošných škôlkach už to tak nie je, lebo v nich sa používajú POR aj preventívne bez toho, aby sa monitoroval výskyt škodcov, na záhonoch sú monokultúrne semenáčky a sadenice, atď. V menších lesných škôlkach sa používajú POR po zistení výskytu škodcov a teda v týchto škôlkach je to z časti IOL.

Záver

Používanie POR a pomocných prípravkov na Slovensku je regulované európskymi a národnými právnymi predpismi. Regulácie súvisia s akceptovateľnou toxicitou prípravkov, ochranou vody, pôdy biodiverzity. Je dôležité využívať aj nechemické metódy ochrany lesa ako aj organizačné a zariaďovateľské postupy prevencie výskytu biotických škodcov. A netreba zabúdať ani na to, že POR a pomocné prípravky majú pomáhať obhospodarovateľovi dosahovať ciele, ktoré sú stanovené pre jednotlivé lesy prostredníctvom ich deklarovaných funkcií. Výsledkom nastavených a uplatňovaných pravidiel je, že trend ročnej spotreby jednotlivých skupín POR a pomocných prípravkov za posledných 33 rokov má klesajúcu tendenciu. Okrem repelentov proti zveri, kde je trend stúpajúci.

Podakovanie

Práca vznikla vďaka finančnej podpore v rámci projektov APVV-21-0131, APVV-22-0399, APVV-22-0545, APVV-23-0156 a APVV-24-0425 financovaných agentúrou APVV a projektu "PROMOLES" - projekt financovaný z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301). Táto publikácia vznikla aj vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Centrum excelentnosti lesnícko-drevárskeho komplexu LignoSilva; (kód ITMS: 313011S735) spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja. Štúdia bola financovaná Európskou komisiou v rámci projektu LignoSilva [Grant Agreement #101059552] v rámci akcie Horizon Europe Teaming for Excellence

Kontakt

Ing. Andrej Kunca, PhD.

Národné lesnícke centrum – Sekcia pre vedu a výskum Zvolen,

Lesnícka ochrannárska služba

Lesnícka 11

969 01 Banská Štiavnica

andrej.kunca@nlcsk.org

PREMENA NEOBHOSPODAROVANÝCH ZARASTENÝCH POĽNOHOSPODÁRSKÝCH POZEMKOV NA PRODUKČNÉ AGROLESNÍCKE SYSTÉMY

**Ivan Horvát, Jaroslav Jankovič, Michal Pástor, Zuzana Sitková,
Jozef Pajtík, Tibor Priwitzer, Slavomír Strmeň**

Abstrakt

Zarastené poľnohospodárske pozemky – biele plochy tvoria veľký podiel z celkovej poľnohospodárskej pôdy. Vznikli v dôsledku ich neobhospodarovania a postupnou sukcesiou došlo k zarastaniu krovitým a stromovitým porastom. Pozemky v takomto stave sú takmer nevyužiteľné pre potreby človeka. V rámci výskumu boli na takýchto lokalitách založené výskumno-demonštračné objekty (VDO) so subplochami lúka, kontrola, agroles. Cieľom príspevku je zhodnotiť mikroklimatické pomery, vyhodnotiť množstvo a tvorbu biomasy a s tým aj spojené ukladanie uhlíka na jednotlivých subplochách v rámci VDO a ich porovnanie pri využití lokálneho prírodného potenciálu v rôznych podmienkach Slovenska.

Kľúčové slová

agrolesnícky systém, biela plocha, biomasa, neobhospodarovaný poľnohospodársky pozemok, ukladanie uhlíka.

Úvod

Po roku 1989 dochádza na Slovensku k úpadku obhospodarovania poľnohospodárskych pozemkov spôsobených rozpadom jednotných roľníckych družstiev a vzniká stav, kedy takéto plochy, obzvlášť trvalé trávne porasty, prestávajú mať svojho fyzického obhospodarovateľa a prirodzeným sukcesným vývojom dochádza k postupnému zarastaniu krovitou a stromovou vegetáciou. Takýto vývoj prebiehal aj na plochách nespásaných a nerentabilných pre ich nedostupnosť mechanizmami. V súčasnej dobe, pri raste demografickej krivky a zväčšovaní výmery zastavaných plôch v podobe sídel a priemyselných parkov, začína byť núdza o krajinu, ktorú by bolo možné využívať pre potreby človeka v podobe poľnohospodárskej výroby. Veľká rezerva sa ukazuje práve na takýchto, tzv. bielych plochách, ktoré v tejto podobe nie je možné priamo obhospodarovať. Existujú však spôsoby, ako je možné využiť takýto stav: získanie biomasy na palivo v podobe štiepky alebo zmena druhu pozemku z poľnohospodárskeho pôdneho fondu na lesný pôdny fond. Ďalším spôsobom ako im prinavrátiť využiteľnosť pri zachovaní

poľnohospodárskeho charakteru, je ich premena na funkčné agrolesnícke systémy (ďalej len „ALS“). V rozmanitých klimatických a geomorfologických podmienkach Slovenska sa spôsob, forma a časový horizont môže meniť v závislosti na dynamických procesoch prírodného potenciálu konkrétnej lokality.

ALS v podmienkach Slovenska môžeme definovať ako systémy hospodárenia na pôde, pri ktorých sa na jednej ploche zámerne a cielene kombinuje poľnohospodárska produkcia (rastlinná a/alebo živočíšna) s pestovaním drevín (lesných a/alebo ovocných stromov a/alebo krovín) (Jankovič & Pástor 2021). V dôsledku nedostatku potravín a nepredvídateľných klimatických zmien si agrolesníctvo získava pozornosť výskumníkov a tvorcov politík ako lukratívny prístup k rozvoju potravinovej bezpečnosti, pričom zároveň podporuje adaptáciu a zmenu klímy a jej zmiernovanie (Mohan et al. 2021). Ich význam môžeme posúdiť z produkčného hľadiska tým, že sa výroba diverzifikuje, keď z jednej plošnej jednotky získame poľnohospodárske produkty (plodiny, medziplodiny), ovocie stromov a krov, potravu (krmivo) pre hospodárske zvieratá, drevo, živočíšnu produkciu (mäso, mlieko, vajcia a pod.). Významné sú ich ekologické vlastnosti v podobe regulačných účinkov pre pôdu (fyzikálne a chemické vlastnosti, ovplyvňovanie vodného režimu, zvyšovanie protieróznej funkcie), pre vzduch (znižovanie prúdenia, ochladzovanie, filtrovanie), vodu (zadržiavanie a infiltrovanie, čistenie), uhlík (po lese druhá najvýznamnejšia sekvestrácia), sociálno-kultúrne účinky v podobe zvýšenia estetickej hodnoty prostredia a v rozšírení možností oddychu a rekreácie.

Problematickou premeny bielych plôch na funkčné agrolesnícke systémy sa Národné lesnícke centrum vo Zvolene zaoberá už niekoľko rokov. Ide o citlivý prístup v závislosti na konkrétnych podmienkach s využitím potenciálu, ktorý samotná krajina ponúka, na základe ktorého bude možné vypracovať modely premeny neobhospodarovaných zarastených poľnohospodárskych pozemkov na funkčné ALS. Na tento účel bolo potrebné založiť výskumno-demonštračné objekty (ďalej len „VDO“).

Materiál a metódika

Vzhľadom na pestrosť geomorfologických, klimatických a vegetačných pomerov na Slovensku sa ako základný a hlavný atribút pre založenie VDO stanovila nadmorská výška, kde boli určené tri typy: nížinný, podhorský, horský. Keďže je výskum zameraný aj na mikroklimatické pomery na jednej lokalite, ale v rozdielnych biotopoch, bolo potrebné nájsť také plochy, aby na malom území vedľa seba bola trávnatá, biela a agrolesnícka plocha (vyčlenená z bielej plochy), všetky o výmere 0,25 ha. Na základe takto zvolených podmienok boli založené nasledovné VDO:

1. nížinný - lokalita Bojnice (VDO Bojnice): pozemok je vo vlastníctve Výskumného ústavu ovocných a okrasných drevín (VÚOOD) v Bojniciach v nadmorskej výške 272 m n. m., expozícia J, sklon 0 %, VDO založený v r. 2022, na ploche agroles bolo vybraných 77 ks drevín,

2. podhorský - lokalita Betliar (VDO Betliar): pozemok je vo vlastníctve Urbárskeho a pasienkového pozemkového spoločenstva (UPPS) Betliar, v nadmorskej výške 477 m n. m., expozícia JZ, sklon 30 %, VDO založený v roku 2024, na ploche agroles bolo vybraných 30 ks drevín,
3. horský - lokalita Liptovská Teplička (VDO Liptovská Teplička): pozemok je vo vlastníctve Poľnohospodárskeho podielnického družstva (PPD) Liptovská Teplička v nadmorskej výške 1280 m n. m., expozícia SZ, sklon 50 %, VDO založený v roku 2023, na ploche agroles bolo vybraných 30 ks drevín.

Dreviny na všetkých VDO boli vyberané tak, aby boli súčasťou Zoznamu lesných drevín určených na založenie ALS uverejneného vo vestníku MPaRV SR zo dňa 18. 12. 2023, čiastka 32, na ktoré sa poskytuje podpora na opatrenie založenia ALS na poľnohospodárskej ploche a na ochranu a údržbu drevín založeného ALS. Vychádzajúc zo skúseností na už fungujúcich ALS v zahraničí bol stanovený počet max 100 ks/ha., takže na vytýčenej agrolesníckej ploche 0,25 ha sa vybrali dreviny v počte 25 ks a viac. Ostatné dreviny na ploche agrolesa boli vyťažené a odstránené, aby sa uvoľnil priestor pre tvorbu fytohmoty.

Na takto vytýčených a pripravených plochách v rámci každej lokality sú merané, odvodzované a pozorované:

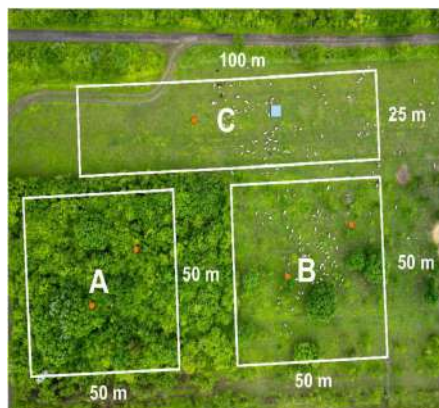
- dáta o priebehu pôdnej vlhkosti a teploty, snímané pôdnymi meračmi Datalogger Microlog SDI-MP,
- zásoby dendromasy na bielej ploche a agrolese, zmeraním hrúbok a výšok drevín
- prírastanie dendromasy na bielej ploche a agrolese pravidelným meraním hrúbok a výšok drevín,
- zásoby fytohmoty na lúke a agrolese získané odberom zo skusných plôch,
- ukladanie uhlíka na všetkých troch typoch plôch odvodených z tvorby biomasy,
- sledovanie rýchlosti nástupu fytohmoty v agrolese.

Manažment agrolesníckej plochy sa vykonáva postupnou redukciou drevín na cieľový počet 100 ks/ha, vyvetvovaním kmeňov, likvidáciou výmladkov a ochranou kmeňov pred poškodením ohryzom.

Na základe takto získaných informácií bude možné vzájomne porovnať plochy v rámci jednej lokality, ale aj medzi lokalitami.

Výsledky a diskusia

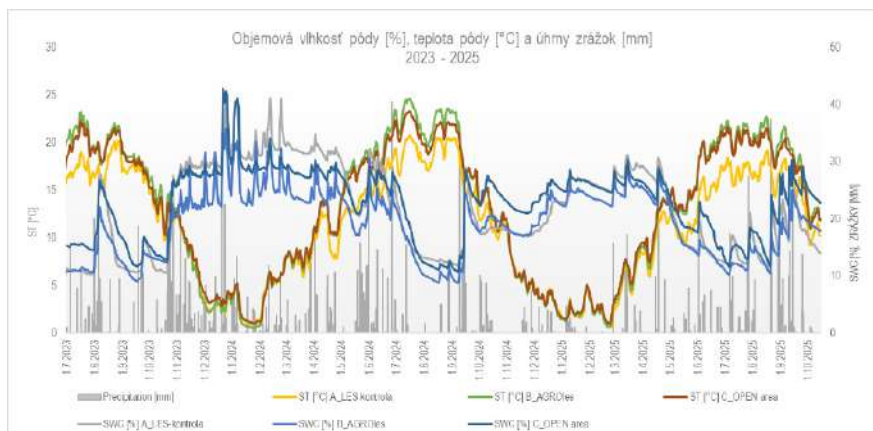
Z doterajšieho výskumu je možné definovať niekoľko predbežných výsledkov.



VDO Bojnice

bol zo všetkých objektov založený najskôr (2022), a tak je z tejto plochy aj najviac získaných dát. Objekt sa odlišuje od ostatných aj tým, že plocha agrolesa bola vytvorená z bielej plochy, ktorá vznikala pustnutím ovocného sadu. Z drevinového zloženia, kde má prítomnosť dub letný, hrab, breza, svíb, kalina, hloh, sú cieľovými drevinami aj ovocné stromy ako slivka (myrobalán), ale aj planá hruška, čerešňa vtáčia.

Obrázok 1: VDO Bojnice – A-biela plocha, B-agroles, C-lúka s pasúcimi sa ovcami (Jankovič a kol. 2025)

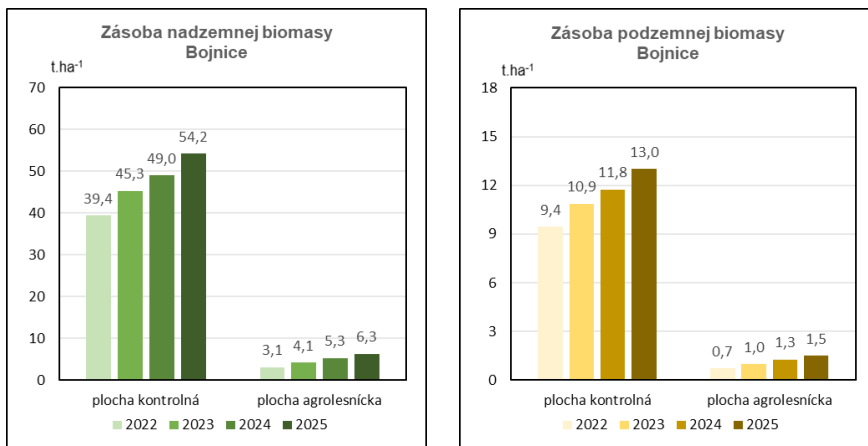


Graf 1: VDO Bojnice – priebeh pôdnej vlhkosti a teploty na subplochách v priebehu rokov 2022-2025

Pri kontinuálnych pôdnych meraniach v rokoch 2023-2025 (Graf 1) na troch subplochách les-kontrola, agrolesa a otvorená plocha môžeme vidieť, že čo sa týka teploty na subploche les-kontrola je vždy najnižšia a na agrolese v roku 2024 v letnom období bola výrazne vyššia ako na otvorenej ploche, zatiaľ čo v lete roku 2025 medzi nimi už také rozdiely neboli. Pri vlhkosti nie je až také kolísanie v rámci roka ako pri teplote, pričom najvyššia vlhkosť (v závislosti na atmosférických zrážkach) bola v období december 2023 až január 2024 najnižšia v období august – september 2024 a obdobie medzi februárom až májom 2025 je pomerne vyrovnané. Oproti teplotám sa objemová vlhkosť pôdy na jednotlivých subplochách líši v

tom, že nemôžeme jednoznačne v rámci ročného priebehu definovať, na ktorej subploche je najvyššia vlhkosť a na ktorej najnižšia, ale vo všeobecnosti platí, že objemová vlhkosť pôdy na subploche otvorená plocha je vždy vyššia ako na agrolese a objemová vlhkosť les-kontrola kolíše od výrazne maximálnej až po najnižšiu v porovnaní s ostatnými subplochami.

Po odstránení prebytočných drevín na agrolese dochádza k rýchlemu nástupu bylinnej zložky a v roku 2024 sa už na tejto ploche mohli začať pásť ovce. V roku 2025 bolo na monitorovacej ploche prítomných 54 % trávnych druhov a floristická skupina bylín mala 46 % pokryvnosť.



Graf 2: VDO Bojnice – porovnanie zásob nadzemnej a podzemnej biomasy kontroly a agrolesa v rokoch 2022-2025

Pri zisťovaní zásob sušiny nadzemnej a podzemnej časti na VDO Bojnice (Graf 2) pozorujeme počas monitorovania za obdobie 2022-2025 neustále zvyšovanie percentuálneho podielu sušiny agrolesníckej plochy ku sušine na ploche kontrolnej. V roku 2022 pri založení VDO bol objem sušiny nadzemnej časti na kontrole 39,4 t/ha a agrolese 3,1 t/ha, čo tvorilo 7,9 %. Po troch rokoch manažovania agrolesa, v roku 2025, bola hmotnosť sušiny nadzemnej časti 6,3 t/ha a kontroly 54,2 t/ha, takže percentuálny podiel sa zvýšil už na 11,6 %. Približne rovnako to je aj pri podzemnej časti, takže keď zrátame hmotnosť podzemnej a nadzemnej časti v prvom roku a po troch rokoch, zistíme, že v roku 2022 tvorila hmotnosť sušiny kontroly na hektár 48,8 tony a agrolesa 3,8 tony, čo predstavuje 7,8 %. Po troch rokoch to už bolo nasledovné: kontrola 62,2 t/ha, agroles 7,8 t/ha, čo predstavuje 12,5 % podiel v porovnaní s kontrolou.



VDO Betliar

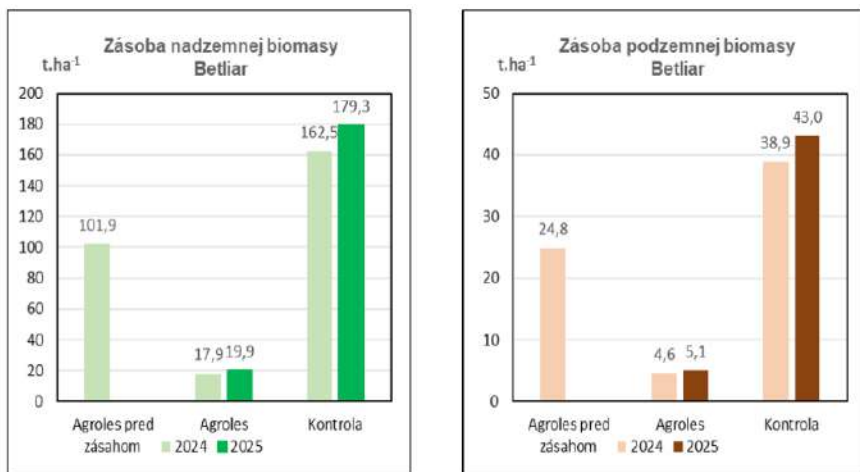
bol z trojice plôch založený ako posledný (2025). Aj tu pozorujeme bohaté drevinové zloženie s najväčším zastúpením hrabu, ďalej tu rastie dub, agát, čerešňa, lipa, javor. Je zaznamenaný výskyt typicky svetlomilnej dreviny – borievky obyčajnej a v celej lokalite rastie niekoľko rozptýlených starých veľkých dubov s predpokladaným vekom okolo 200 rokov ako dôkaz pôvodného využívania plochy na pastvu. Pôdne merania (Graf 3) počas necelého jedného roka (máj 2025–november 2025) ukazujú, že v celom priebehu meraného obdobia je najvyššia vlhkosť na agrolese, nižšia na otvorenej ploche – lúke a najnižšia v lese – kontrole, pričom si udržiavajú približne rovnaký rozdiel.

Obrázok 2: VDO Betliar starý dub (Foto: Horvát, 2026)



Graf 3: VDO Betliar – priebeh pôdnej vlhkosti a teploty na subplôchách v priebehu máj až november 2025

Očakával by sa rovnaký priebeh ako v Bojniciach (vlhkosť na otvorenej ploche-lúke je vyššia ako na agrolese). Tu je to však opačne. Odôvodnením by mohlo byť, že na odkrytú pôdu na agrolese, pri pomerne nízkom zápoji stromovej vegetácie (nedochádza k významnej interkepcii) sa dostane viac zrážok, ktoré táto plocha dokáže absorbovať. Je dôležité poznamenať, že ani pri dlhšom období bez zrážok nedochádza k poklesu objemovej vlhkosti pôdy na ALS pod úroveň vlhkosti na lúke. Tu zrejme svoju rolu preberá prítomnosť drevín na ploche a ich čiastočné tienenie korunami a hlavne zadržiavanie vody koreňovými systémami. Porovnanie priebehu pôdnej teploty medzi nimi ukazuje, že väčšie rozdiely sú v teplejšom období, naopak v chladnejšom sa tieto rozdiely minimalizujú. Najnižšia teplota je na kontrolnej ploche (rovnako ako na VDO Bojnice), pričom zaujímavá je skutočnosť vyššej teploty na agrolese v porovnaní s trávny porastom. Zrejme je to spôsobené kombináciou čiastočného prepúšťania slnečného žiarenia preriedeným korunovým zápojom a absenciou bylinného krytu, čím sa pôda dokáže viac prehriať ako na lúke, ale aj napriek tomu si dokáže udržať vyššiu pôdnu vlhkosť.



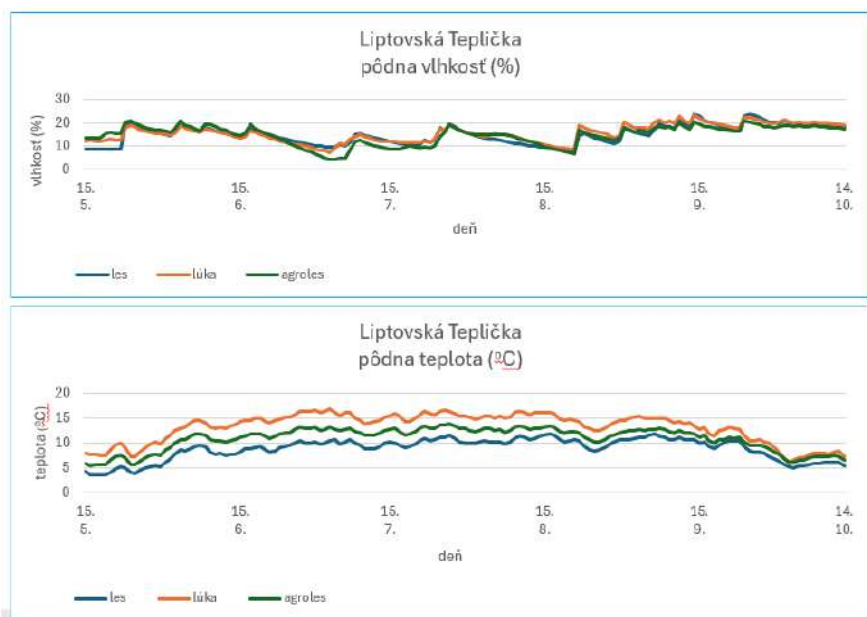
Graf 4: VDO Betliar – porovnanie zásob nadzemnej a podzemnej biomasy kontroly a agrolesa v rokoch 2024-2025



VDO Liptovská Teplička

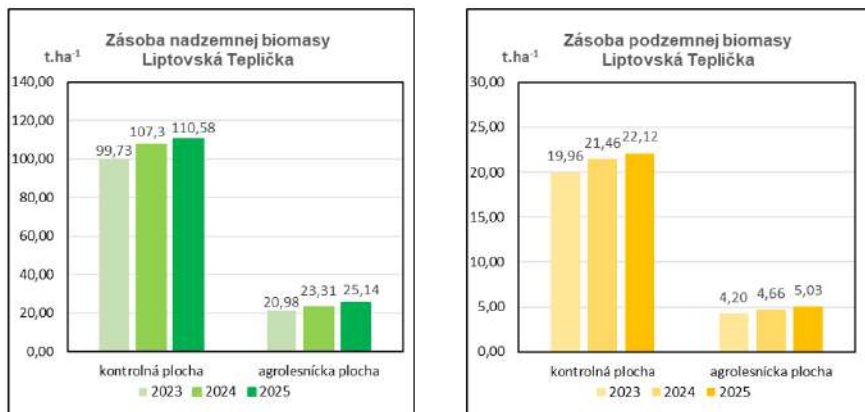
je najvyššie položeným objektom, kde pri n admorskej výške 1280 m n. m. je už limitovaná p rítomnosť pestrejšieho drevinového zloženia a s takm Miestami ho dopĺňa len vrba. Pri vyhodnotení mikroklimatických pomerov môžeme konštatovať, že v tejto oblasti nie sú také rozdiely vo vlhkosti pôdy medzi jednotlivými subplochami, ako je tomu na VDO v nižších polohách. Je to ovplyvnené vysokohorskou vlhkejšou klímou, keďže aj podľa zatriedenia patrí lokalita do veľmi vlhkej klimatickej oblasti.

Obrázok 3: VDO Liptovská Teplička agroles (Foto: Horvát, 2025)



Graf 5: VDO Liptovská Teplička – priebeh pôdnej vlhkosti a teploty na subplochách v priebehu máj až november 2025

Dôležitým faktom z pohľadu teploty je poznatok, že sa zachováva nasledujúci pomer: najteplejšie - otvorená plocha (lúka), najchladnejšie kontrola (les), v strede agroles, kde je však už dostatočný bylinný kryt pôdy, takže sa tu potvrdzuje predpoklad, že teplotné pomery na agrolese sa pohybujú medzi otvorenou (lúka) a zarastenou (kontrola) plochou.



Graf 6: VDO Liptovská Teplička – porovnanie zásob nadzemnej a podzemnej biomasy kontroly a agrolesa v rokoch 2023-2025

Zásoby sušiny tak, ako ich vidno z Grafu č. 6 nadzemnej a podzemnej časti na VDO Liptovská Teplička za obdobie 2023 – 2025 rastú a pomaly sa zvyšuje aj percentuálny podiel agrolesníckej plochy ku ploche kontrolnej. V roku 2023 pri založení VDO bol objem sušiny nadzemnej časti na kontrole 99,73 t/ha a agrolese 20,98 t/ha, čo tvorilo 21,04 %. Po 2 rokoch manažovania agrolesa (v roku 2025), bola hmotnosť sušiny nadzemnej časti 25,14 t/ha a kontroly 110,58 t/ha, takže percentuálny podiel sa zvýšil na 21,72 %.

Dôležitou zložkou výskumu je určenie množstva uhlíka uloženého v biomase na základe zisteného množstva sušiny a prírastku biomasy. Takto potom môžeme porovnať subplochy na jednej lokalite, ale aj medzi lokalitami.

V tabuľke 1 sú zhrnuté hmotnosti nadzemnej a podzemnej sušiny kontrolnej plochy – les a agroles na každom VDO, zistené pri ich založení a po 1. vegetačnom období meraním a pomocou rovníc (Pajtk et al., 2017) pre mladé jedince stromovitého vzrastu, pre smrek a brezu 5 - 15 m (Konôpka et al., 2021). Zásoba dospelých jedincov väčšieho vzrastu bola vypočítaná podľa Sústavy česko-slovenských objemových tabuliek drevín (Petráš & Pajtk 1991). Vypočítaný objem bol na základe hustoty dreva príslušnej dreviny prepočítaný na hmotnosť sušiny. Na kvantifikáciu množstva uhlíka v biomase bola použitá medzinárodne platná metodika Medzivládneho panelu pre zmenu klímy (IPCC 2006). Množstvo

Tabuľka 1: Porovnanie tvorby biomasy a ukladanie uhlíka medzi subpluchami a lokalitami.

Hmota	Subplocha	VDO meranie prírastku po 1. vegetačnom období (1.VO)					
		Bojnice		Betliar		Liptovská Teplička	
		zákl.	po 1.VO	zákl.	po 1.VO	zákl.	po 1.VO
nadzemná sušina	Kontrola (t/ha)	39,4	45,3	162,5	179,3	99,73	107,3
	Agroles (t/ha)	3,1	4,1	17,9	19,9	20,98	23,31
	podiel v %	7,87	9,05	11,02	11,10	21,04	21,72
podzemná sušina	Kontrola (t/ha)	9,4	10,9	179,3	43	19,96	21,46
	Agroles (t/ha)	0,7	1	19,9	5,1	4,2	4,66
	podiel v %	7,45	9,17	11,10	11,86	21,04	21,71
uhlík v nadzemnej sušine	Kontrola (t/ha)	18,9	21,7	79,8	88	50,85	54,72
	Agroles (t/ha)	1,5	2	8,7	9,7	10,7	11,89
	podiel v %	7,94	9,22	10,90	11,02	21,04	21,73
uhlík v podzemnej sušine	Kontrola (t/ha)	4,5	5,2	19,1	21,1	10,18	10,94
	Agroles (t/ha)	0,4	0,5	2,2	2,5	2,14	2,38
	podiel v %	8,89	9,62	11,52	11,85	21,02	21,76

uloženého uhlíka (Tab. 1) poukazuje na významnosť ALS aj v tejto oblasti.

Keďže ide o ALS založené na kombinácii pestovania drevín spolu s tvorbou bylinnej a trávnej zložky ako potravy pre hospodárske zvieratá, sleduje sa aj sukcesný nástup týchto zložiek na ploche ALS po odstránení nadbytočných drevín, ich vývoj, zloženie a kvalita v porovnaní s otvorenou lúčnou plochou. Táto časť výskumu je riešená prostredníctvom pracovníkov NPPC Nitra, Oddelenia trávnych porastov a horského poľnohospodárstva.

Na základe meraní a pozorovaní na jednotlivých VDO bude možné, okrem vypracovania modelov premeny na funkčné ALS s využitím konkrétneho prírodného potenciálu, potvrdiť aj ich význam pri racionálnom využívaní poľnohospodárskej krajiny. Prvé výsledky ukazujú opodstatnenosť manažovania agrolesníckych plôch, ktoré boli vytvorené zo zarastených poľnohospodárskych pozemkov pre využitie potenciálu tvorby biomasy na ďalšie hospodárske využitie, ako aj z dôvodu efektívnosti sekvestrácie uhlíka a zároveň pre zlepšovanie ich pozitívneho vplyvu na zmierňovanie klimatických extrémov v krajine.

Ku komplexným výsledkom bude možné dospieť nielen vďaka zberu dát zo všetkých VDO za obdobie niekoľkých rokov ale aj manažovaním subplôch agrolesa. Takýto manažment je dôležitý predovšetkým z pohľadu dosiahnutia optimálneho počtu drevín na ploche či už ich redukciami alebo dosádzaním, opodstatnenosť má aj formovanie (tvarovanie) a ochrana cieľových drevín s ohľadom na diverzifikáciu, produkčné a environmentálne vlastnosti. Zároveň je potrebné dbať aj o stav a vývoj bylinnej a trávnej zložky prostredníctvom odstraňovania náletov a výmladkov drevín, prípadne výsevom trávnych zmesí, kosením alebo spásaním.

Prítomnosť drevín v otvorenej poľnohospodárskej krajine je jedným zo spôsobov zmierňovania klimatických zmien a agrolesníctvo zároveň umožňuje krajine lepšie sa týmto zmenám prispôbiť tak, aby pri zlepšených produkčných

a environmentálnych vlastnostiach sa vytvárali vhodné podmienky pre život človeka – hospodára.

Podakovanie

Príspevok vznikol vďaka finančnej podpore projektu „Modely transformácie drevinami zarastených nelesných pozemkov na produkčné agrolesnícke systémy (TRANSAGROLES)“ a projektu Agentúry na podporu výskumu a vývoja (APVV-20-0326).

Literatúra

- IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H. S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan
- Jankovič J., Pástor M., 2021: Agrolesnícke systémy a potenciál ich využívania na Slovensku Zvolen, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav, 2021, 67 s.
- Jankovič J. et al., 2025: Modely transformácie drevinami zarastených nelesných pozemkov na produkčné agrolesnícke systémy – situačná odpočtová správa za rok 2025
- Konôpka a kol., 2021: Young silver birch grows faster and allocates higher portion of biomass into stem than norway spruce, a case study from a post-disturbance forest. Forests 2021, 12, 433 s.
- Mohan a kol., 2021: Potential and Opportunities of Agroforestry Practices in Combating Land Degradation, <https://openresearchlibrary.org/content/e75c49ae-ffe0-4826-a298-4bea1bac73d4> (Original work published 2020)
- Pajtík a kol., 2017: Matematické modely pre biomasu mladých jedincov lesných drevín na území západných Karpát. Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav, 2017, 87 s.
- Petráš, Pajtík, 1991: Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. Lesnícky časopis, 37, 1, 49-56 s
- Vestník MPRV SR, ročník LV, čiastka 32, 2023, 76. Oznámenie 72
- MPRV SR o zverejnení zoznamu druhov drevín určených na založenie agrolesníckeho systému, na ktoré sa poskytuje podpora na opatrene založenie agrolesníckeho systému na poľnohospodárskej ploche a na ochranu a údržbu drevín

Kontakt

Ing. Ivan Horvát
NLC Zvolen
Odbor pestovania lesa a semenárskej kontroly
T. G. Masaryka 2175/ 22, 960 01 Zvolen
e-mail: ivan.horvat@nlcsk.org

PRODUKCIA FYTOMASY V AGROLESNÍCKOM SYSTÉME

**Vladimíra Vargová, Mariana Jančová,
Zuzana Dugátová, Ľubica Jančová**

Abstrakt

Cieľom príspevku bolo vyhodnotiť produkčné a kvalitatívne ukazovatele trávnych porastov v agrolesníckom systéme hospodárenia. Sledovanie sa uskutočnilo v období rokov 2023 – 2025 na trávnych porastoch nachádzajúcich sa v Bojniciach (296 m n. m.) v areáli VÚOOD, a. s.. Monitorovali sa dve plochy, pasienok a pasienok s drevinami ako agrolesnícky pasienok. Pasienky boli využívané ovcami. Na agrolesníckom pasienku bola priemerná produkcia sušiny nižšia ($2,98 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) ako na pasienku ($6,25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Rovnako aj koncentrácia dusíkatých látok bola o niečo nižšia, ale pri obsahu fosforu, draslíka a vápnika boli hodnoty vyššie. Agrolesnícky pasienok mal slabokyslú pôdnu reakciu (5,95), so stredným obsahom humusu a dusíka, dobrým obsahom fosforu, horčíka a veľmi vysokým obsahom draslíka. Pasienok zaznamenal neutrálnu pôdnu reakciu so signifikantne ($P < 0,05$) vyššou zásobou horčíka a nižšou zásobou draslíka.

Kľúčové slová

agrolesníctvo, botanika, kvalita fytomasy, produkcia fytomasy, trávny porast

Úvod

V súčasnosti sa začína viac využívať agrolesnícke hospodárenie v kombinácii s chovom hospodárskych zvierat na pasienkoch s drevinami, kde stromy slúžia ako ochrana zvierat pred slnkom, vetrom a snehom. Agrolesnícky systém môže vzniknúť dvomi spôsobmi – buď vysadením drevín na lúke, pasienku alebo z lesného porastu jeho preriedením a vysiatím tráv a ďatelinovín. Často to býva pasenie zvierat (hlavne oviec, kôz, sliepok, hovädzieho dobytku) v extenzívnom ovocnom sade. Stromy môžu byť vysadené po okrajoch pasienkov, v líniiach vo vnútri, ale najčastejšie ako nepravidelná, rozptýlená výsadba solitérov alebo malých skupín drevín, ktoré vytvárajú zvieratám prostredie pre odpočinok a chránia ich pred nepriaznivým počasím (Jankovič, Pástor, 2021; Jankovič et al., 2025). Dreviny plnia produkčnú funkciu (drevná hmota, krmoviny, ovocie), ale aj mimoprodukčnú funkciu, vrátane zlepšenia prostredia pre zvieratá (tieň, mikroklima, zníženie prúdenia vetra).

Základná funkcia trávnych porastov je produkčná funkcia, pretože zabezpečuje výživu zvierat, človeka, obnovu energie alebo tvorbu surovín (Novák, 2008). Produkčná funkcia je množstvo sušiny vytvorené fotosyntetickou premenou

svetelnej energie rastlinami, t.j. transformácia slnečnej energie do produkcie fytomasy (Skládanka et al., 2014). Najvýznamnejšími ekologickými faktormi pôsobiacimi na druhové zloženie, produkciu a kvalitu krmu trávnych porastov sú vodný a živinový režim. Produkcia sušiny trávneho porastu je závislá od distribúcie a spôsobu využitia asimilátov medzi nadzemnou a podzemnou časťou trávneho porastu, pričom je potrebné zohľadniť úbytok sušiny v procese respirácie (Vozár a Jančovič, 2014).

Kvalita fytomasy pasienkových porastov patrí medzi rozhodujúce faktory ovplyvňujúce produkciu v chove zvierat (Frame, 2005). Druhové zloženie porastu a zastúpenie jednotlivých druhov významne ovplyvňujú jeho kvalitatívne vlastnosti (Tilman et al., 2014).

Cieľom práce bolo zhodnotenie produkčných a kvalitatívnych ukazovateľov pasienkových porastov v podmienkach agrolesníckeho systému hospodárenia.

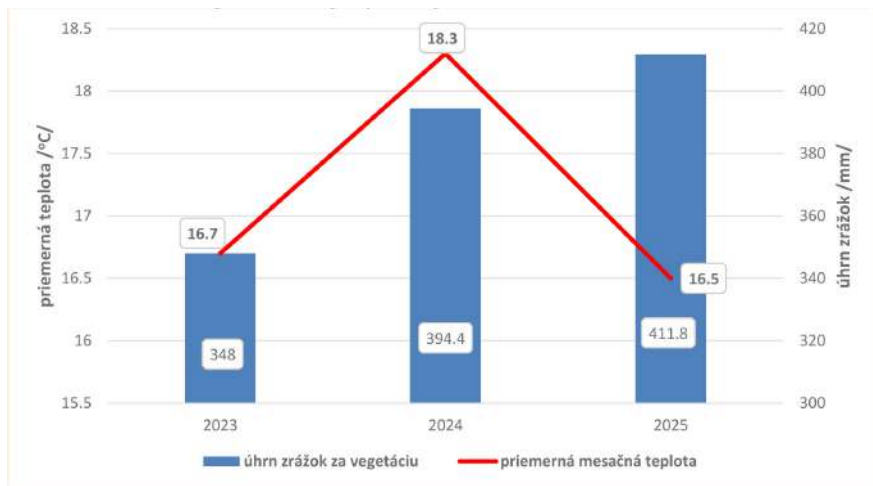
Materiál a metodika

Experiment sa realizoval na stanovišti v Bojniciach, kde sme v období rokov 2023 – 2025 na dvoch typoch pasienkov sledovali produkciu a kvalitu fytomasy. Pokusné plochy sa nachádzajú v areáli Výskumného ústavu ovocných a okrasných drevín, a. s. v nadmorskej výške 296 m n. m.. Monitorované boli dve plochy využívané ovcami, pasienok (1) a pasienok s drevinami ako agrolesnícky pasienok (2). Prevládajúcim pôdnym typom je fluvizem. Územie je zaradené do teplej klimatickej oblasti, okrskov (T6) teplý, mierne vlhký, s miernou zimou (Atlas krajiny, 2002). Na danej lokalite priemerné ročné teploty majú hodnoty 8,6 °C a priemerný ročný úhrn zrážok je do 700 mm. Monitoring bol zameraný na floristické hodnotenie porastov metódou redukovanej projektívnej dominancie podľa Malocha (1953), pre určenie všetkých rastlinných druhov prítomných v poraste. Z lokalít sme trikrát za vegetáciu odobrali rastlinné vzorky na stanovenie produkcie sušiny a kvalitu fytomasy. Na agrochemické analýzy sa na jeseň odobrali pôdne vzorky z hĺbky 0 – 100 mm. Získané výsledky boli spracované štatistickou metódou analýzy variancie ANOVA prostredníctvom Tukeyovho testu na hladine významnosti 0,05. Analýzy boli vykonané použitím programu STATGRAPHIC Centurion XVII.

Výsledky a diskusia

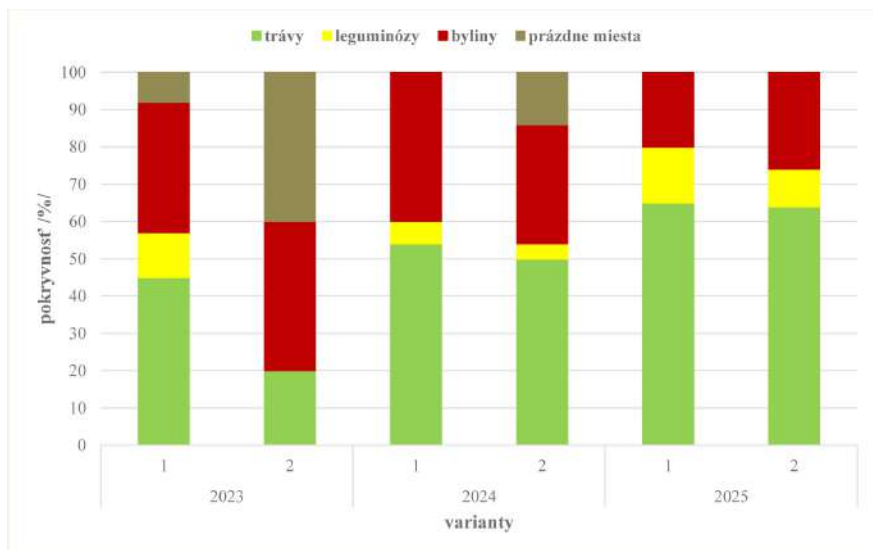
Agrometeorologické merania ukázali najnižší úhrn zrážok počas vegetácie (348,0 mm) v roku 2023 a najvyšší v roku 2025 (411,8 mm) s najnižšou priemernou mesačnou teplotou 16,5 oC. Maximálnu priemernú mesačnú teplotu 18,3 oC sme zaznamenali v roku 2024 (graf 1).

Trávny porast na pasienku v roku 2023 mal 45 %-né zastúpenie trávnych druhov (graf 2). Porast bol dobre zapojený bez výskytu prázdnych miest, ale s vysokým podielom invazívnych bylín, kríkov černíc, malín a ruží. Dominantné zastúpenie z trávnych druhov mali predovšetkým *Calamagrostis epigejos* L., *Avenula pubescens* (Huds.) Dumort., *Arrhenatherum elatius* L., *Dactylis glomerata*



Graf 1: Úhrn zrážok a priemerné teploty za vegetačné obdobie 2023 -2025

L., *Festuca pratensis* L., *Elytrigia repens* L. Pri floristickej skupine leguminóz sme evidovali najnižšie zastúpenie 12 %. V poraste prevládali *Vicia tenuifolia* L., *Trifolium pratense* L., *Securigera varia* L., *Lathyrus pratensis* L. Floristická skupina bylín mala až 35 %-nú pokrývnosť. Byliny sa prezentovali najmä inváznymi druhmi *Solidago gigantea* L. a *Solidago canadensis* L. Ďalšie druhy prítomné v poraste boli *Erigeron annuus* L., *Tanacetum vulgare* L., *Galium mollugo* L., *Agrimonia*



Graf 2: Pokrývnosť (%) trávneho porastu na pasienku (1) a agrolesníckom pasienku (2)

eupatoria L., *Hypericum perforatum* L., *Cirsium arvense* L., *Achillea millefolium* L. Porast na pasienku s drevinami bol s vysokým podielom prázdnych miest (40 %) a inváznych druhov, kríkov černíc, malín a ruží. Trávy boli zastúpené najmä *Calamagrostis epigejos* L., *Avenula pubescens* (Huds.) Dumort. Z bylín (40 %) v poraste dominovali *Erigeron annuus* L., *Urtica dioica* L., *Solidago gigantea* L., *Solidago canadensis* L., *Tanacetum vulgare* L., *Daucus carota* L.

V roku 2024 stúpol na pasienku (1) podiel trávnych druhov na 54 %. Porast bol dobre zapojený bez výskytu prázdnych miest, ale s vyšším zastúpením inváznych bylín, kríkov černíc a ruží. V poraste, podobne ako v predchádzajúcom roku, prevládali predovšetkým krmovinársky menej kvalitné druhy tráv, ako *Calamagrostis epigejos* L., *Avenula pubescens* (Huds.) Dumort., *Arrhenatherum elatius* L., *Elytrigia repens* L., *Festuca pratensis* L. Najnižšie zastúpenie sme zaznamenali pri floristickej skupine leguminóz, len 6 % s dominanciou *Vicia tenuifolia* L., *Trifolium pratense* L., *Securigera varia* L. Floristická skupina bylín mala až 40 %-nú pokryvnosť. Byliny boli zastúpené najmä inváznymi druhmi *Solidago gigantea* L., *Solidago canadensis* L. Ďalšie druhy prítomné v poraste: *Tanacetum vulgare* L., *Galium mollugo* L., *Agrimonia eupatoria* L., *Hypericum perforatum* L., *Cirsium arvense* L., *Achillea millefolium* L., *Anthriscus cerefolium* L. Trávny porast na agrolesníckom pasienku (2) mal 50 %-né zastúpenie tráv, 32 %-né zastúpenie bylín a podiel leguminóz bol 4%. V poraste sa vyskytovali aj prázdne miesta (14 %), kríky černíc a malín. Z trávnych druhov v poraste dominovala *Avenula pubescens* (Huds.) Dumort., *Arrhenatherum elatius* L., *Trisetum flavescens* L., *Festuca rubra* L. Leguminózne druhy boli zastúpené *Trifolium repens* L., *Securigera varia* L. Byliny prezentovali *Tanacetum vulgare* L., *Agrimonia eupatoria* L., *Solidago canadensis* L., *Galium mollugo* L.

Porast na pasienku v roku 2025 bol veľmi dobre zapojený bez výskytu prázdnych miest so 65 % - ným zastúpením tráv, 15 % leguminóz a 20 % bylín (graf 2). Dominantné zastúpenie z tráv mali predovšetkým *Festuca pratensis* L., *Dactylis glomerata* L., *Bromus mollis* L., *Avenula pubescens* (Huds.) Dumort. Z leguminóz prevládali *Lathyrus pratensis* L. a *Trifolium pratense* L. Byliny sa prezentovali *Galium mollugo* L., *Achillea millefolium* L., *Agrimonia eupatoria* L. Agrolesnícky pasienok (2) dosiahol 64 %-né zastúpenie tráv, s najväčším zastúpením *Avenula pubescens* (Huds.) Dumort., *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* L. Leguminózne druhy (10 %) boli zastúpené najmä *Vicia tenuifolia* L., *Trifolium pratense* L. a *Trifolium repens* L. Z bylín (26 %) sa v poraste nachádzali najmä *Daucus carota* L., *Achillea millefolium* L., *Agrimonia eupatoria* L., *Leontodon hispidus* L. a *Galium mollugo* L. V rokoch 2024 a 2025 boli porasty striedavo pasené ovcami.

Veľkosť produkcie nadzemnej fytohmoty je výsledkom fotosyntetickej aktivity listovej plochy porastu za určité časové obdobie, ktorá je ovplyvnená podmienkami lokality (pôda, vlhkosť, teplota) a vzájomnými vzťahmi medzi rastlinami v poraste (Hopkins et al., 1990; Gibson, 2009). S nimi súvisí aj výživa a hnojenie (Vargová et al., 2017), a tiež frekvencia využívania (Pearson a Ison, 1987; Kováčiková et al., 2012). Produkcia sušiny v prvom roku sledovania bola na pasienku (1) veľmi vysoká, 12,49 t.ha⁻¹, čo dávame do súvisu s vysokým zastúpením inváznych rastlín. Agrolesnícky pasienok (2) dosiahol úrodu sušiny o 77,66 % nižšiu pri porovnaní

s pasienkom (tabuľka 1). V druhom roku sa produkcia sušiny znížila na oboch pasienkoch. Pasienok dosiahol úrodu sušiny 3,11 t.ha⁻¹ a agrolesnícky pasienok 2,73 t.ha⁻¹.

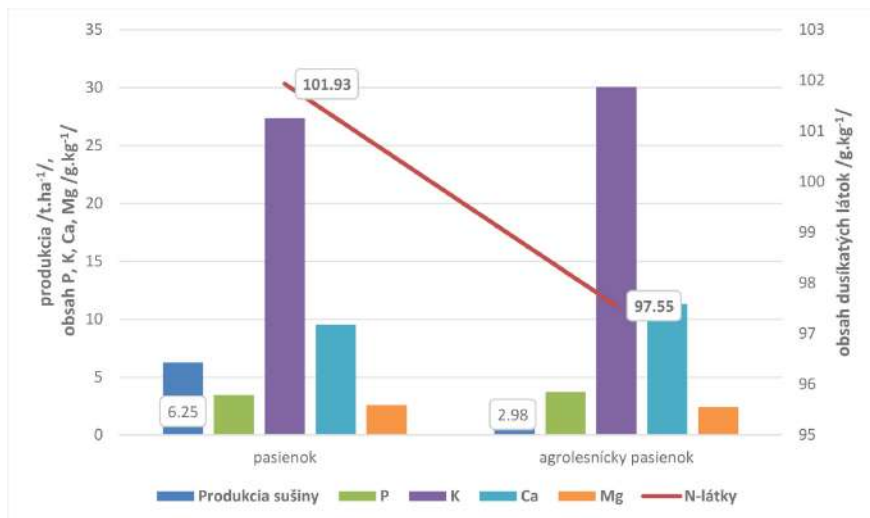
Tabuľka 1: Produkcia sušiny, obsah organických a minerálnych látok vo fytomase

Rok	Variant	Produkcia sušiny	N-látky	P	K	Ca	Mg
		t.ha ⁻¹	g.kg ⁻¹				
2023	1	12,49	71,25	2,7	28,05	11,21	2,78
	2	2,79	63,79	3,20	25,05	11,18	2,67
2024	1	3,11	75,19	3,07	30,65	8,17	2,13
	2	2,73	74,15	3,39	36,04	9,69	1,99
2025	1	3,16	144,57	3,91	23,62	10,11	2,85
	2	3,43	121,35	4,10	26,14	12,97	2,64
Priemer	1	6,25^b	101,93	3,45	27,35	9,54^a	2,59
	2	2,98^a	97,55	3,70	30,06	11,32^b	2,40
<i>P hodnota</i>		0,0176*	0,1290	0,2541	0,3725	0,0215*	0,3454

Rozdielne indexy znamenajú štatisticky preukazné rozdiely medzi úrovňami faktorov (Tukey *t*-test, *P* < 0,05), * - významné rozdiely na úrovni 95 %, 1 – pasienok, 2 – agrolesnícky pasienok.

V roku 2025 bol zaznamenaný nárast úrody, najmä na agrolesníckom pasienku. Nárast úrody bol o 0,69 t.ha⁻¹, čo predstavuje zvýšenie o 25,18 %. Na zvýšenie úrod malo pozitívny vplyv zatienenie porastu stromami, preto v letnom období nedochádzalo k nadmernému vysušaniu trávneho porastu. Preukazne (*P* < 0,05) najvyššiu priemernú produkciu sušiny dosiahol pasienok 1 (6,25 t.ha⁻¹). Úroda sušiny na agrolesníckom pasienku bola nižšia o 3,27 t.ha⁻¹.

V prvom a druhom roku bol obsah dusíkatých látok (N-látok) v sušine porastu na nízkej úrovni (tabuľka 1). V roku 2025 sme zaznamenali zvýšenie obsahu N-látok. Najvyššie hodnoty dosiahol trávny porast na pasienku (144,57 g.kg⁻¹). Agrolesnícky pasienok mal obsah dusíkatých látok 121,35 g.kg⁻¹. V priemere rokov za dané obdobie bola vyššia koncentrácia N-látok na pasienku 101,93 g.kg⁻¹, ako na agrolesníckom pasienku 97,55 g.kg⁻¹ (graf 3). Oproti tomu, boli vyššie obsahy fosforu (3,70 g.kg⁻¹), draslíka (30,06 g.kg⁻¹) a vápnika (11,32 g.kg⁻¹) zistené vo fytomase agrolesníckeho pasienka. Optimálne rozmedzie obsahu N-látok je od 110 – 250 g v 1 kg sušiny, obsah fosforu je 3 g.kg⁻¹ sušiny, vápnika 7 – 10 g.kg⁻¹ sušiny a horčíka 2 – 2,5 g.kg⁻¹ sušiny (Holubek et al, 2007). Nadbytok vápnika, pôsobí škodlivo a znižuje sa využitie fosforu, súčasne obmedzuje pôsobenie iných prvkov. Nedostatok fosforu v kŕmnej dávke nepriaznivo ovplyvňuje plodnosť.



Graf 3: Priemerná produkcia sušiny a kvalita fytomasy pasienkov

Edafické faktory ako geologický podklad, pôdny druh a pôdny typ ovplyvňujú vlastnosti pôd (Skládanka et. al., 2014). Dostupnosť živín v pôde sa mení pôsobením zrážok, teploty, vetra, pôdneho typu a pôdnej reakcie (Maathuis, 2009). Podľa agrochemických rozborov pôdy možno konštatovať, že v prvom roku bola na pasienku pôdna reakcia slabokyslá (pH 5,77), s vysokým obsahom humusu a stredným obsahom dusíka (tabuľka 2). Vyššie hodnoty pH pôdy (6,48) sa zistili na agrolesníckom pasienku, so strednou zásobou humusu a dusíka. Zásoba prijateľného fosforu v pôde bola na oboch pasienkoch nízka. Dobrý obsah draslíka sa evidoval na pasienku a veľmi vysoký obsah draslíka a horčíka zase na agrolesníckom pasienku.

V druhom roku sa na pasienku 1 zvýšila hodnota pôdnej reakcie na 6,12 a mierne stúpol obsah humusu. Zaznamenali sme vyhovujúci obsah fosforu, veľmi vysoký obsah horčíka a nízky obsah draslíka (99,15 mg.kg⁻¹). Agrolesnícky pasienok mal neutrálnu pôdnu reakciu, stredný obsah humusu a nízky obsah dusíka. Oproti predchádzajúcemu roku bola mierne vyššia hodnota pH (6,88). Obsah fosforu bol vyhovujúci, zásoba horčíka v pôde bola dobrá a draslíka vysoká (346,75 mg.kg⁻¹). Pasienok mal štatisticky preukazne ($P < 0,05$) vyššiu pôdnu reakciu a obsah horčíka a nepreukazne vyšší obsah Cox a humusu (tabuľka 2). Signifikantne vyššia zásoba draslíka v pôde sa zistila na agrolesníckom pasienku (392,53 mg.kg⁻¹).

V druhom roku sa na pasienku 1 zvýšila hodnota pôdnej reakcie na 6,12 a mierne stúpol obsah humusu. Zaznamenali sme vyhovujúci obsah fosforu, veľmi vysoký obsah horčíka a nízky obsah draslíka (99,15 mg.kg⁻¹). Agrolesnícky pasienok mal neutrálnu pôdnu reakciu, stredný obsah humusu a nízky obsah dusíka. Oproti predchádzajúcemu roku bola mierne vyššia hodnota pH (6,88). Obsah fosforu bol vyhovujúci, zásoba horčíka v pôde bola dobrá a draslíka vysoká (346,75 mg.kg⁻¹).

Tabuľka 2: Agrochemické vlastnosti pôdy (0 - 100 mm)

Variant	Rok	pH _{KCl}	C _{ox}	Humus	N	P	K	Mg
		g.kg ⁻¹				mg.kg ⁻¹		
1	2023	5,77	18,50	31,89	1,87	17,11	204,53	336,97
2		6,48	17,10	29,48	1,79	28,77	438,31	164,24
1	2024	6,12	19,90	34,31	1,85	55,92	99,15	331,23
2		6,88	15,90	27,41	1,57	45,16	346,75	158,16
1	prie- mer	6,68^b	19,2	33,10	1,86	36,51	151,84^a	334,1^b
2		5,95^a	16,5	28,45	1,68	86,96	392,53^b	161,2^a
<i>P hodnota</i>		<i>0,0216*</i>	<i>0,2557</i>	<i>0,2861</i>	<i>0,3228</i>	<i>0,4173</i>	<i>0,0183*</i>	<i>0,0000*</i>

Rozdielne indexy znamenajú štatisticky preukazné rozdiely medzi úrovňami faktorov (Tukey t-test, $P < 0,05$), * - významné rozdiely na úrovni 95 %, 1 – pasienok, 2 – agrolesnícky pasienok

Pasienok mal štatisticky preukazne ($P < 0,05$) vyššiu pôdnu reakciu a obsah horčíka a nepreukazne vyšší obsah Cox a humusu (tabuľka 2). Signifikantne vyššia zásoba draslíka v pôde sa zistila na agrolesníckom pasienku ($392,53 \text{ mg.kg}^{-1}$).

Záver

Za sledované obdobie (2023 – 2025) môžeme konštatovať, že produkčný potenciál na agrolesníckom pasienku bol nižší ($2,98 \text{ t.ha}^{-1}$), ako na pasienku 1 ($6,25 \text{ t.ha}^{-1}$). Z hľadiska hodnotenia kvality fytomasy porastu sme na agrolesníckom pasienku zistili vyšší obsah fosforu, draslíka a vápnika. Obsah dusíkatých látok bol o niečo nižší ako na pasienku 1, čo dávame do súvisu s nižším zastúpením ďatelinovín v poraste. Agrolesnícke hospodárenie v kombinácii s chovom hospodárskych zvierat na pasienkoch s drevinami sa čoraz viac využíva aj z dôvodu, že stromy slúžia ako ochrana zvierat pred slnkom, vetrom a snehom. Úrody sušiny môžu byť vyššie z dôvodu zatienenie porastu stromami, čím potom nedochádza k nadmernému vysušaniu trávneho porastu v letnom suchom období.

Literatúra

- Atlas krajiny Slovenskej republiky. 2002: 1. vyd. Bratislava: MŽP SR; Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia, 2002, 344 s.
- FRAME, J. 2005: Forage legumes for temperate grasslands. 1. vyd. Rome: FAO, 309 s.
- GIBSON, D. J. 2009: Grasses and grassland ecology. Oxford University Press: Oxford and New York 2009, 305 p.
- HOPKINS, A. et al. 1990: Response of permanent and reseeded grassland to fertilizer nitrogen. 1. Herbage production and herbage quality. In Grass and Forage Science 45 (1), 1990, p. 43 – 55.
- HOLÚBEK, R. et al. 2007: Krmovinárstvo – manažment pestovania a využívania krmovín. Nitra, 420 s.

- JANKOVIČ, J., PÁSTOR, M. 2021: Agrolesnícké systémy a potenciál využívania na Slovensku. Zvolen, NLC – LVÚ, 67 s.
- JANKOVIČ, J., MUCHOVÁ, Z., HAFEZI, S. M., DAXNEROVÁ, S., 2025: Integrácia drevín do poľnohospodárskej krajiny: potenciál agrolesníctva na Slovensku. In: Rozvoj vidieka/Rural development, Zborník recenzovaných vedeckých prác z konferencie s medzinárodnou účasťou konanej v rámci 65. Valného zhromaždenia členov Slovenskej akadémie pôdohospodárskych vied dňa 24. apríla 2025 v Lužiankach, Zborník č. 88, Lužianky, 2025, s.70 – 76.
- KOVÁČIKOVÁ, Z., VARGOVÁ, V., MICHALEC, M. 2012: Effects of non-fertilised grassland management intensity on herbage quality and quantity. In Agriculture (Poľnohospodárstvo), vol. 58, 2012, no. 2, pp. 41–49. DOI: 10.2478/v10207-012-0005-8
- MAATHUIS, F. 2009: Physiological function of mineral macronutrients. In Current Opinion in Plant Biology 12 (3), 2009: 250-258.
- MALOCH, M. 1953: Krmovinnárinstvo II. Bratislava: SPN, 1953, 616 s.
- NOVÁK, J. 2008: Pasienky, lúky a trávniky. Prievidza : Patria I. spol. s r. o., 708 s.
- PEETERS, A. 2004: Wild and Sown Grasses, Profiles of Temperate Species Selection. In Ecology Biodiversity and Use. Rome and Oxford : FAO and Blackwell Publishing, 2004, 311 p.
- SKLÁDANKA, J. et al. 2014: Pícninárství. Brno: MU, 2014: 368 s.
- TILMAN, D., ISBELL, F., COWLES, M. 2014: Biodiversity and ecosystem functioning. In Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 45: 471-439.
- VARGOVÁ, V., MICHALEC, M. 2017: Vplyv hnojenia údolnej lúky na produkciu sušiny. In Recenzovaný zborník vedeckých prác Slovenskej spoločnosti pre poľnohospodárske, lesnícke, potravinárske a veterinárske vedy pri Slovenskej akadémii vied, pobočka Nitra. 1. vyd. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2017, p. 119-126.
- VOZÁR, L., JANČOVIČ, J. 2014: Ošetrovanie travných porastů. In Skládanka, J. et al. Pícninárství. Brno : MU, s. 225-245

Podakovanie

Tento príspevok bol spracovaný z výsledkov riešenia Rezortného projektu výskumu a vývoja (RPVaV) „Modely transformácie drevinami zarastených nelesných pozemkov na produkčné agrolesnícké systémy (TRANSAGROLES)“.

Kontakt

Ing. Vladimíra Vargová, PhD.

Ing. Mariana Jančová, PhD.

Ing. Zuzana Dugátová

Ing. Ľubica Jančová

NPPC, Odbor rastlinnej výroby, Oddelenie travných

porastov a horského poľnohospodárstva, J. C. Hronského 1, 960 53 Zvolen

e-mail: vladimira.vargova@nppc.sk, mariana.jancova@nppc.sk,

lubica.jancova@nppc.sk

RAST A VÝVOJ VÝSADIEB ORECHA ČIERNEHO V RÔZNYCH KLIMATICKÝCH OBLASTIACH SLOVENSKA POČAS ŠTYROCH ROKOV PO ZALOŽENÍ

Michal Pástor, Martin Belko, Ivan Horvát

Abstrakt

Cieľom príspevku bolo porovnať iniciálny vývoj a rast výsadiieb orecha čierneho založených v rôznych klimatických oblastiach Slovenska a posúdiť vhodnosť vnášania tejto dreviny na nové stanovištia nachádzajúce sa aktuálne mimo oblastí s optimálnymi podmienkami pre rast a vývoj tejto dreviny. Založenie plôch s orechom čiernym bolo realizované v jarných mesiacoch roka 2021 v troch rôznych klimatických oblastiach: i) nížinnej: Cabaj-Čápor, Sklabiná, Širákov, ii) podhorskej: Praznov, Polichno a iii) horskej: Oščadnica, Ždiar. Výška nadzemnej časti a hrúbka koreňového krčka sadeníc na ploche Cabaj-Čápor s priemernou hrúbkou v koreňovom krčku vysadených jedincov 8,1 cm a výškou 3,2 m štyri roky po výsadbe potvrdili predpoklady vhodnosti pestovania orecha čierneho na vybraných stanovištiach v nížinných oblastiach Slovenska. Na plochách v horských a podhorských oblastiach sa v prípade vylúčenia poškodenia zverou, resp. ostatnými škodlivými činiteľmi, orech čierny vyznačoval dostatočnou rastovou vitalitou s predpokladom úspešného odrastania a dosiahnutia ekonomického zhodnotenia. Predbežné výsledky hodnotenia naznačujú, že výsadby orecha čierneho by mohli nájsť širšie uplatnenie nielen v nížinných, ale aj ako súčasť agrolesníckych systémov v podhorských a horských oblastiach.

Kľúčové slová

orech čierny, agrolesníctvo, trvalé trávne porasty, horské oblasti

Úvod

Orech čierny bol do Európy introdukovaný v r. 1629 ako okrasná drevina z východného pobrežia Severnej Ameriky. Zatiaľ čo v pôvodnom areáli rozšírenia je bežnou súčasťou lesných spoločenstiev spolu s ostatnými listnatými drevinami, v Európe sa jeho výsadby obmedzovali zväčša na parky, botanické záhrady, arboréta a mestskú zeleň (Hemery et al. 2010; Nicolescu et al. 2020). Širšie uplatnenie vo výsadbách na Slovensku bolo limitované najmä jeho nízkou konkurencieschopnosťou a zvýšenými nárokmi na svetlo, a pôdu (Michler et al. 2007). Avšak, rastúci dopyt po kvalitnej drevnej hmote spolu so snahou

o diverzifikáciu produkcie na poľnohospodárskych pozemkoch aktuálne podporuje záujem o pestovanie viacerých drevín, s potenciálom nadpriemernej hodnotovej produkcie, medzi nimi aj orecha čierneho (Jankovič, Pástor 2021). Dôkazom je aj nedávna dražba cenných výrezov na OZ Podunajsko, kde bol výrez orecha čierneho s hrúbkou 58 cm a dĺžkou 9,3 m vydražený za cenu 1 819 EUR za 1 m³ (Lesmedium 2026).

Orech čierny sa na stanovištiach s priaznivými podmienkami vyznačuje pomerne rýchlym rastom. Samostatne rastúci strom je schopný vo veku 25 rokov dosiahnuť výšku 25 m, hrúbku 46 cm a objem využiteľného kmeňa 0,85 m³ (Burns, Honkala 1990). V podmienkach Slovenska sa väčšina údajov popisujúcich skúsenosti s výsadbou a pestovaním orecha čierneho viaže k jednotlivým samostatne rastúcim stromom (Nicolescu et al. 2020). Založenie výsadiel orecha čierneho na plochách v rôznych klimatických oblastiach Slovenska poskytuje jedinečnú možnosť získania prehľadu o aktuálnych problémoch spojených so zakladaním plošných výsadiel tejto dreviny. Cieľom príspevku bolo porovnať iniciálny vývoj a rast výsadiel orecha čierneho založených v rôznych klimatických oblastiach Slovenska a posúdiť vhodnosť vnášania tejto dreviny na nové stanovištia nachádzajúce sa aktuálne mimo oblastí s optimálnymi podmienkami pre rast a vývoj tejto dreviny.

Materiál a metodika

Prírodné pomery a lokalizácia výsadbových plôch

Založenie plôch s výsadbami orecha čierneho bolo realizované v jarných mesiacoch roka 2021 v troch rôznych výškových zónach. V prvej výškovej zóne, nížinné oblasti, vymedzenej nadmorskou výškou 100 až 300 m n. m. boli založené 3 plochy: Cabaj-Čápor, Sklabiná, Širákov. V druhej výškovej zóne, podhorské oblasti, vymedzenej nadmorskou výškou 400 až 600 m n. m. boli založené 2 plochy: Praznov a Polichno. V tretej výškovej zóne, horské oblasti, boli založené 2 plochy: Oščadnica a Ždiar (Tabuľka 1).

Výsadba bola vykonaná na pozemkoch patriacich do poľnohospodárskeho pôdneho fondu, najmä trvalých trávnych porastoch menej na poľnohospodárskej pôde. Vegetačný kryt bol na väčšine plôch tvorený zmesou rôznych druhov tráv (*Carex* sp., *Poa* sp.). Výsadbové plochy boli založené prevažne na rovinatých prípadne mierne svahovitých pozemkoch s rôznou expozíciou. Prevládajúci pôdny typ v horských a podhorských oblastiach bola kambizem, v nížinách sa vyskytla černoziem a hnedozem.

Založenie, usporiadanie a hodnotenie výsadbových plôch, povýsadbová starostlivosť

Výsadby boli založené vlastníckmi pozemkov s požitím komerčného sadbového materiálu. Voľnokorenné 1-ročné sadenice orecha čierneho boli vysadené jamkovou sadbou v pravidelnom spone a rozstupe. Celkovo bolo vysadených na jednotlivých plochách od 200 do 500 ks sadeníc orecha čierneho. V čase výsadby

Tabuľka 1: Lokalizácia a charakteristika prírodných pomerov plôch s výsadbami orecha čierneho (Juglans nigra L.)

Lokalita	GPS súradnice	Nadmorská výška	Sklon	Expozícia	Priemerná teplota vzduchu vo vegetačnom období/Počet dní s teplotou vzduchu nad 5 °C	Pôdny typ
Cabaj-Čápor	48,198° N; 18,002° E	165 m n. m.	3° – 7°	V	16 – 17 °C/242 dní	černozem
Sklabiná	48,155° N; 19,359° E	161 m n. m.	0°	rovina	15 – 16 °C/229 dní	hnedozem
Širákov	48,153° N; 18,177° E	220 m n. m.	3° – 7°	Z	15 – 16 °C/229 dní	kambizem
Praznov	49,111° N; 18,500° E	395 m n. m.	17° – 25°	J	13 – 15 °C/215 dní	kambizem
Polichno	48,403° N; 19,492° E	600 m n. m.	3° – 7°	Z	12 – 13 °C/202 dní	kambizem
Oščadnica	49,485° N; 18,932° E	795 m n. m.	17° – 25°	S	10 – 11 °C/182 dní	kambizem
Ždiar	48,276° N; 20,237° E	895 m n. m.	7° – 12°	V	10 – 11 °C/182 dní	kambizem

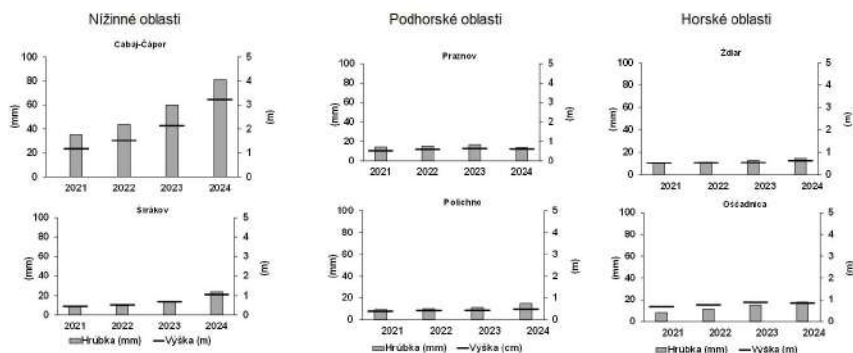
dosiahli rozmery sadeníc: výška nadzemnej časti $35 \pm 5,3$ cm, hrúbka v koreňovom krčku $3,5 \pm 0,7$ mm. Starostlivosť o výsadby bola zabezpečená vlastníckmi pozemkov a zahŕňala oplotenie výsadby a odstraňovanie konkurenčnej vegetácie.

Na každej ploche bolo pre potreby hodnotenia výsadiieb vybraných a označených 50 ks sadeníc. Každoročne po skončení vegetačného obdobia boli na označených jedincoch hodnotené rastové charakteristiky: výška nadzemnej časti, hrúbka v koreňovom krčku a vizuálne posúdená prítomnosť poškodenia, resp. vitality. Z nameraných údajov boli vypočítané priemerné hodnoty. Hodnotenie rastových charakteristík bolo vykonané len na nepoškodených jedincoch, na plochách s výskytom rozsiahlejšieho poškodenia boli rastové charakteristiky vypočítané z hodnôt zmeraných na poškodených jedincoch.

Výsledky a diskusia

Na lokalitách v rámci areálu pôvodného rozšírenia v USA dosahuje výškový prírastok orecha čierneho na najlepších stanovištiach 90 až 120 cm za rok. Vysoký predpoklad intenzívneho rastu v období po výsadbe demonštrujú aj rozmery jedinca, ktorý sedem rokov po založení plantáže dosiahol hrúbku v koreňovom krčku 11,9 cm a výšku 7,6 m (Burns, Honkala 1990). Orech čierny rastie najlepšie

na hlbokých humózných pôdach s dostatkom pôdnej vlhky. V prípade výsadby na stanovište s nepriaznivými podmienkami, napr. výsyvky po ťažbe, je rast výrazne spomalený a počas prvých desiatich rokov po výsadbe nepresahuje hrúbkový prírastok 6 mm a výškový prírastok 33 cm (Burns, Honkala 1990).

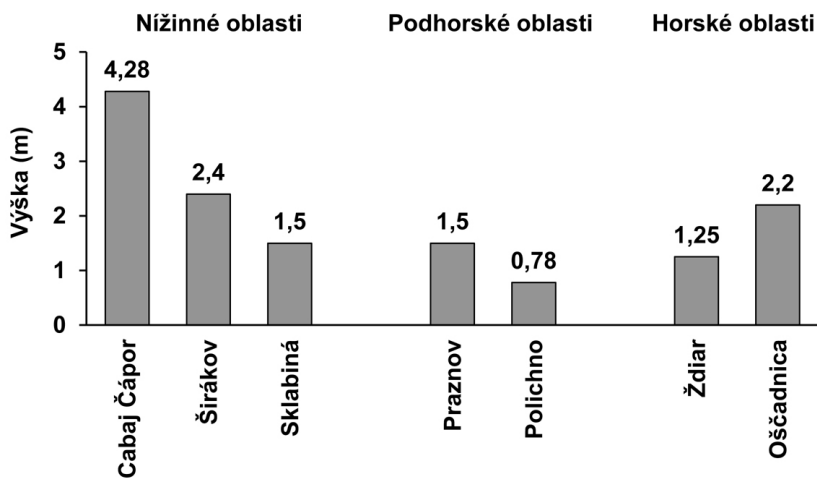


Obr.1: Priemerná výška a hrúbka v koreňovom krčku sadeníc orecha čierneho vysadených na plochách v nížinných, podhorských a horských oblastiach počas štyroch rokov po výsadbe.

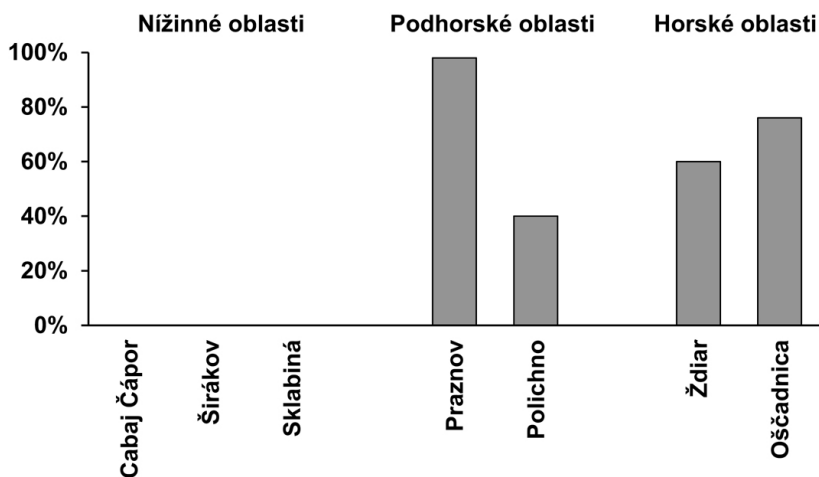
V rámci založených a hodnotených výsadiel sa orech čierny v nížinných oblastiach vyznačoval dostatočnou vitalitou spojenou s absenciou výraznejšieho poškodenia a postupnou akceleráciou výškového prírastku. Výška nadzemnej časti a hrúbka koreňového krčku sadeníc na ploche Cabaj-Čápor s priemernou hrúbkou v koreňovom krčku vysadených jedincov 8,2 cm a výškou 3,2 m štyri roky po založení (Obr.1) potvrdzujú predpoklady pestovania orecha čierneho v podmienkach Slovenska.

Výsledky hodnotenia ostatných založených plôch dokumentujú, že zakladanie výsadiel orecha čierneho vo voľnej krajine, prípadne ako súčasti budúcich agrolesníckych systémov je spojené s viacerými ohrozeniami (Jankovič, Pástor 2021; Jankovič et al. 2023). V podhorských a horských oblastiach sú plochy vhodné pre výsadbu orecha čierneho limitované prevažne na trvalé trávne porasty (Jankovič, Pástor 2021). Výrazné výkyvy vo vodnovzdušnom režime, absencia korunového zápoja a tienenia, ako aj intenzívna konkurencia počas vegetačného obdobia vytvárajú zo stanovišť porastených trávovitými druhmi ťažko zalesniteľné plochy (Šmelková 2009).

V prípade zanedbania alebo absencie povýsadbovej starostlivosti, vysadená sadenica ťažšie prekonáva šok z presadenia a výrazne pomalšie sa adaptuje na podmienky výsadbovej plochy. Jedným z prejavov spomalenej adaptácie na podmienky výsadbovej plochy je obmedzenie výškového rastu a rozvoja nadzemnej



Obr.2: Horná výška 10 % nepoškodených jedincov orecha čierneho štyri roky po vysadení na plochách v nížinných, podhorských a horských oblastiach.



Obr. 3: Podiel poškodených z celkového počtu vysadených a hodnotených jedincov orecha čierneho štyri roky po vysadení na plochách v nížinných, podhorských a horských oblastiach.

časti. Najlepšie to demonštruje vývoj na plochách Oščadnica a Praznov. Výsadby na obidvoch plochách sa štyri roky po výsadbe vyznačovali nadpriemerne vysokým podielom poškodených jedincov (zver, konkurenčná vegetácia, neskoré mrazy). Pri poškodených jedincoch nepresiahla výška nadzemnej časti štyri roky po výsadbe 100 cm. Na druhej strane pri nepoškodených jedincoch, Praznov 1 kus a Oščadnica 12 kusov, dosiahla horná výška nadzemnej časti 1,5 m a 2,2 m (Obr. 2 a 3).

Záver

Výška nadzemnej časti a hrúbka koreňového krčka sadeníc na ploche Cabaj-Čápor s priemernou hrúbkou v koreňovom krčku vysadených jedincov 4,2 cm a výškou 3,2 m štyri roky po založení potvrdzujú predpoklady vhodnosti pestovania orecha čierneho v nížinných oblastiach Slovenska. Na plochách v horských a podhorských oblastiach sa v prípade vylúčenia poškodenia zverou, resp. ostatnými škodlivými činiteľmi, orech čierny vyznačoval dostatočnou rastovou vitalitou s predpokladom úspešného odrastania a dosiahnutia ekonomického zhodnotenia. Predbežné výsledky hodnotenia naznačujú, že orech čierny by mohol nájsť širšie uplatnenie nielen v nížinných, ale aj ako súčasť agrolesníckych systémov v podhorských a horských oblastiach. Pri zakladaní výsadiieb orecha čierneho v podhorských a horských oblastiach je však potrebné dbať na dôslednú realizáciu opatrení povýsadbovej starostlivosti.

Podakovanie

Príspevok vznikol vďaka finančnej podpore projektov „Modely transformácie drevinami zarastených nelesných pozemkov na produkčné agrolesnícke systémy“ (TRANSAGROLES a „Adaptačný potenciál drevín pri príprave lesov Slovenska na zmenu klímy (TreeAdapt), financovaných z rozpočtovej kapitoly MPRV SR a projektov Agentúry pre podporu výskumu a vývoja MŠVVaŠ SR (APVV-20-0326, APVV-23-0659).

Literatúra

- Burns R. M., Honkala B. H. (1990): Silvics of North America, 1. Conifers; 2. Hardwoods. Agriculture Handbook 654. Washington, U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 877.
- Hemery G.E., Clark J.R., Aldinger E., Claessens H., Malvolti M. E., O'Connor E., Raftoyannis Y., Savill P. S., Brus R. (2010): Growing scattered broadleaved tree species in Europe in a changing climate: a review of risks and opportunities. Forestry, 83: 65–81.
- Jankovič J, Pástor M. 2021: Agrolesnícke systémy a potenciál ich využívania na Slovensku. Národné lesnícke centrum. 68s.
- Jankovič J., Slávik M., Štefančík I., Pástor M., Bartko M., Túčeková A., Longauer R., Sviček M., Huba J., Apacsová Fusková M., Julény. 2023: Zakladanie agrolesníckych systémov na poľnohospodárskej pôde. (Metodika pre strategický plán SPP 2023 – 2027). Zvolen, NLC-LVÚ Zvolen, 57 s.
- Lesmedium, 2026: Rekordný výrez orecha čierneho na dražbe dreva: S priemerom

58 cm, dĺžkou 9,3 m, cenou 1 819 eur za meter kubický. Lesmedium. <https://www.lesmedium.sk/aktualne/rekordny-vyrez-orecha-cierneho-na-drazbe-dreva-s-priemerom-58-cm-dlzkou-9-3-m-a-cenou-1-819-eur-za-meter-kubicky>

- Michler, Charles H.; Woeste, Keith E.; Pijut, Paula M. 2007. Black Walnut. In: Kole, Cittaranjan, ed. Genome mapping and molecular breeding in plants, Vol. 7, Forest trees. Berlin, Germany: Springer-Verlag: 189-198.
- Nicolescu V. N., Rédei, K., Vor T., Bastien J. C., Brus R., Benčat' T., Dodan M., Cvejtovic B., Andrašev S., Porta N., Lavnyy V. et al. 2020: A review of black walnut (*Juglans nigra* L.) ecology and management in Europe. Trees 34: 1087-1112.
- Šmelková Ľ. 2009. Zakladanie lesa. Technická Univerzita vo Zvolene, Zvolen. 338 s.

Kontakt

Ing. Michal Pástor, PhD.

Ing. Martin Belko, PhD.

Ing. Ivan Horvát

NLC Zvolen

Odbor pestovania lesa a semenárskej kontroly

T. G. Masaryka 2175/ 22, 960 01 Zvolen

e-mail: michal.pastor@nlcsk.org

REAKCIA KRYTOKORENNÝCH SEMENÁČIKOV BUKA LESNÉHO A BOROVICE LESNEJ NA SUBSTRÁTY S PRÍDAVKOM DREVNÉHO POPOLA

**Elena Takáčová, Vladimír Mačejovský, Ivan Horvát,
Martin Belko, Dagmar Bednárová, Klára Králová**

Abstrakt

V rámci riešenia projektu LignoSilva boli pripravené demonštračné ukážky využitia drevného popola pri pestovaní lesných drevín v laboratórnych a poloprevádzkových podmienkach a následne pri výsadbe v agrolesníckych systémoch. Cieľom práce bolo posúdenie účinku dvoch dávok drevného popola v pestovateľskom substráte (pomer rašeliny a popola 1:0,15, 1:0,25) na rast semenáčikov borovice a buka počas vegetačného obdobia v porovnaní s kontrolným variantom. Hodnotené semenáčky sa vyznačovali výraznou druhovo špecifickou reakciou na prímies popola. Zatiaľ čo rast nadzemnej časti semenáčikov buka bol vo variantoch s prímiesou popola významne stimulovaný, prímies popola do substrátu nemala na rast borovice výraznejší vplyv. Negatívny účinok zvýšenej dávky popola na rast nadzemnej časti borovice poukázal na potrebu ďalšieho výskumu zameraného na optimalizáciu podielu drevného popola v substráte zohľadňujúceho druhové nároky drevín a cieľovú kvalitu pestovaného sadbového materiálu.

Kľúčové slová

borovica lesná, buk lesný, drevný popol, krytokorenné semenáčky, pestovanie lesných drevín, recyklácia

Úvod

Kvalita sadbového materiálu patrí medzi kľúčové faktory ovplyvňujúce úspešnosť obnovy lesných porastov, najmä v podmienkach meniacej sa klímy a rastúceho tlaku abiotických stresových faktorov (Dubský et al. 2013).

Krytokorenný sadbový materiál sa vyznačuje lepšou adaptáciou na podmienky prostredia, menším rizikom šoku z presadenia v prvých rokoch po výsadbe, skrátenou dobou pestovania s možnosťou pružnejšie reagovať na dopyt a flexibilnejší termín výsadby v porovnaní s voľnokorenným sadbovým materiálom (Grossnickle, El-Kassaby 2016; Repáč et al. 2015; Landis et al. 2010).

Prednosti použitia krytokorenného sadbového materiálu pri zalesňovaní sú spojené najmä s koncentráciou koreňového systému do priestoru koreňového balu

tvoreného pestovateľským substrátom. Na rozdiel od voľnokorenného sadbového materiálu, koreňový bal poskytuje krytokorennému sadbovému materiálu lepšiu ochranu pred mechanickým poškodením pri manipulácii, priaznivejšie prostredie pre rast koreňov počas pestovania a po výsadbe a rovnako aj zdroj živín z použitých hnojív z pestovania v škôlke (Landis et al. 2010).

Tradičným komponentom substrátov využívaným pri pestovaní krytokorenného sadbového materiálu je rašelina, hlavne pre svoju vysokú vododržnosť, nízku objemovú hmotnosť a priaznivé fyzikálne vlastnosti. Jej významným nedostatkom je však nízke pH, nedostatočný obsah živín, ako aj environmentálne aspekty spojené s jej ťažbou (Schmielewski 2008; Brady & Weil 2010). Nedostatky rašelin spojené s pestovaním sadbového materiálu lesných drevín sú v bežnej prevádzke odstraňované s použitím rôznych prídavných látok (hnojív, látky zlepšujúce fyzikálne vlastnosti napr.: íly a pod.). Avšak, aktuálny záujem o budovanie cirkulárnej ekonomiky, recykláciu a znižovanie závislosti na zdrojoch nerastných surovín začína otvárať otázky použitia alternatívnych látok aj v prípade intenzívnych spôsobov pestovania sadbového materiálu lesných drevín. Jedným z produktov vhodných pre použitie v škôlkarskej výrobe je drevný popol. Drevný popol je z pohľadu poľnohospodárskej a lesníckej praxe zaujímavý najmä ako pôdu zlepšujúca látka a ako zdroj živín pre rastliny (Asare a Hejzman 2022; Reid a Watmough 2014).

Keďže ani rašelina, ani drevný popol neobsahujú rastlinami priamo využiteľný dusík, jeho dodanie je nevyhnutné pre zabezpečenie normálneho rastu. Dusík je základným prvkom limitujúcim rast krytokorenných semenáčikov, keďže jeho nedostatok sa v podmienkach intenzívnych postupov pestovania prejavuje rýchlejšie než v pôde (Marschner 2012).

V škôlkarskej praxi sa pri pestovaní krytokorenných semenáčikov využíva hnojenie na list, ktoré predstavuje vhodný spôsob doplnenia dusíka. Okrem dusíka zohráva významnú úlohu aj bór, ktorý je dôležitý pre delenie buniek, tvorbu bunkových stien a diferenciáciu pletív, najmä v oblasti koreňového krčka, čo je kľúčový znak kvality krytokorenných semenáčikov (Fernández & Brown 2013).

Drevný popol je charakteristický vysokým obsahom bázičných kationov (Ca, K, Mg) a alkalickou reakciou, vďaka čomu môže významne ovplyvniť chemické vlastnosti substrátu v kontajneroch a tým aj rast krytokorenných semenáčikov (Pitman 2006; Augusto et al. 2008). Jeho účinok však môže byť výrazne druhovo špecifický, najmä v prípade drevín s rozdielnymi ekologickými nárokmi (Bélanger et al. 2021).

Buk lesný (*Fagus sylvatica* L.) patrí medzi drevo preferujúce mierne kyslé až neutrálne, živinovo bohatšie pôdy, pričom vyššia dostupnosť živín podporuje intenzívnejší rast celkovú morfológickú vyspelosť jedincov (Packham et al. 2012; Štefančík et al. 2023).

Borovica lesná (*Pinus sylvestris* L.) patrí medzi svetlomilné a ekologicky plastické drevo schopné rásť aj na živinovo chudobných pôdach, pričom tvorba hlbšie prenikajúceho koreňového systému významne prispieva k mechanickej

stabilite stromov (Mickovski a Ennos 2002; Rune 2003).

Špecifické nároky na živiny jednotlivých druhov drevín môžu významne ovplyvňovať reakciu krytokorenných semenáčikov na zmeny chemických vlastností pestovateľského substrátu, ktoré vznikajú v dôsledku aplikácie rôznych dávok drevného popola. Zmeny v dostupnosti živín, pôdnej reakcii a pomere bázických kationov môžu následne ovplyvňovať rastové procesy, fyziologickú kondíciu a celkovú vitalitu sadbového materiálu. Tieto zmeny sa často prejavujú vo variabilite morfológických parametrov rastlín, ktoré sú považované za ukazovatele kvality reprodukčného materiálu. (Grossnickle 2012, Haase 2007).

V Národnom lesníckom centre vo Zvolene sa rieši medzinárodný projekt Upgrade LignoSilva (Horizon Europe), ktorého súčasťou je aj demonštrácia využitia recyklácie živín z drevného popola v lesníctve. V rámci projektu bolo založených niekoľko experimentov v Biotechnologickom parku Stráže (BTP Stráže). Hlavným cieľom projektu je návrh postupov výroby kompostov, substrátov a hnojív z celulózových kalov a popolov a overenie možností ich použitia pri pestovaní sadbového materiálu lesných drevín v laboratórnych a poloprevádzkových podmienkach a následne pri výsadbe v agrolesníckych systémoch. Cieľom tohto príspevku bolo posúdenie účinku prímiesi stanoveného množstva popola v pestovateľskom substráte na rast krytokorenných semenáčikov borovice a buka počas vegetačného obdobia.

Materiál a metodika

Pokus bol založený v apríli 2025 vo fóliovníku BTP Stráž. Výsevy borovice lesnej (psy213TN-399) a buka lesného (fsy223MI-015) boli vykonané do sadbovačov QuickPot naplnených komerčne dostupnou rašelinou od producenta Gramoflor GmbH & Co KG. (kontrolný variant) a zmesou rašeliny a popola (RP25, RP15).

RP25 1 : 0,25 (10 kg rašeliny : 2,5kg popola),

RP15 1 : 0,15 (10 kg rašeliny : 1,5kg popola),

K kontrolný variant bez pridania popola.

Drevný popol použitý v experimentoch vznikol pri energetickom zhodnocovaní drevnej štiepky (z čistého chemicky neošetreného dreva). Producent drevného popola (Hriňovská energetická s. r. o.), ktorý využívame v experimente, má udelené povolenie na jeho použitie ako pôdna pomocná látka.

Vzhľadom na absenciu využiteľného dusíka v rašeline aj v drevnom popole sa semenáčky počas vegetačného obdobia (máj – júl 2025) hnojili na list hnojivom FLORALESAD, čím sa zabezpečili základné nutričné podmienky pre rast hodnotených drevín.

Výsledky

Pri rovnakých podmienkach hnojenia a rovnakom podiele drevného popola v substráte sa jednotlivé dreviny vyznačovali odlišnou rastovou reakciou. Prehľad nameraných rastových ukazovateľov je uvedený v tabuľke 1.

Tabuľka 1: Rastové parametre nadzemnej časti (priemer $\pm$ smerodajná odchýlka) krytokorenného sadbového materiálu buka lesného a borovice lesnej po prvom roku pestovania s aplikáciou drevného popola. Medzi variantmi označenými rovnakým písmenom nie je štatisticky významný rozdiel ($p < 0,05$).

Variant	Výška kmienka (cm)	Výška kmienka (cm)	Hrúbka kmienka (mm)
Drevina	Borovica lesná	Buk lesný	
RP15	19,5 $\pm$ 0,5 ^a	30,7 $\pm$ 0,6 ^a	4,8 $\pm$ 0,1 ^a
RP25	13,6 $\pm$ 0,5 ^b	28,4 $\pm$ 0,6 ^b	5,1 $\pm$ 0,1 ^b
K	18,6 $\pm$ 0,5 ^a	18,7 $\pm$ 0,6 ^c	4,3 $\pm$ 0,1 ^c



Obr. 1 Semenáčky *Pinus sylvestris* a *Fagus sylvatica* vo fóliovníku BTP Stráž vľavo po 1 mesiaci a vpravo po 4 mesiacoch od výsevu (Foto: Takáčová).

Buk lesný

Výsledky jednofaktorovej analýzy rozptylu (ANOVA) preukázali štatisticky významný vplyv pestovateľského variantu na výšku semenáčikov buka lesného. Semenáčky buka v kontrolnom variante (K) dosiahli najnižšiu priemernú výšku semenáčikov (18,7 cm), zatiaľ čo varianty s prídavkom drevného popola vykazovali výrazne vyššie hodnoty výšky. Najvyššia priemerná výška bola zaznamenaná pri variante RP15 (30,7 cm), nasledovanom variantom RP25 (28,4 cm). Výsledky jednoznačne poukazujú na pozitívny vplyv prídavku drevného popola do pestovateľského substrátu na rast semenáčikov, pričom nižší podiel popola (RP15) sa ukázal ako efektívnejší v porovnaní s vyšším podielom (RP25).

Štatisticky významný vplyv pestovateľského variantu sa preukázal aj na hrúbke kmienka buka lesného. Najnižšia priemerná hodnota hrúbky v koreňovom krčku bola zaznamenaná pri kontrolnom variante pestovanom bez prídania popola (4,3

mm). Varianty s prídavkom drewného popola dosiahli vyššie hodnoty, pričom priemerná hrúbka pri variante RP15 bola 4,8 mm a pri variante RP25 bola priemerná hodnota 5,1 mm.

Zároveň bol zistený aj štatisticky významný rozdiel medzi variantmi RP15 a RP25, pričom vyššie hodnoty hrúbky kmienka dosiahli semenáčky pestované pri variante RP25. Výsledky poukazujú na pozitívny vplyv prídavku drewného popola do pestovateľského substrátu na hrúbku kmienka buka, pričom najvýraznejší efekt bol zaznamenaný pri vyššom podiele popola.

Borovica lesná

Výsledky jednofaktorovej analýzy rozptylu preukázali štatisticky významný vplyv pestovateľského variantu na výšku kmienka semenáčikov borovice. Najvyššiu priemernú výšku dosiahli semenáčky pestované pri variante RP15 (19,5 cm), zatiaľ čo najnižšie hodnoty boli zaznamenané pri variante RP25 (13,6 cm). Kontrolný variant pestovaný v čistej rašeline (K) dosiahol priemernú výšku 18,6 cm.

Následný Tukeyho HSD post-hoc test potvrdil, že semenáčky borovice lesnej pestované pri variante RP25 mali signifikantne nižšiu výšku kmienka v porovnaní s variantmi RP15 a K. Naopak, medzi variantom RP15 a kontrolným variantom K nebol zistený štatisticky významný rozdiel, čo naznačuje porovnateľnú úroveň výškového rastu v týchto dvoch variantoch.

Výsledky poukazujú na to, že nižší podiel drewného popola v substráte (RP15) neobmedzoval výškový rast borovice lesnej, zatiaľ čo vyšší podiel popola (RP25) mal na výšku negatívny vplyv. Borovica reagovala citlivo na zvýšené pH a vyšší obsah bázických katiónov v substráte, čo sa prejavilo znížením výškového rastu pri variante RP25.

Diskusia a záver

Výsledky jednofaktorovej analýzy rozptylu (ANOVA) preukázali, že zloženie pestovateľského substrátu malo štatisticky významný vplyv na rastové znaky krytokorenných semenáčikov v prvom roku pestovania, pričom reakcia bola výrazne druhovo špecifická. Rozdiely medzi variantmi sa prejavili nielen vo výške kmienka, ale u buka lesného aj v hrúbke kmienka, ktorý je pri krytokorenných semenáčkoch považovaný za jeden z najdôležitejších ukazovateľov ich mechanickej stability a kvality po výsadbe (Grossnickle 2012).

Buk lesný vo variante RP15 dosiahol signifikantne vyššie hodnoty výšky, zatiaľ čo variant RP25 vykazoval najvyššie hodnoty hrúbky kmienka. Vyšší podiel drewného popola vo variante RP25 pravdepodobne viedol k zvýšeniu pH a dostupnosti bázických katiónov, najmä vápnika, čo podporilo hrúbkový rast v oblasti koreňového krčka (Augusto et al. 2008). Takýto efekt je pri krytokorenných semenáčkoch významný, pretože koreňový systém je priestorovo obmedzený objemom kontajnera a reakcia na zmenu substrátu je výraznejšia než pri voľnokorenných sadenicích.

Naopak, vyššie hodnoty výšky zaznamenané pri variante RP15 naznačujú, že nižší podiel drewného popola vytváral priaznivejšie podmienky pre rast nadzemnej časti, pričom nedošlo k nadmernému zvyšovaniu pH substrátu. Z hľadiska

kvality krytokorenného sadbového materiálu to poukazuje na kompromis medzi rýchlosťou výškového rastu a tvorbou mechanicky stabilnejších jedincov, čo je dôležité zohľadniť pri voľbe pestovateľského variantu v závislosti od cieľového použitia sadby (Grossnickle 2012).

Pri borovici lesnej bol zistený štatisticky významný pokles výšky kmienka pri variante RP25 v porovnaní s variantmi RP15 a kontrolným variantom, medzi ktorými sa rozdiely neprejavili ako signifikantné. Tento výsledok potvrdzuje citlivosť borovice ako oligotrofnej dreviny na zvýšenie pH substrátu a vyšší obsah bázičných katiónov, ktoré môžu v podmienkach kontajnerového pestovania viesť k narušeniu rovnováhy živín a obmedzeniu rastu (Marschner 2012, Augusto et al. 2008). Aj napriek rovnakým podmienkam hnojenia dusíkom na list sa negatívny vplyv vyššieho podielu drevného popola pri variante RP25 prejavil znížením výškového rastu, čo naznačuje, že chemické vlastnosti substrátu mali dominantný vplyv na rastovú odpoveď borovice lesnej.

Jednotné listové hnojenie dusíkom a bórom bolo v experimente nevyhnutné vzhľadom na absenciu využiteľného dusíka v rašeline aj v drevnom popole (Augusto et al. 2008) a zabezpečilo porovnateľné základné nutričné podmienky vo všetkých variantoch. Zároveň však výsledky poukazujú na to, že účinnosť dodaného dusíka bola ovplyvnená zložením substrátu, čo sa prejavilo rozdielnou reakciou buka a borovice (Fernández a Brown 2013). Kým buk dokázal efektívne využiť dodaný dusík aj v substráte s vyšším podielom drevného popola, borovica na rovnaké podmienky reagovala negatívne, čo je v súlade s jej ekologickými adaptáciami na kyslé a živinovo chudobné prostredie (Marschner 2012).

Z hľadiska škôlkarskej praxe to naznačuje, že vyšší podiel drevného popola v substráte v kombinácii s jednotným dusíkatým hnojením podporuje tvorbu mechanicky stabilnejších semenáčikov buka, čo je priaznivé najmä pre výsadby na stanovištiach so zvýšeným rizikom stresu po výsadbe. Variant RP15 je naopak vhodný v prípadoch, kde je prioritou rýchlejší výškový rast v produkčnej fáze.

Výsledky štatistických analýz v priebehu jedného vegetačného obdobia poukazujú na nevhodnosť vyššieho podielu drevného popola v substráte pre borovicu, aj pri zabezpečení dusíkovej výživy formou listového hnojenia. Borovica reagovala citlivo na zmenu chemických vlastností substrátu, čo sa prejavilo obmedzením výškového rastu pri variante RP25.

Z praktického hľadiska výsledky naznačujú, že použitie drevného popola ako zložky substrátu je vhodnejšie pre pestovanie krytokorenných semenáčikov buka než borovice, pričom optimálny sa javí najmä nižší podiel popola (RP15). Pri borovici je potrebné aplikáciu drevného popola v substráte zvažovať opatrne, najmä pri vyšších dávkach. Optimalizácia podielu drevného popola v substráte by preto mala zohľadňovať druhové nároky drevín a cieľovú kvalitu pestovaného sadbového materiálu, najmä pomer medzi výškovým a hrúbkovým rastom.

Výsledky práce zároveň poukazujú na potrebu ďalšieho výskumu zameraného na optimalizáciu dávok drevného popola a na hodnotenie interakcií medzi substrátom, výživou a druhmi drevín pri pestovaní krytokorenného sadbového materiálu.

Podakovanie

Príspevok vznikol vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Centrum excelentnosti lesnícko-drevárskeho komplexu LignoSilva; (kód ITMS: 313011S735), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.“ a v rámci projektu TreeAdapt, financovaného z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301) a kontraktu uzavretého medzi MPRV SR a NLC č. 1170/2024/MPRVSR-710, úlohy č. 15 Kontrola LRM, prvok 0900E02 „Odborná pomoc pre udržateľné lesné hospodárstvo.

Literatúra

- ASARE, M. O. a HEJCMAN, M. Effect of tree species on the elemental composition of wood ashes and their fertilizer values on agricultural soils. GCB Bioenergy [online]. 2022, roč. 14, č. 12, s. 1321–1335 [cit. 2026-01-03]. Dostupné na: <https://doi.org/10.1111/gcbb.13002>
- AUGUSTO, L., BAKKER, M. R. a MEREDIEU, C. Wood ash applications to temperate forest ecosystems—potential benefits and drawbacks. Plant and Soil [online]. 2008, roč. 306, č. 1–2, s. 181–198 [cit. 2026-01-03]. Dostupné na: <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9570-z>
- BĚLANGER, N., PONCE, G. P. a BRAIS, S. Contrasted growth response of hybrid larch (*Larix × marschlinsii*), jack pine (*Pinus banksiana*) and white spruce (*Picea glauca*) to wood ash application in northwestern Quebec, Canada. iForest – Biogeosciences and Forestry [online]. 2021, roč. 14, č. 2, s. 155–165 [cit. 2025-09-15]. Dostupné na: <https://doi.org/10.3832/IFOR3597-014>
- BRADY, N. C. a WEIL, R. R. The nature and properties of soils. 15. vyd. Boston: Pearson, 2017. ISBN 978-0-13-325448-8.
- DUBSKÝ, M., ŠRÁMEK, F., NÁROVEC, V. a NÁROVCOVÁ, J. Požadavky na fyzikální a chemické vlastnosti organických pěstebních substrátů používaných při výrobě krytokořenného materiálu lesních dřevin. In: DRAŠTÍK, P. a SKÁLA, V., eds. Certifikace PEFC – trvale udržitelné hospodaření v lesích ČR. Krytokořenný sadební materiál. Sborník referátů. Praha: Česká lesnická společnost, 2013, s. 18–30.
- Fernández V and Brown PH. From plant surface to plant metabolism: the uncertain fate of foliar-applied nutrients. Front. Plant Sci. 4:289. 2013.doi: 10.3389/fpls.2013.00289
- GROSSNICKLE, S. C. Why seedlings survive: influence of plant attributes. New Forests. 2012, roč. 43, č. 5–6, s. 711–738. Dostupné na: <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9336-6>
- GROSSNICKLE, S. C. a EL-KASSABY, Y. A. Bareroot versus container stocktypes: a performance comparison. New Forests. 2016, roč. 47, s. 1–51. Dostupné na: <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9476-6>
- HAASE, D. L. Morphological and physiological evaluations of seedling quality. In: RILEY, L. E., DUMROESE, R. K. a LANDIS, T. D., eds. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations. Fort Collins: USDA Forest Service, 2007, s. 3–8.

- LANDIS, T. D., DUMROESE, R. K. a HAASE, D. L. The Target Plant Concept: A History and Brief Overview. In: National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations. Fort Collins: USDA Forest Service, 2010, s. 61–66.
- MARSCHNER, P. Mineral nutrition of higher plants. 3. vyd. London: Academic Press, 2012.
- MICKOVSKI, S. B. a ENNOS, R. A., 2002. A morphological and mechanical study of the root systems of suppressed crown Scots pine (*Pinus sylvestris*). Trees. 2002, roč. 16, č. 4–5, s. 274–280. ISSN 0931-1890. DOI 10.1007/s00468-002-0177-3.
- PACKHAM, J. R., THOMAS, P. A., ATKINSON, M. D. a DEGEN, T., 2012: Biological Flora of the British Isles: *Fagus sylvatica*. Journal of Ecology. 2012, roč. 100, č. 6, s. 1557–1608. ISSN 0022-0477. DOI 10.1111/j.1365-2745.2012.02017.x.
- PITMAN, R. M. Wood ash use in forestry – a review of the environmental impacts. Forestry [online]. 2006, roč. 79, č. 5, s. 563–588 [cit. 2026-01-03]. Dostupné na: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpl041>
- REPÁČ, I. a VENCURIK, J. Intenzifikácia technológií zakladania lesných kultúr so zameraním na aplikáciu stimulačných prípravkov. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2015. 132 s.
- REID, C. a WATMOUGH, S. A. Evaluating the effects of liming and wood ash treatment on forest ecosystems. Canadian Journal of Forest Research. 2014, roč. 44, č. 8, s. 867–885.
- RUNE, G., 2003. Instability in plantations of container-grown Scots pine and consequences on stem form and wood properties. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria. 2003, č. 281. ISBN 91-576-6515-X.
- SCHMILEWSKI, G. The role of peat in assuring the quality of growing media. Mires and Peat [online]. 2008, roč. 3, článok 02 [cit. 2026-02-02]. Dostupné na: https://scholar.google.com/scholar?hl=sk&as_sdt=0%2C5&q=Schmilewski+2008&btnG=
- ŠTEFANČÍK, I. et al., 2023. Nutrient and Growth Response of *Fagus sylvatica* L. Saplings to Drought. Forests. 2023, roč. 14, č. 12, článok 2445. ISSN 1999-4907. DOI 10.3390/f14122445.

Kontakty

Ing. Elena Takáčová

Ing. Vladimír Mačejovský, PhD.

Ing. Ivan Horvát

Ing. Martin Belko, PhD.

Ing. Dagmar Bednárová, PhD.

Klára Kráľová

Národné lesnícke centrum,

SVV, Odbor pestovania lesa a semenárskej kontroly,

T. G. Masaryka 22, 960 01 Zvolen

e-mail: elena.takacova@nlcsk.org, vladimir.macejovsky@nlcsk.org,

ivan.horvat@nlcsk.org, martin.belko@nlcsk.org,

dagmar.bednarova@nlcsk.org, klara.kralova@nlcsk.org

OBNOVA DUBA V PODMIENKACH KLIMATICKEJ ZMENY NA LIPTOVE

Eduard Greppel, Dagmar Bednárová

Abstrakt

Článok sa zaoberá výskytom duba letného a zimného na Liptove v minulosti a predpokladom jeho výskytu v budúcnosti v podmienkach klimatickej zmeny.

Úvod

Skutočnosť, že aj v lesnom hospodárstve na Slovensku sa snažíme vyrovnávať s dôsledkami klimatickej zmeny, je všeobecne známa už dlhšiu dobu. Nutnosť vyrovnávať sa z roka na rok meniacou sa situáciou v lesoch nás priviedla k prijímaniu a realizácii opatrení adaptačnej stratégie, ktorú postupne realizujeme už od začiatku 21. storočia.

Obhospodarovanie lesov na Liptove sa v predchádzajúcich dvoch storočiach rozvíjalo v pomerne v stabilných klimatických podmienkach so zameraním na veľkoplošné hospodárenie so smrekom, ako prevládajúcou drevinou, uplatňovaním rúbaňového hospodárstva. Koncom 20. storočia zmenou právnych predpisov v odvetví lesného hospodárstva sa prešlo na podrastový hospodársky spôsob a v súčasnosti aj vďaka hnutiu „PRO SILVA Slovakia“ sa prejavujú snahy o prechod ku prírode blízkemu hospodáreniu.

Ani Liptov, ktorý je už od 16. – 17. storočia až po súčasnú dobu známy produkciou kvalitného „Weissholz“ smrekového dreva sa súčasná klimatická zmena nevyhla a len za obdobie posledných 20 rokov sa priemerná teplota v Liptovskej kotline zvýšila o 1,00 °C, takže dominantný smrek aj v podmienkach svojho produkčného optima býva stále častejšie ohrozovaný a výrazne poškodzovaný abiotickými a následne biotickými škodcami (obr. 1).

Súčasný stav a predpoklad vývoja výskytu dubov na Liptove

Výsledky výskumu vplyvu klimatickej zmeny na lesy Slovenska poukazujú na priaznivý vývoj klimatických podmienok aj pre dub, čo predpokladá, že možnosti pre jeho výraznejšie zastúpenie sa posúvajú do vyšších lesných vegetačných stupňov, v ktorých sme z jeho uplatnením ešte pred 50 rokmi neuvažovali (Hančinský, 1972) a spolu s bukom, jedľou a smrekovcom môže výhľadovo zmeniť štruktúru súčasných smrekových lesov v nižších polohách.

Tento globálny vývoj sa môže prejavíť aj na zvýšení zastúpenia duba, nakoľko od roku 1970, kedy mal dub zastúpenie 11,6 % v drevinovom zložení na Slovensku, jeho podiel klesol na súčasných 10,2 % v roku 2024 (Zelená správa, 2024).

Na Liptove je štruktúra vlastníckych vzťahov historicky vybudovaná na prevahe neštátneho sektora, ktorého podiel v okrese Liptovský Mikuláš predstavuje 71 % a



Obr. 1 Zmena drevinového zloženia v rozvrátenej smrečine – Zadný háj PSBU Vrbica

v okrese Ružomberok 44 % z celkovej výmery lesných pozemkov, takže neštátni vlastníci hospodária na 58 % plochy lesov Liptova. Aj napriek všetkým zásahom do lesov a dlhodobému úbytku ich výmery sa región Liptova radí medzi najlesnatejšie územia SR, keď okres Ružomberok vykazuje 67 % a okres Liptovský Mikuláš 61 % pokrytia lesmi.

Vlastníci lesov sú v súčasnosti postavení pred závažný problém ako v strednej a hornej časti územia Liptovskej kotliny riešiť hospodárenie a obnovu časti lesov s doterajšou dominantnou prevahou smreka v niektorých prípadoch aj s prímiesou jaseňa, ktoré sa nachádzajú medzi poľnohospodárskymi pozemkami, sú izolované od súvislého komplexu lesov, čím tvoria dolnú hranicu lesa s priliehavými miestnymi názvami „háje“ (obr. 2). Tieto v blízkosti obcí sa nachádzajúce lesné porasty s nadmorskou výškou 500 až 800 m n. m. sú v dôsledku klimatickej zmeny odolnostne oslabované až do tej miery, že v takýchto jednovrstvových porastoch dochádza k agresivite abiotických a biotických činiteľov s následným rozvratom dospelých, ale aj dospievajúcich smrečín napádaných lykožrútom smrekovým a u jaseňov k hynutiu hubou čiašočkou jaseňovou.

Hrozí, že v druhej polovici 21. storočia sa nižšie polohy územia Liptovskej kotliny ocitnú v nevhodných klimatických podmienkach pre existenciu smreka a jeho udržanie ako jednej z hlavných drevín bude ekologicky a ekonomicky nemožné.

Situácia po vetrovej kalamite v roku 1999 postavila urbárske a pozemkové spoločenstvá na Liptove a ich odborných lesných hospodárov pred problém



Obr. 2 Typické liptovské háje

adaptácie a potrebu zmeny drevinového zloženia v umelo založených smrečinách, ktoré boli pred „smrekomániou“ obsadené väčšinou listnatými drevinami, medzi ktoré patril aj, čo je prekvapivé, dub letný, ktorého historický podiel na klimaxovom zastúpení drevín už v 13. storočí bol na Liptove preukázaný (obr. 3).

Lesná prevádzka si podľa starej horárskej zásady „pozerať sa pod nohy a okolo seba, učiť sa od prírody“ všimla, že dub letný sa postupnou zmenou klimatických podmienok začal z posledných prežívajúcich autochtónnych zbytkov prirodzene obnovovať a prirodzená obnova duba zimného (obr. 3a) a duba červeného bola zistená aj v zelenom páske okolo vodného diela Liptovská Mara, kde boli uvedené duby umelo vnesené v polovici 70-tych rokov 20. storočia (obr. 4).

Doterajšie, dnes už prakticky 30-ročné skúsenosti s umelou obnovou a adaptáciou dubov do prírodných podmienok Liptova, sú priaznivé. V okrese Ružomberok sa



Obr. 3 Autochtónna lokalita duba letného v Malatínoch



Obr. 4 Zelený pás pri Liptovskej Mare duba zimného a duba červeného z umelej výsadby

umelej obnove duba venujú Lesy Turík, s. r. o. v lokalite Madočanský háj (obr. 5), kde vykazujú priaznivé výsledky s odrastaním kultúr duba na kalamitných plochách. Dub ako jediná z vnášaných drevín dokázal konkurovať agresívnej lieske a rakyte na čiastočne zanedbaných kalamitných plochách pri minimálnych škodách zverou (JPRL 195, 196). V dolnej časti Liptovskej kotliny sa umelej obnove duba venujú aj v Urbáre, PS Stankovany. Dub je vnášaný aj na lesné pozemky v Komposesoráte, PS Kalameny a v Urbariáte, PS Lúčky, kde sa tiež prejavuje tolerancia zveri voči tejto drevine.

V okrese Liptovský Mikuláš Urbár Vrbica, PS má už 30-ročné skúsenosti s obnovou a pestovaním duba, ktorý v lokalite Predný a Zadný háj (JPRL 379) dosahuje štádium žrdkoviny až žrdoviny, tvaruje sa do priebežných kmeňov s dobrou perspektívou tvorby drevnej hmoty (obr. 6).

PSBU Maltíny, UaK PS Iľanovo, PSBU Pribylina (obr. 7) dosahujú v porastoch so zastúpením duba do 20 % dobré výsledky a dub sa dokázal presadiť aj v zhoršených podmienkach kalamitnej plochy v PS Tvarožiansky háj obce Tvarožná (obr. 8). Postupne sa zaoberajú obnovou duba aj ďalšie neštátne subjekty, napr. UPS Dovalovo. Skutočnosť, že zver toleruje dub a škody nie sú významné, sa vysvetľuje tým, že na túto drevinu nie je s ohľadom na jej 300 – 400 ročnú absenciu v prostredí zvyknutá. Nepriaznivé skúsenosti má na Liptove doposiaľ len US vo Vavrišove, PS, ktorý má na lokalite Švihrová problémy s vysokými škodami na výsadbách duba z dôvodu dlhodobej zimnej vysokej koncentrácie viac ako 200 ks jelenej zveri v podhorí Západných Tatier.



Obr. 5 Mladina duba zimného na kalamitnej ploche, JPRL 195, Madočanský háj, Lesy Turík, s. r. o.



Obr. 6 Žrdkovina až žrdovina duba zimného Zadný háj, JPRL 379, Urbár Vrbica, PS



Obr. 7 Mladina duba zimného, južná expozícia masívu Baranca, UPS Pribylina

Je potrebné uznať snahu obhospodarovateľov lesa, že sa vybrali novou, nevyskúšanou cestou adaptácie už pred 30 rokmi a vytvárajú podmienky pre uplatnenie podrastového hospodárskeho spôsobu s možnosťami využitia maloplošných foriem s perspektívou vytvárať dvojvrstvové porasty so zastúpením dubov, smrekovca opadavého a borovice lesnej v hornej vrstve a buka lesného a javora horského v spodnej vrstve (Čaboun a kol., 2008). Takto zakladané a pestované lesné porasty sú perspektívne ako z hľadiska stability, tak aj produkcie drevnej hmoty, ktorá nebude zanedbateľná, pričom pri pravidelnej výchove by malo byť produkčným cieľom cca 50 dubov na ha pri rubnej dobe 130 – 140 rokov. Dosiahnuteľnosť tohto cieľa možno posúdiť na súčasných 150 – 200 ročných zbytkoch autochtónnych liptovských dubových porastoch, ktoré, aj keď boli v minulosti obhospodarované výmladkovým spôsobom s využitím na stavebné a palivové drevo, dosahujú výšku cca 24 – 25 m a priemer d1,3 50 – 70 cm, pri priebežných valcovitých kmeňoch (obr. 9).

Súčasný prebiehajúce zmeny prírodného prostredia zaznamenal v súvislosti s vyhotovovaním programov starostlivosti o lesy aj prieskum prírodných pomerov, ktorý vytvoril modely hospodárenia aj pre lokality „hájov“ a ako do cieľového, tak aj obnovného zastúpenia drevín pre lesnú oblasť 43A Liptovská kotlina zahrnul dub letný v 10 – 30 % zastúpení. Ide o stanovišťa s pôdnymi jednotkami stredne hlbokých, hlinitých, prípadne ílovito-hlinitých pôd na flyšovom podklade. V podhorí Chočských vrchov sa vhodné lokality nachádzajú na vápencovom



Obr. 8 Mladina duba zimného, zvláda podmienky zanedbanej kalamitnej plochy, PS Tvarožiansky háj-Tvarožná



Obr. 9 Dub letný, 130 r., v 25 m, d1,3 58 cm, UPS Bobrovec

podklade s dostatočnou hĺbkou pôdneho profilu.

Zásadnou podmienkou adaptácie a vnášania duba musí byť dodržanie podmienky platnej legislatívy v oblasti lesného reprodukčného materiálu pre možnosti prenosu duba z nižších vegetačných stupňov max. o 2 vegetačné stupne od pôvodu zdroja a nakoľko ide v oblasti Liptova o územie mimo určených semenárskych oblastí, nie je potrebný ani súhlas NLC Zvolen v zmysle § 16, ods. 11, písm. c) vyhlášky MPRV SR 501/2010 Z. z. v znení neskorších predpisov. Pri dodržiavaní uvedených podmienok je ročná spotreba sadbového materiálu duba zimného a letného v regióne Liptov cca 5000 – 7000 ks. Doterajšia prax a priaznivé výsledky adaptácie dubov na prírodné podmienky Liptova však poukazujú na to, že by bolo žiaduce upraviť súčasné právne predpisy o možnosť prenosu až o 3 vegetačné stupne, nakoľko dub vykazuje priaznivé rastové výsledky už aj v nadmorských výškach okolo 900 m n. m..

Nakoľko pôvodné autochtónne liptovské populácie duba letného pre nízke zastúpenie dreviny v porastoch by nezabezpečilo dostatok osiva, lesná prevádzka sa začala viac venovať dubu zimnému.

Nezanedbateľnú úlohu pri kreovaní prírodného prostredia môžu duby zohrať aj v prípadoch spustnutých lúk a pasienkov, ktorých sú aj na Liptove 10-ky až 100-ky hektárov. Duby sú schopné svojim rýchlym rastom na hlinitých pôdach s flyšovým podkladom odrastať v ochrane trnkových, hlohových a svibových súvislých húštin a pri vhodnom spone výsadby môžu mať význam v agrolesníckych systémoch s perspektívou aj budúcich ekonomických výnosov.

Záver

Všeobecne môžeme skonštatovať, že na základe prezentovaných skúseností a poznatkov sa dubom na Liptove darí bez väčších problémov. V budúcnosti duby vylepšia biodiverzitu „hájov“, nahradia masívne ustupujúci jaseň. Duby znovu v regióne Liptova nadobudnú pozíciu, z ktorej museli ustúpiť pri vytváraní osídlenia a agrárnej krajiny, pričom už sú a stále viac budú stabilizujúcim prvkom pri vytváraní rázu prírodného prostredia a zachovaní dolnej hranice lesa na Liptove.

Literatúra

Čaboun a kol., 2008: Dôsledky klimatickej zmeny na lesné ekosystémy Slovenska, Správa pre záverečnú oponentúru úlohy ČÚ 01 výskumu a vývoja Vplyv klimatickej zmeny na lesy Slovenska, NLC – LVÚ Zvolen, skrátená verzia, 134 s.
Hančinský, 1972: Lesné typy Slovenska, Príroda 1972 SUKK č. 46/I.-OR-1972, 307 s.
Zelená správa 2024

Kontakt

Ing. Eduard Greppel, Liptovský Mikuláš
mobil: +421903773118

Ing. Dagmar Bednárová, PhD., NLC Zvolen. SVV, Odbor pestovania
lesa a semenárskej kontroly, T. G. Masaryka 22, 960 01 Zvolen
e-mail: dagmar.bednarova@nlcsk.org
mobil: +421902999301, tel.: +421455314245

AKTUÁLNY STAV TISA OBYČAJNÉHO (*TAXUS BACCATA* L.) VO SVETE A NA SLOVENSKU

**Vladimír Mačejovský, Dagmar Bednárová, Elena Takáčová,
Martin Belko, Ivan Horvát**

Abstrakt

Tis obyčajný (*Taxus baccata* L.) patrí medzi významné reliktné dreviny Európy, ktorých populácie v posledných desaťročiach výrazne ustupujú a fragmentujú sa. Hlavnými faktormi ohrozenia sú klimatické zmeny, slabá prirodzená regenerácia, poškodzovanie zverou a strata genetickej diverzity. Príspevok prináša prehľad aktuálneho stavu tisa vo svete a na Slovensku so zameraním na rozšírenie druhu, stav populácií a možnosti ochrany genetických zdrojov. Súčasťou práce je zhodnotenie výskytu tisa v lesných hospodárskych celkoch Slovenska, prehľad génových základní a možnosti *in situ* a *ex situ* ochrany. Pozornosť je venovaná aj moderným metódam uchovávanía genetických zdrojov vrátane kryokonzervácie a významu medzinárodnej spolupráce v rámci projektu Interreg BIOBRIDGE.

Kľúčové slová

Taxus baccata, lesné genetické zdroje, genetická diverzita, ochrana prírody, klimatická zmena, kryokonzervácia

Úvod

Klimatické zmeny predstavujú v súčasnosti jeden z najvýznamnejších faktorov ovplyvňujúcich stabilitu lesných ekosystémov. Zvýšený výskyt sucha, extrémnych teplôt, vetrových kalamít a ďalších stresových faktorov výrazne ovplyvňuje vitalitu a reprodukčný potenciál lesných drevín (Schelhaas et al., 2015). Lesné genetické zdroje zohrávajú v tomto procese zásadnú úlohu, pretože predstavujú základ adaptability drevín na meniace sa environmentálne podmienky (Rajora & Mosseler, 2001, Fady et al., 2016).

Tis obyčajný (*Taxus baccata* L.) patrí medzi najvýznamnejšie reliktné dreviny Európy. Napriek tomu, že ide o druh s vysokou ekologickou, genetickou aj kultúrnou hodnotou, jeho populácie dlhodobo ustupujú. Hlavnými príčinami sú klimatické zmeny, fragmentácia populácií, slabá prirodzená regenerácia, poškodzovanie zverou a historické zásahy človeka (Šeho et al., 2022). Cieľom príspevku je poukázať na aktuálny stav tisa obyčajného vo svete a na Slovensku, identifikovať hlavné problémy jeho ochrany a predstaviť možnosti zachovania genetických zdrojov tohto druhu.

Tis obyčajný v Európe

Tis obyčajný je teriárny relikť a dlhoveká lesná drevina prirodzene rozšírená od severnej Afriky cez západnú, strednú a južnú Európu až po severný Irán a juhozápadnú Áziu (Benham et al. 2016). Ide o vetrom opelený druh s výskytom v rôznych geografických a klimatických podmienkach (Malliarou et al., 2023).

Napriek širokému geografickému rozšíreniu patrí tis medzi najohrozenejšie európske dreviny. V mnohých krajinách došlo v posledných desaťročiach k výraznému poklesu početnosti populácií a k ich fragmentácii (Bledý et al., 2025, Devaney et al., 2014). Významnú úlohu pri tomto procese zohráva klimatická zmena, ktorá zvyšuje frekvenciu období sucha, extrémnych teplôt a ďalších environmentálnych stresov. Tis je vzhľadom na svoj pomalý rast a špecifické ekologické nároky obzvlášť citlivý na zmeny prostredia.

Znižovanie početnosti populácií vedie k poklesu genetickej diverzity, čo následne znižuje adaptačný potenciál druhu. Väčšina zostávajúcich populácií je malá a izolovaná, čím sa zvyšuje riziko genetického driftu a inbreedingu. Z týchto dôvodov bol tis v mnohých krajinách zaradený medzi zákonom chránené druhy a stal sa prioritným objektom programov *in situ* a *ex situ* ochrany (Malliarou et al., 2023).

Stav tisa obyčajného na Slovensku

Na Slovensku sa tis prirodzene vyskytuje najmä v oblastiach stredného Slovenska, pričom za centrum jeho rozšírenia je považovaná Veľká Fatra. Najvýznamnejšie lokality predstavujú predovšetkým okolie Harmanca a Gaderská dolina. Významné populácie sa nachádzajú aj v biosférických rezerváciách Tatry, Poľana a Slovenský kras, ako aj v Strážovských vrchoch, Kremnických vrchoch, Muránskej planine či v NPR Plavno.

NPR Plavno predstavuje jednu z najvýznamnejších lokalít výskytu tisa na Slovensku, kde sa na relatívne malej ploche nachádza vysoká koncentrácia jedincov. Vo východoslovenskom regióne je významná lokalita Bechcerovská tisina v Ondavskej vrchovine, ktorá predstavuje jediný známy výskyt tisa na flyšovom podloží na Slovensku.

Vertikálne rozšírenie tisa na Slovensku sa pohybuje približne od 426 m n. m. až po 1300 m n. m. Druh sa najčastejšie vyskytuje vo vyšších lesných vegetačných stupňoch a často je viazaný na špecifické mikroklimatické podmienky.

Analýza lesných hospodárskych celkov ukázala, že *T. baccata* sa so zastúpením nad 15 % nachádza iba v obmedzenom počte lesných celkov, pričom ako dominantná drevina sa vyskytuje len ojedinele. Tento stav poukazuje na výraznú fragmentáciu populácií a nízke zastúpenie druhu v lesných porastoch.

Najvyšší počet porastov s výskytom *T. baccata* bol zaznamenaný v oblasti Banskej Bystrice (33 porastov) a Harmanca (22 porastov), čo potvrdzuje význam stredného Slovenska ako hlavného centra výskytu tohto druhu na území Slovenskej republiky. Významnejšie zastúpenie bolo zaznamenané aj v oblasti Slovenskej Lupče.

Tabuľka 1 LHC a počet porastov v ktorých sa nachádza T. baccata od primárnej dreviny (dr1) až po piatu (dr5) v poradí zastúpenia

LHC	dr1	dr2	dr3	dr4	dr5	Spolu
BANSKÁ BYSTRICA	7	6	10	9	1	33
SLOVENSKÁ LUPČA	3		2	3	1	9
HARMANEC		6	4	8	4	22
ČIFÁRE			1			1
KŠINNÁ			1			1
ŠLP TU ZVOLEN			1		1	2
PÁRNICA				1		1
TURČIANSKE TEPLICE				4		4
Spolu	10	12	19	25	7	73

Vo väčšine ostatných lesných hospodárskych celkov bol výskyt tisa zaznamenaný iba ojedinele, čo poukazuje na výraznú fragmentáciu populácií a nízku kontinuitu výskytu druhu v lesných porastoch Slovenska. Tis obvyčajný sa vo väčšine porastov vyskytuje len ako prímesová dreвина, pričom jeho dominantné zastúpenie bolo zaznamenané iba ojedinele. Prevažujúci fragmentovaný výskyt môže zároveň predstavovať významný faktor ovplyvňujúci dlhodobé zachovanie genetickej variability druhu.

V poslednom období sa na Slovensku začína realizovať aj systematická registrácia výberových stromov tisa obvyčajného, ktorá predstavuje významný krok pri ochrane genetických zdrojov druhu. Evidované jedince pochádzajú najmä z oblastí stredného Slovenska, predovšetkým z regiónov Kysíhýbeľ a Banská Bystrica, pričom ide o geneticky a fenotypovo hodnotné stromy vhodné pre budúce využitie v reprodukcií a ochrane genofóndu druhu.

Registrované výberové stromy sa nachádzajú v rôznych stanovištných podmienkach a lesných vegetačných stupňoch, prevažne na andezitovom a dolomitickom podloží. Väčšina evidovaných jedincov bola hodnotená ako zdravotne vyhovujúca, s pravidelnou alebo len mierne deformovanou korunou a dobrým rastovým potenciálom. Tieto jedince môžu v budúcnosti predstavovať významný zdroj reprodukčného materiálu pre podporu obnovy populácií tisa obvyčajného na Slovensku.

Ochrana genetických zdrojov a možnosti zachovania druhu

Ochrana genetických zdrojov tisa obvyčajného predstavuje jednu z najdôležitejších úloh súčasného lesníctva a ochrany prírody. Medzi základné opatrenia patrí ochrana existujúcich populácií, podpora prirodzenej regenerácie, zakladanie génových základní a *ex situ* uchovávanie genetického materiálu (Hnatiuk et al., 2020).

Na Slovensku sú v súčasnosti registrované iba dve génové základne pre *T. baccata*, čo poukazuje na potrebu rozšírenia systému ochrany genetických zdrojov. Významným krokom v ochrane druhu je aj registrácia výberových stromov, ktorá sa v poslednom období začína realizovať.

Tabuľka 2 Génové základne pre *T. baccata*

Evidenčný kód	Názov GZ	LHC/LC	Užívateľ	LO	Výmera pre drevinu	SO	LVS	Platnosť PSL do
tbaG14PB-098	Záhumenná	Lieskovec	OZ Sever	25A Strážovské vrchy	0,01	1	4	2032
tbaG14RV-125	Mikulášová	Krásno-horské Podhradie	NP Slovenský kras	19 Slovenský kras	0,05	1	4	2031

V zahraničí sa čoraz väčší dôraz kladie aj na moderné metódy *ex situ* ochrany genetických zdrojov. Príkladom je Poľsko, kde sa genetický materiál tisa uchováva kryokonzervačnými metódami. Kryokonzervácia umožňuje dlhodobé uchovanie geneticky hodnotného materiálu pri veľmi nízkych teplotách a predstavuje perspektívny nástroj ochrany ohrozených druhov lesných drevín (Li et al., 2018). Významným krokom pre Slovensko je aj medzinárodná spolupráca v rámci projektu Interreg BIOBRIDGE, ktorý podporuje výmenu poznatkov, skúseností a genetických zdrojov medzi partnerskými krajinami. Takéto projekty môžu výrazne prispieť k efektívnejšej ochrane a obnove populácií tisa v budúcnosti.

Budúce smerovanie ochrany tisa

Budúce opatrenia na ochranu tisa obyčajného by mali byť založené na kombinácii monitoringu populácií, genetických analýz, podpory prirodzenej regenerácie a využívania moderných technológií uchovávaní genetických zdrojov (Šeho et al., 2022). Mimoriadne dôležité bude zachovanie vysokej genetickej diverzity, ktorá predstavuje základ adaptačného potenciálu druhu v podmienkach meniacej sa klímy.

Dôležitú úlohu bude zohrávať aj optimalizácia poľovníckeho manažmentu a ochrana mladých jedincov pred poškodzovaním zverou. Bez aktívnej podpory prirodzenej aj umelej obnovy nie je možné očakávať stabilizáciu populácií tisa ani zlepšenie ich vekovej štruktúry.

V zahraničí sa pri ochrane genetických zdrojov tisa obyčajného čoraz viac využívajú moderné biotechnologické metódy, predovšetkým kryokonzervácia rastlinného materiálu. Kryokonzervácia predstavuje dlhodobé uchovávanie genetických zdrojov pri ultra nízkych teplotách v tekutom dusíku (−196 °C), pričom umožňuje zachovanie geneticky hodnotného materiálu v minimálnom priestore a bez výraznej straty životaschopnosti.

Pri *T. baccata* sa využívajú najmä “in vitro” kultúry apikálnych púčikov a metódy enkapsulácie-dehydratácie, ktoré zvyšujú úspešnosť prežívania explantátov po zmrazení. Výskumy poukazujú na to, že kombinácia “in vitro” kultivácie a kryokonzervácie môže predstavovať efektívny nástroj ochrany ohrozených populácií tisa, najmä v podmienkach klimatických zmien a fragmentácie populácií (Moghaddam et al., 2024). Tieto postupy sa už využívajú aj v niektorých európskych krajinách a v budúcnosti by mohli nájsť širšie uplatnenie aj pri ochrane genetických zdrojov tisa na Slovensku.

Projekt BIOBRIDGE PL-SK a možnosti ochrany tisa obyčajného

Na ochranu tisa obyčajného a ďalších vzácnych drevín v karpatskom pohraničí je zameraný aj pripravovaný cezhraničný projekt BIOBRIDGE PL-SK – Zelený most: Ochrana lesnej biodiverzity karpatského pohraničia, realizovaný v rámci programu Interreg Poľsko – Slovensko 2021 – 2027. Projekt je spoločnou iniciatívou Národného lesníckeho centra, LESOV SR, š. p., OZ Šariš a poľského partnera Nadleśnictwo Łosie.

Jednou z hlavných tém projektu je ochrana a obnova populácií tisa obyčajného (*T. baccata* L.) prostredníctvom genetických analýz, *ex situ* ochrany genofondu, “in vitro” kultivácie a overovania možností dlhodobého kryogénneho uchovávania biologického materiálu. Súčasťou projektu bude aj testovanie pestovateľských postupov, produkcia sadbového materiálu a založenie semenného sadu ako dlhodobého zdroja reprodukčného materiálu.

Projekt zároveň prepája ochranu biodiverzity s praktickým lesným hospodárstvom. Na slovenskej strane budú realizované podsadby a ochrana mladých porastov s cieľom zvýšiť zastúpenie pôvodných drevín, najmä jedle a cenných listnáčov. Súčasťou aktivít bude aj monitoring zdravotného stavu jedľových porastov, odstraňovanie inváznych druhov rastlín a environmentálna výchova formou náučných chodníkov a odborných podujatí.

Projekt BIOBRIDGE PL-SK predstavuje príklad prepojenia moderných biotechnologických prístupov, ochrany genetických zdrojov a praktických opatrení v lesnom hospodárstve s cieľom zvýšiť odolnosť a biodiverzitu lesných ekosystémov karpatského pohraničia.

Tis obyčajný predstavuje významnú súčasť lesných ekosystémov a genetického dedičstva Európy, pričom jeho populácie sú v súčasnosti vystavené viacerým environmentálnym a antropickým tlakom. Fragmentácia populácií, slabá prirodzená regenerácia a meniace sa klimatické podmienky zvyšujú potrebu aktívnej ochrany tohto druhu a systematického zachovania jeho genetických zdrojov. Významnú úlohu v budúcnosti môžu zohrávať moderné metódy *ex situ* ochrany, genetický monitoring, medzinárodná spolupráca a praktické opatrenia lesného hospodárstva. Projekty zamerané na ochranu biodiverzity a obnovu populácií tisa obyčajného môžu zároveň vytvoriť dôležitý základ pre dlhodobé zachovanie tohto druhu v podmienkach meniacej sa klímy.

Podakovanie

Príspevok vznikol vďaka podpore v rámci projektu TreeAdapt, financovaného z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301) a kontraktu uzavretého medzi MPRV SR a NLC č. 1170/2024/MPRVSR-710, úlohy č. 15 Kontrola LRM, prvok 0900E02 „Odborná pomoc pre udržateľné lesné hospodárstvo“.

Literatúra

- BENHAM S. E., HOUSTON DURRANT T., CAUDULLO G., DE RIGO D. 2016: *Taxus baccata* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: SAN-MIGUEL-AYANZ J. et al. (eds.): European atlas of forest tree species. Luxembourg, Publication Office: e015921+.
- BLEDÝ M., VACEK S., VACEK Z., ČERNÝ J., CUKOR J., KUBĚNKA M. et al. 2025: Tis červený (*Taxus baccata* L.) a jeho význam v prírode blízkom obhospodarování lešů v podmínkách klimatické změny – review. Zprávy lesnického výzkumu 70(1): 33-44.
- DEVANEY J. L., JANSEN M. A. K., WHELAN P. M. 2014: Spatial patterns of natural regeneration in stands of English yew (*Taxus baccata* L.); negative neighbourhood effects. Forest Ecology and Management 321: 52-60.
- FADY B., ARAVANOPOULOS F. A., ALIZOTI P., MÁTYÁS C., VON WÜHLISCH G., WESTERGREN M. et al. 2016: Evolution-based approach needed for the conservation and silviculture of peripheral forest tree populations. Forest Ecology and Management 375: 66-75.
- HNATIUK O., MOHYTYCH V., SUŁKOWSKA M. 2020: Distribution, protection and restoration of *Taxus baccata* L. in Ukraine. Folia Forestalia Polonica. Series A. Forestry 62(4): 327-335.
- LI J. W., OZUDOGRU E. A., LI J., WANG M. R., BI W. L., LAMBARDI M., WANG Q. C. 2018: Cryobiotechnology of forest trees: recent advances and future prospects. Biodiversity and Conservation 27(4): 795-814.
- MALLIAROU E., AVRAMIDOU E.V., RANIS G. D., BOUNTIS D. I. 2023: Towards the conservation of monumental *Taxus baccata* L. trees of Thasos Island: genetic insights. Forests 14(12): 2384.
- MOGHADDAM A. S., KAVIANI B., TORKASHVAND A. M., ABDOSI V., ESLAMI A. R. 2024: In vitro propagation, cold preservation and cryopreservation of *Taxus baccata* L., an endangered medicinal and ornamental shrub. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus 23(1): 13-28.
- RAJORA O. P., MOSSELER A. 2001: Challenges and opportunities for conservation of forest genetic resources. Euphytica 118(2): 197-212.
- SCHELHAAS M. J., NABUURS G. J., HENGVELD G., REYER C., HANEWINKEL M., ZIMMERMANN N., CULLMANN D. 2014: Adaptive forest management to account for climate change-induced productivity and species suitability changes in Europe. Regional Environmental Change 15(8): 1581-1594.

ŠEHO M., FUSSI B., RAU B., KAVALLIAUSKAS D. 2022: Conservation and sustainable use of forest genetic resources of English yew (*Taxus baccata* L.) in Bavaria. *SilvaWorld* 1(1): 52-67.

Kontakt

Ing. Vladimír Mačejovský, PhD., Ing. Dagmar Bednárová, PhD.,

Ing. Elena Takáčová, Ing. Martin Belko, PhD., Ing. Ivan Horvát

Národné lesnícke centrum - Sekcia pre vedu a výskum

Odbor pestovania lesa a semenárskej kontroly

T. G. Masaryka 2175/22

960 01 Zvolen

e-mail: vladimir.macejovsky@nlcsk.org; dagmar.bednarova@nlcsk.org; elena.takacova@nlcsk.org; martin.belko@nlcsk.org; ivan.horvat@nlcsk.org

THE SUITABILITY FOR PLANTING OF *TILIA CORDATA* MILL. AND *LARIX* *DECIDUA* MILL. SEEDLINGS PRODUCED ON KORFF PEAT-FREE SUBSTRATE

Karolina Staszal-Szlachta, Oliwia Malara,
Aleksandra Urban, Jacek Banach

Abstract

The present study was conducted to evaluate the impact of two distinct growing media on the growth, root system development, and propagation suitability of two forest tree species. The two media under scrutiny were an innovative peat-free KORFF medium and a standard peat-perlite medium. The present study was conducted on small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) and European larch (*Larix decidua* Mill.) seedlings cultivated in a container nursery. Morphological characteristics, root system parameters (assessed using WinRhizo software) and dry weight (of both above- and below-ground parts) were evaluated, and the following propagation quality indices were calculated: sturdiness quotient (SQ), shoot-to-root ratio (S/R) and Dickson quality index (DQI). Furthermore, the presence of natural mycorrhizae was determined. The results indicated that the seedlings' responses to the substrates used depended on the tree species. The peat-free substrate promoted the growth of small-leaved lime seedlings, which exhibited superior root system characteristics and more favourable breeding suitability indices. Larch seedlings exhibited greater root length and surface area on a peat-containing substrate. These results confirm the feasibility of partially replacing peat with innovative, peat-free organic substrates in forest seedling production.

Keywords

European larch, growth, natural mycorrhiza, nursery container, small-leaved lime

Introduction

Nursery production plays a vital role in forestry, forming the basis for the regeneration and restructuring of stands. The primary objective of this initiative is to cultivate superior planting stock of appropriate provenance, thereby enhancing regeneration and breeding efficiency while ensuring the sustainability of production profitability (Zasady Hodowli Lasu, 2023). In recent years, there has been an increasing emphasis on container nursery production, attributable to two

key factors. Firstly, there has been a heightened demand for seedlings intended for afforestation and regeneration. Secondly, there has been an escalation in extreme events, including droughts, fires and the degradation of forest habitats (Banach et al., 2013; Durło et al., 2015). The production of seedlings with a covered root system has been shown to reduce the risk of mechanical damage and root desiccation and to mitigate transplant stress. This, in turn, has been shown to increase plant survival after planting (Barzdajn, 2010; Grossnickle, 2012). It is imperative to acknowledge that one of the most significant factors influencing the quality of seedlings cultivated in container production is the selection of an appropriate growing medium. The substrate must provide favourable air-water ratios, adequate water retention, appropriate permeability and aeration, which are essential for the proper development of the root system and the growth of the plant's above-ground parts (Wesoły, 2009; Szabla and Pabian, 2009; Cabrera and Johnson, 2014; Kormanek et al., 2021). The physical and chemical properties of the growing medium are particularly important for species regenerated mainly from seedlings, such as Scots pine and European larch, whose root development is strongly dependent on the substrate's structure and aeration (Buraczyk and Szeligowski, 2008; Jaworski, 2019). The quality of planting stock is also influenced by the presence of mycorrhizal fungi, which increase the root surface area and enhance resistance to stress factors and pathogens (Rudawska and Leski, 2009).

High-moor peat remains the primary component employed in the production of nursery growing media, valued for its beneficial physical and chemical properties (Rotowa et al., 2023; Pająk et al., 2022). Concurrently, peatlands fulfil a pivotal ecological function, contributing to water retention, nutrient filtration and carbon sequestration (Manton et al., 2021). It is estimated that global peatland resources store between 545 and 1055 Gt of carbon, thereby playing a significant role in climate regulation and biodiversity protection (Müller and Glatzel, 2021; Taparia et al., 2021). However, intensive peat extraction has been shown to degrade peatlands, disrupt nutrient cycling, and increase greenhouse gas emissions, including CO₂, N₂O, and CH₄ (Leifeld et al., 2019; Doelman et al., 2023). Consequently, peat extraction is being restricted in many European countries, and the development of sustainable technologies for producing growing media is becoming a priority in modern nursery production (Ceglie et al., 2015; Witek et al., 2024).

In response to the need to reduce reliance on peat, extensive research has focused on developing alternative peat-free growing media composed of organic and mineral materials derived from agricultural, industrial, and municipal waste. The existing body of research encompasses the utilisation of composts, wood fibres, bark, biochar, coconut fibre, sewage sludge, and other by-products derived from agriculture and forestry (Landis and Morgan, 2009; Escobar-Avello et al., 2023; Mariotti et al., 2023; Heiskanen et al., 2024). However, the development of peat-free growing media is predicated on the maintenance of appropriate physicochemical properties and the provision of adequate plant nutrition, as many alternative components are characterised by low nutrient content and high microbiological

activity, which may lead to nitrogen immobilisation (Hirschler et al., 2022; Rotowa et al., 2025). Consequently, the assessment of the chemical properties of new substrates and the analysis of the nutritional status of seedlings are of particular importance, as these reflect the root system's ability to uptake water and minerals essential for the proper functioning of physiological processes (Soares et al., 2019; Jasik et al., 2024).

Materials and methods

Study area

The study material comprised one-year-old seedlings of European larch and small-leaved lime. Seedlings of both species were cultivated at the Rudy Raciborskie Forest District, at the Nędza Nursery (50°10'4" N, 18°19'3" E). The nursery under discussion produces seedlings with a covered root system in Hiko containers. The seedlings were cultivated from seeds that were sown in May 2024. The production of seedlings adhered to the standard production cycle that is employed at the nursery. The experiment involved cultivating seedlings using two variants of nursery substrate. The control sample consisted of a standard peat-perlite substrate (95:5), a material frequently used in forest nurseries and produced at the Nursery Farm in Nędza (Rudy Raciborskie Forest District). The second substrate was KORFE, an innovative peat-free media developed by Bioefekt in collaboration with the Hugo Kołłątaj University of Agriculture in Kraków. It consists of various organic materials (Rotowa et al., 2023). In both variants, fertilisation was carried out using Osmocote Exact Standard 3-4M at a rate of 2 kg per 1 m³ of growing medium. The fertiliser type and rate were constant across all growing medium variants and for the seedlings of both tree species under study. Containers with seedlings exhibiting average parameters, as determined by visual inspection, were selected for analysis. A total of thirty seedlings were collected for each species and production variant. Furthermore, an analysis of soil samples was conducted to facilitate comparison of the chemical properties of the two growing media. The research material was collected in March 2025. It analysed at the Forest Biotechnology Laboratory of the Department of Ecology and Forest Management at the Faculty of Forestry, Hugo Kołłątaj University of Agriculture in Kraków.

Chemical analysis and root morphology

Before the laboratory analysed the material, it was prepared properly. The young plants of both types were taken out of their pots and measured for size. We measured how tall the plants grew from the root collar to the top bud, and how thick they were at the root collar. We measured the height using a tape measure attached to a stand, with a margin of error of 0.1 cm. We measured the diameter using an electronic calliper, with a margin of error of 0.01 mm. Each seedling was given its own number. The next stage of the research was to examine the root systems closely. Before scanning, the roots were thoroughly cleaned of any leftover substances and then washed. After we separated the above-ground part from the root system at the root collar, we scanned the roots using an Epson Perfection V850

Pro scanner. The resulting digital images were analysed using WinRhizo software (Regent Software Inc.), which enabled us to calculate key information about the root system, including total root length, root surface area, average root diameter, and root volume. We also looked at the number of root tips and branches. During the analysis of the root systems, we also checked for natural mycorrhizae. The presence of mycorrhizal symbiosis was determined by looking for characteristic root swellings, known as mycorrhizal collars.

In the final stage, the dry weight of the above-ground parts and root systems of the cuttings was determined. The plant material was dried in a Memmert UF 110 laboratory dryer for 48 hours at 65°C. Following completion of the drying process, the samples were maintained in the drying chamber until they reached an ambient-like temperature. The dry weight of the shoots and roots was then measured using a Radwag PS 210-X2 laboratory balance with an accuracy of 0.001 g. Soil samples collected in the field were dried in laboratory dryers for 72 hours at 60°C, then sieved through a 2 mm mesh sieve and subsequently ground. The pH of the soil in an aqueous solution (pH_H2O) was determined by the potentiometric method in accordance with standard PN-EN ISO 10390:1997. The samples were thoroughly mixed, and measurements were performed 24 hours after shaking. Electrical conductivity (EC) was determined by the potentiometric method in a suspension of the substrate and deionised water, using samples for which pH_H2O had previously been determined (Fig. 1).

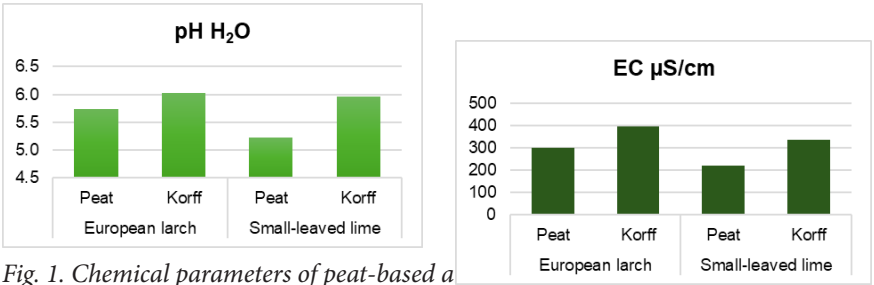


Fig. 1. Chemical parameters of peat-based a media

In light of findings from measurements of growth traits, a triad of indices was formulated to evaluate the breeding suitability of Scots pine and European larch seedlings. For each seedling, the sturdiness quotient (SQ), shoot-to-root ratio (S/R), and Dickson quality index (DQI) were calculated. The SQ coefficient was calculated based on the seedling's height and root collar diameter. This parameter facilitates the evaluation of the plant's habit and its resistance to environmental stress. Lower SQ values indicate a more compact, stable seedling structure, which is generally associated with greater resistance to adverse abiotic conditions and higher survival rates after planting in regeneration areas. Conversely, elevated values of this index indicate excessive slenderness and diminished plant stability (Banach et al., 2023). The shoot-to-root ratio (S/R), calculated as the ratio of the dry weight

of the shoot to the dry weight of the roots, was utilised to assess the proportion between the above-ground part and the root system. This parameter indicates the relationship between the plant's transpiration area and the root system's capacity for water uptake. It is widely accepted that the optimal S/R value for seedlings produced in nursery containers should not exceed 2:1 (Iverson, 1984; Haase, 2007; Banach et al., 2020). A further parameter analysed was the DQI, calculated as the ratio of the seedling's total dry weight to the sum of the SQ and S/R values. This index is frequently utilised to evaluate the adaptive capacity of seedlings following transplantation. Higher DQI values have been shown to indicate superior planting material quality and greater potential for further growth and survival of plants in the field (Dickson et al., 1960; Banach et al., 2020).

Statistical analysis

The results of measurements of morphological traits and root system parameters were obtained using the WinRhizo software. Arithmetic means and standard errors ($\pm$ SE) were then calculated for all analysed traits. The calculations were performed separately for each species and substrate variant. Similarly, mean values for the quality indices were determined. To assess the significance of differences in the mean values of the parameters under study, a one-way analysis of variance (ANOVA) was conducted using a fixed-effects model. In instances where statistically significant differences were identified, Tukey's post hoc test was employed to identify homogeneous groups. The data concerning the presence of natural mycorrhizae were presented in cross-tabulations, showing the number of seedlings with and without mycorrhizae in each substrate variant, separately for each species. The relationship between mycorrhizal occurrence and substrate type was assessed using the Chi-square (χ^2) test at a significance level of $p < 0.05$. Due to the analysis of categorical variables and the limited sample sizes of certain groups, Yates's correction was applied to mitigate potential overestimation of statistical significance. All statistical analyses were performed using Statistica 13.3 (TIBCO Software Inc., 2017).

Results

An analysis of growth characteristics revealed a varied response of small-leaved lime and European larch to the different growing media used and in the case of small-leaved lime, seedlings cultivated on a peat-perlite substrate attained an average height of 18.4 cm, whereas on Korff's peat-free substrate, they reached 14.9 cm. A comparable relationship was observed for European larch, whose seedlings on the peat-perlite substrate reached an average height of 25.6 cm, whilst on the Korff substrate they reached 23.6 cm. Concurrently, a greater root collar diameter was observed in small-leaved lime cultivated on a peat-free substrate (5.9 mm) in comparison to the peat-perlite substrate (5.5 mm). In European larch, higher diameter values were recorded on peat-containing substrate. Concerning the dry matter content of the above-ground parts, there were only minor differences between the substrate variants. In the case of small-leaved lime, a higher shoot dry

weight was observed on the peat-perlite substrate (0.56 g), although the difference was not statistically significant. European larch seedlings exhibited comparable shoot dry weight values on both substrate variants. The dry mass of the larch root system was found to exceed that of the small-leaved lime, irrespective of the substrate type. A significant effect of the substrate was observed only for European larch, with a higher average root dry mass (0.70 g) on the peat-perlite substrate (Table 1).

Table 1. Mean value ($\pm$ standard error) of growth characteristics of small-leaved lime and European larch seedlings grown on various nursery growing media

Species	Growing medium	Height [cm]	Root collar diameter [mm]	Shoot dry mass [g]	Root dry mass [g]
Small-leaved lime	Peat	18.4 $\pm$ 0.7 ^a	5.5 $\pm$ 0.1 ^a	0.56 $\pm$ 0.03 ^a	1.13 $\pm$ 0.06 ^a
	Korff	14.9 $\pm$ 0.5 ^b	5.9 $\pm$ 0.2 ^a	0.50 $\pm$ 0.03 ^a	1.09 $\pm$ 0.08 ^a
European larch	Peat	25.6 $\pm$ 0.7 ^a	3.4 $\pm$ 0.1 ^a	0.70 $\pm$ 0.05 ^a	0.70 $\pm$ 0.05 ^a
	Korff	23.6 $\pm$ 0.6 ^b	2.8 $\pm$ 0.1 ^a	0.64 $\pm$ 0.04 ^a	0.55 $\pm$ 0.04 ^a

An analysis of root system parameters, conducted utilising the WinRhizo software, revealed that European larch seedlings cultivated in a peat-perlite substrate exhibited a more developed root system. The mean total root length for this variant was found to be 1249.3 cm, in comparison to the 946.4 cm mean total root length observed for the Korff medium. Furthermore, the root surface area was greater in the peat-perlite substrate, exceeding the value obtained in the Korff substrate by 23.3 cm². In the case of small-leaved lime, superior results were obtained in the peat-free substrate, where the average root surface area reached 169.1 cm². The mean root diameter of both species ranged from 0.36 to 0.40 mm and differed only marginally among the substrate variants. An analysis of the number of root tips and forks revealed a more favourable effect of the peat-perlite substrate on the development of European larch root systems (Table 2).

Table 2. Mean values ($\pm$ standard error) of root system parameters for small-leaved lime and European larch seedlings grown on various nursery growing media

Species	Growing medium	Total root length [cm]	Total surface area [cm ²]	Average diameter [mm]
Small-leaved lime	Peat	1443.3 $\pm$ 95.7 ^a	148.4 $\pm$ 6.8 ^a	0.34 $\pm$ 0.01 ^a
	Korff	1605.4 $\pm$ 83.2 ^a	169.1 $\pm$ 9.7 ^a	0.33 $\pm$ 0.01 ^a
European larch	Peat	1249.3 $\pm$ 62.9 ^a	141.5 $\pm$ 7.9 ^a	0.36 $\pm$ 0.01 ^b
	Korff	946.4 $\pm$ 50.9 ^b	118.2 $\pm$ 6.2 ^b	0.40 $\pm$ 0.01 ^a

An evaluation of quality indices indicated that small-leaved lime seedlings exhibited superior SQ values in comparison to European larch. The lowest SQ value was obtained for small-leaved lime grown in the Korff substrate (SQ = 2.55), whilst the index for the peat-perlite substrate was 3.35. For European larch, SQ values were higher, but more favourable results were also obtained with the peat-perlite substrate. The shoot-to-root ratio (S/R) values for both species remained below the threshold value for container-grown seedlings. For European larch, higher S/R values were recorded on the Korff substrate, whereas for small-leaved lime, the differences between substrates were not statistically significant. A thorough analysis of the DQI index revealed diverse responses of the species in question to the substrates employed. Higher DQI values for small-leaved lime were obtained on the peat-free Korff medium, indicating superior propagation quality of the seedlings in this variant. In contrast, European larch achieved more favourable DQI values on the peat-perlite medium (Table 3).

Table 3. Mean value ($\pm$ standard error) of planting suitability indices for small-leaved lime and European larch seedlings grown on various nursery growing media

Species	Growing medium	Sturdiness quotient SQ	Stem-to-root ratio S/R	Dickson quality index DQI
Small-leaved lime	Peat	3.35 ± 0.13^a	0.50 ± 0.02^a	0.46 ± 0.03^a
	Korff	2.55 ± 0.10^b	0.52 ± 0.04^a	0.55 ± 0.04^a
European larch	Peat	7.74 ± 0.19^b	1.00 ± 0.03^a	0.17 ± 0.01^a
	Korff	8.43 ± 0.17^a	1.18 ± 0.03^a	0.13 ± 0.01^b

During the assessment of the root systems, natural mycorrhizae were found in both species (Fig. 2). The small-leaved lime exhibited a significantly higher proportion of mycorrhizal seedlings. On the Korff medium, the presence of mycorrhizae was observed in 28 out of 30 seedlings (93.3%), whereas on the peat-perlite medium, it was observed in 13 seedlings (43.3%). The impact of the growing medium on mycorrhizal incidence was statistically significant ($p < 0.001$). In European larch, mycorrhizae were observed less frequently – they were recorded in 11 seedlings (27.5%) on the peat-free substrate and in 6 seedlings (15.0%) on the peat-perlite substrate. Despite the apparent differences, statistical analysis did not reveal a significant effect of substrate type on mycorrhizal occurrence in this species (Fig. 3).

Discussion

The findings suggest that the responses of small-leaved lime and European larch seedlings to different growing-medium variants vary between species. In the case of small-leaved lime, analysis of the growth parameters and breeding suitability



Fig. 2. Examples of natural mycorrhiza observed on the roots of seedlings of the species under study (photo: K. Staszcz-Szlachta)

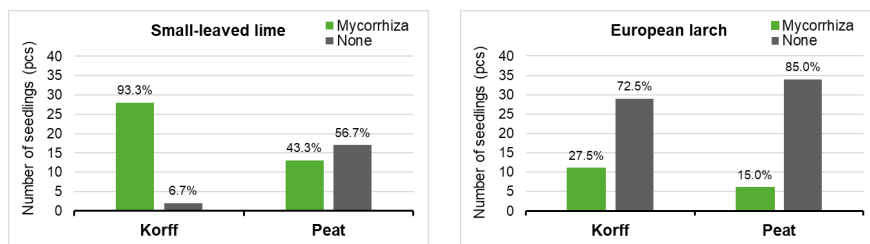


Fig. 3. Comparison of the occurrence of natural mycorrhizae in small-leaved lime seedlings (Yates' $\chi^2 = 15.096$; $p < 0.001$) and European larch seedlings (Yates' $\chi^2 = 1.195$; $p = 0.274$) grown on different nursery growing media

indices revealed a favourable response to the utilisation of the Korff peat-free growing medium. Seedlings of this species exhibited a larger root collar diameter and higher root surface area values, as well as more favourable sturdiness quotient (SQ) and Dickson quality index (DQI) values, in comparison to seedlings cultivated in a peat-perlite growing medium. However, the average values of seedlings from both variants of growing medium were generally comparable (the difference was insignificant). The exception was a better statistical value of the SQ coefficient and a worse value of the height. Nevertheless, these results may suggest a better balance between the above- and below-ground parts, as well as greater adaptive potential in seedlings produced on an alternative substrate. In their 2025 study, Staszcz-Szlachta et al. (2025) described similar relationships, thereby demonstrating that seedling responses to peat-free substrates are highly species-dependent. Furthermore, the study established that the substrate's chemical properties, particularly pH and electrical conductivity (EC), significantly affect root system development and seedling morphological characteristics. The authors also emphasised that higher pH values may restrict the growth of certain species, whereas an appropriate nutrient level can stimulate root development and improve the quality of planting

stock. In the case of small-leaved lime, the superior parameters obtained using the Korff medium may suggest that this species has greater tolerance to the substrate's differing chemical properties and can utilise available nutrients more efficiently. The SQ values for small-leaved lime fell within the normal range for high-quality container-grown seedlings. Lower values of this index indicate a more compact seedling structure and greater resistance to environmental stress after planting in the regeneration area (Haase, 2007; Banach et al., 2023). Concurrently, all the shoot-to-root ratio (S/R) values obtained remained below the thresholds adopted for container-grown seedlings, indicating an appropriate balance between the above-ground part and the root system (Iverson, 1984; Grossnickle, 2012). Conversely, higher DQI values in seedlings cultivated on Korff have been shown to indicate greater survival potential and superior post-planting adaptability (Dickson et al., 1960). European larch demonstrated divergent responses across the various growing media employed. For this species, more favourable results were obtained primarily on the peat-perlite substrate. Larch seedlings exhibited enhanced shoot height, augmented root system dry weight, increased total root length, and a larger root surface area on this substrate. In addition, the Dickson quality index values were elevated in seedlings cultivated on a peat-based substrate. A similar pattern of relationships has been observed in studies conducted on other coniferous species. Heiskanen et al. (2024) demonstrated that conifer seedlings frequently exhibit superior growth parameters on substrates containing peat, particularly during the initial stages of container production. A significant component of the evaluation process involved analysing the presence of natural mycorrhizae. In the case of small-leaved lime, a significantly higher proportion of mycorrhizal seedlings was found in the Korff substrate, which may indicate that the peat-free substrate provided more favourable conditions for the development of fungal symbiosis. The significance of mycorrhizae in enhancing water and nutrient uptake and augmenting seedling resistance is highlighted by Rudawska and Leski (2009). In the case of European larch, mycorrhizae were observed in both substrate variants; however, the proportion of mycorrhizal seedlings was relatively low, possibly due to the species' specific characteristics and nursery production conditions. The findings of this study demonstrate that the feasibility of replacing peat in nursery production is contingent on the specific requirements of individual tree species. The Korff substrate was found to be more conducive to the growth of small-leaved lime, while European larch demonstrated a superior response to the conventional peat-perlite substrate. This finding underscores the necessity for additional research into the optimisation of peat-free substrates and their adaptation to the biological requirements of specific forest tree species.

Funding source and acknowledgements

This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Poland through the University of Agriculture in Krakow for 2025 (SUB/040012/D019). The authors thank the staff of the Laboratory of Geochemistry

of Forest Environment and Land for Reclamation for their assistance in laboratory analyses.

Authors' contributions

K.S.S. and J.B.: conceptualisation and research methodology, statistical analysis and visualisation of data, preparation of the final manuscript; O.M. and A.U.: laboratory measurements and data collection, preparation of the initial manuscript.

References

- Banach J., Kormanek M., Jaźwiński J. 2020: Jakość sosny zwyczajnej, buka zwyczajnego i dębu szypułkowego wyhodowanych z siewu na glebie leśnej o różnym stopniu zagęszczenia. *Leśne Prace Badawcze* 81 (4): 167–174. DOI: 10.2478/frp-2020-0020.
- Banach J., Skrzyszewska K., Świeboda Ł. 2013: Substrate influences the height of one- and two-year-old seedlings of silver fir and European beech growing in polystyrene containers. *Leśne Prace Badawcze* 74 (2): 117–125. DOI: 10.2478/FRP-2013-0012.
- Barzdajn W. 2010: Wzrost uprawy sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) założonej przy użyciu sadzonek z bryłką i z nagim korzeniem w różnych terminach sadzenia. *Sylvan* 154 (5): 312–322. DOI: 10.26202/sylvan.2009059.
- Buraczyk W., Szeligowski H. 2008: Wpływ wilgotności i gatunku gleby na wzrost sadzonek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z zakrytym systemem korzeniowym. *Leśne Prace Badawcze* 69 (4): 291–297. DOI: 10.2478/v10111-012-0006-4.
- Cabrera R.I., Johnson J.R. 2014: Fundamentals of container media management: Part 1. Rutgers, NJSU FS.
- Cegle F.G., Bustamante M.A., Ben Amara M., Tittarelli F. 2015: The challenge of peat substitution in organic seedling production: optimization of growing media formulation through mixture design and response surface analysis. *PLoS One* 10 (6): e0128600. DOI: 10.1371/journal.pone.0128600.
- Doelman J.C., Verhagen W., Stehfest E., van Vuuren D.P. 2023: The role of peatland degradation, protection and restoration for climate change mitigation in the SSP scenarios. *Environmental Research: Climate* 2 (3): 035002. DOI: 10.1088/2752-5295/acd5f4.
- Durło G., Jagiełło-Leńczuk K., Banach J., Kormanek M., Małek S., Dudek K., Barszcz J., Skowrońska I. 2015: Gospodarka wodna sadzonek sosny pospolitej (*Pinus sylvestris* L.) produkowanej w technologii kontenerowej. *Acta Agraria et Silvicultura Series Silvestris* 53: 25–35.
- Escobar-Avello D., Ferrer V., Bravo-Arrepol G., Reyes-Contreras P., Elissetche J.P., Santos J., Fuentealba C., Cabrera-Barjas G. 2023: Pretreated *Eucalyptus globulus* and *Pinus radiata* barks: Potential substrates to improve seed germination for a sustainable horticulture. *Forests* 14: 991. DOI: 10.3390/f14050991.
- Grossnickle S.C. 2012: Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests* 43 (5–6): 711–738. DOI: 10.1007/s11056-012-9336-6.
- Haase D.L. 2007: Morphological and physiological evaluations of seedling quality. USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-50: 3–8.

- Heiskanen J., Ruhanen H., Himanen K., Kivimäenpää M., Silvan N. 2024: Growth of Nordic container forest tree seedlings in some peatless and peat-reduced growing media. *New Forests* 55: 1499–1517. DOI: 10.1007/s11056-024-10048-8.
- Hirschler O., Osterburg B., Weimar H., Glasenapp S., Ohmes M.F. 2022: Peat replacement in horticultural growing media: Availability of bio-based alternative materials. Thünen Working Paper 190: 1–54. DOI: 10.3220/WP1648727744000.
- Iverson R.D. 1984: Planting stock selection: Meeting biological needs and operational realities. [In:] M.L. Duryea, T.D. Landis (eds) *Forest nursery manual*. Oregon State University, Corvallis, USA, 261–266.
- Jasik M., Staszal-Szlachta K., Małek S., Banach J. 2024: Concentration of nutrients in individual organs of European beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings and root system development as a result of different fertilization. *Forests* 15 (11): 2016. DOI: 10.3390/f15112016.
- Jaworski A. 2019: *Hodowla lasu. Tom 3. Charakterystyka hodowlana drzew i krzewów leśnych. Wyd. 2. PWRiL, Warszawa.*
- Kormanek M., Małek S., Banach J., Durło G., Jagiełło-Leńczuk K., Dudek K. 2021: Seasonal changes of perlite-peat substrate properties in seedlings grown in different sized container trays. *New Forests* 52: 271–283. DOI: 10.1007/s11056-020-09793-3.
- Landis T.D., Morgan N. 2009: Growing media alternatives for forest and native plant nurseries. [In:] Dumroese R.K., Riley L.E. (tech. coords.) *National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations-2008. Proc. RMRS-P-58*. Fort Collins, CO: U.S. Dept of Agric, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 26–31.
- Leifeld J., Wüst-Galley C., Page S. 2019: Intact and managed peatland soils as a source and sink of GHGs from 1850 to 2100. *Nature Climate Change* 9: 945–947. DOI: 10.1038/s41558-019-0615-5.
- Manton M., Makrickas E., Banaszuk P., Kołos A., Kamocki A., Grygoruk M., Stachowicz M., Jarašius L., Zableckis N., Sendžikaitė J., Peters J., Napreenko M., Wichtmann W., Angelstam P. 2021: Assessment and Spatial Planning for Peatland Conservation and Restoration: Europe's Trans-Border Neman River Basin as a Case Study. *Land* 10 (2): 174. DOI: 10.3390/land10020174.
- Mariotti B., Olier J.A., Andivia E., Tsakalidimi M., Villar-Salvador P., Ivetić V., Montagnoli A., Janković I., Bilir N., Bohlenius H., Cvjetković B., Dūmiņš K., Heiskanen J., Hinkov G., Floistad I.S., Coccozza C. 2023: A global review on innovative, sustainable, and effective materials composing growing media for forest seedling production. *Current Forestry Reports* 9: 413–428. DOI: 10.1007/s40725-023-00204-2.
- Müller R., Glatzel S. 2021: Sphagnum farming substrate is a competitive alternative to traditional horticultural substrates for achieving desired hydro-physical properties. *Mires and Peat* 27: 21. DOI: 10.19189/MaP.2021.OMB.StA.2157.
- Pająk K., Małek S., Kormanek M., Banach J. 2022: Effect of peat substrate compaction on growth parameters and root system morphology of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings. *Sylwan* 166 (8): 537–550. DOI: 10.26202/sylwan.2022062.

- Rotowa O.J., Małek S., Banach J., Pach M. 2023: Effect of different innovative substrate media on root characterization of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and pedunculate oak (*Quercus robur* L.) seedlings. *Sylvan* 167 (9): 535–548. DOI: 10.26202/sylvan.2023075.
- Rotowa O.J., Małek S., Jasik M., Staszal-Szlachta K. 2025: Substrate and fertilization used in the nursery influence biomass and nutrient allocation in *Fagus sylvatica* and *Quercus robur* seedlings after the first year of growth in a newly established forest. *Forests* 16 (3): 511. DOI: 10.3390/f16030511.
- Rudawska M., Leski T. 2009: Mikoryza. [In:] Wesoły W., Hauke M. (eds) *Szkółkarstwo leśne od A do Z*. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 181–193.
- Soares J.C., Santos C.S., Carvalho S.M., Pintado M.M., Vasconcelos M.W. 2019: Preserving the nutritional quality of crop plants under a changing climate: importance and strategies. *Plant and Soil* 443 (1): 1–26. DOI: 10.1007/s11104-019-04229-0.
- Staszal-Szlachta K., Banach J., Małek S. 2025: The effect of the peat-free substrate KORFF on the growth and nutritional status of seedlings of selected forest tree species. *Sylvan* 169 (9): 658–668. DOI: 10.26202/sylvan.2025044.
- Szabla K., Pabian R. 2009: *Szkółkarstwo kontenerowe*. Nowe technologie i techniki w szkółkarstwie leśnym. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- Taparia T., Hendrix E., Nijhuis E., de Boer W., van der Wolf J. 2021: Circular alternatives to peat in growing media: A microbiome perspective. *Journal of Cleaner Production* 327: 129375. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.129375.
- TIBCO Software Inc. 2017: *Statistica* (data analysis software system). Version 13.
- Wesoły W. 2009: *Szkółki kontenerowe*. [In:] Wesoły W., Hauke M. (eds) *Szkółkarstwo leśne od A do Z*. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 357–361.
- Witek K., Ankudo-Jankowska A., Molińska-Glura M., Adamowicz K. 2024: Future prospects for peat as a component of plant substrates – the economic aspect. *Sylvan* 168 (1): 48–61. DOI: 10.26202/sylvan.2023094.
- Zasady hodowli lasu 2023: Wydano na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych, Warszawa.

Kontakt

Ing. Karolina Staszal-Szlachta, PhD

Ing. Oliwia Malara

Ing. Aleksandra Urban

Dr. hab. Ing. Jacek Banach, prof. URK

Katedra ekologii a leśného hospodárstva, Lesnícka fakulta,

Poľnohospodárska univerzita v Krakove

Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków, Poľsko

e-mail: karolina.staszal@urk.edu.pl, oliwia.malara@student.urk.edu.pl,

aleksandra.urban@student.urk.edu.pl, jacek.banach@urk.edu.pl



ISBN: 978-80-8093-401-9



9 788080 934019