

**ZDRUŽENIE LESNÝCH ŠKÔLKAROV SLOVENSKEJ REPUBLIKY
NÁRODNÉ LESNÍCKE CENTRUM – LESNÍCKY VÝSKUMNÝ ÚSTAV ZVOLEN
MINISTERSTVO PÔDOHOSPODÁRSTVA
A ROZVOJA VIDIEKA SLOVENSKEJ REPUBLIKY
LESY SLOVENSKEJ REPUBLIKY, Š. P., OZ SEMENOLES LIPTOVSKÝ HRÁDOK SLOVENSÁ
LESNÍCKA SPOLOČNOSŤ – ČLEN ZSVTS
SAPV – ODBOR LESNÍCTVA
SLOVENSÁ SPOLOČNOSŤ PRE PLPAVV PRI SAV**

LESNÉ SEMENÁRSTVO, ŠKÔLKARSTVO A PESTOVANIE LESA 2023

Zborník referátov z medzinárodnej konferencie,
ktorá sa konala 21. - 22. 6. 2023 v Liptovskom Jáne

2023



**AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA**

Táto publikácia vznikla:

- vďaka podpore z projektu Agentúry na podporu výskumu a vývoja MŠVVaŠ SR APVV-19-0601 “Rekonštrukcie nepôvodných smrečín zamerané na podporu druhovej a štruktúrnej diverzity lesa“,
- 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
- 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.

Recenzenti: Mgr. Gabriela Luptáková, PhD.
 Ing. Miroslav Ondruš, PhD.
 Ing. Miriam Sušková, PhD.
 Ing. Elena Takáčová

Editor: Ing. Miriam Sušková, PhD.
 Ing. Dagmar Bednárová, PhD.

Vydavateľ: Združenie lesných škôlkarov Slovenskej republiky,
 Liptovský Mikuláš v spolupráci s NLC – LVÚ Zvolen

Náklad: 135 kusov

Rozsah: 150 strán

Vydanie: Prvé

Tlač: Národné lesnícke centrum vo Zvolene

Copyright © Združenie lesných škôlkarov Slovenskej republiky
Liptovský Mikuláš 2023

ISBN 978 – 80 – 972697 – 4 – 6

EAN 9788097269746

OBSAH

ZÁCHRANA GENOFONDU LESNÝCH DREVÍN

Národní program ochrany a reprodukce lesních dřevin v ČR.

*Ing. Vlasta Knorová, Sekce lesního hospodářství,
Ministerstvo zemědělství Praha* 6

Zachovanie lesných genetických zdrojov v rámci rôznych stratégií ochrany prírody na príklade topoľa čierneho (*Populus nigra* L.) v Sasku. (abstrakt)

*Ing. Ute Tröber a kol., Staatsbetrieb Sachsenforst,
OT Graupa, Nemecko* 11

SEMENÁRSTVO

Lze urychlit předosevní přípravu a zvýšit výtěžnost osiva lípy malolisté (*Tilia cordata* Mill.)?

*Ing. František Bednařík, Ing. Kateřina Houšková, PhD., Prof. Ing. Oldřich Mauer,
DrSc., Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita Brno, Ing. Lena
Bezděčková, VÚLHM v.v.i. Strnady, VS Kunovice* 13

Kryokonzervácia ako inovatívny spôsob dlhodobého uskladnenie biologického materiálu v banke semien lesných drevín.

*Ing. Vladimír Mačejovský, PhD. a kol., Národné lesnícke
centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen* 26

Testovanie fungicidov v predsejbovej príprave osiva buka.

*Mgr. Gabriela Luptáková, PhD., Lesy Slovenskej republiky,
OZ Semenoles Liptovský Hrádok* 33

ŠKÓLKÁRSTVO

Vplyv Bactériosolu na vlastnosti pôdy v porovnaní s kvalitou semenáčikov jedle bielej (*Abies alba* Mill.) po jednom roku aplikácie.

*Ing. Dagmar Bednárová, PhD. a kol., Národné lesnícke centrum – Lesnícky
výskumný ústav Zvolen, Ing. Karol Chvála Loben s. r. o.* 39

ZAKLADANIE, PESTOVANIE, VÝCHOVA LESY

Vplyv vlhového deficitu na sadbový materiál hospodársky významných lesných drevín a možnosti jeho zmiernenia v období po výsadbe.

*doc. Ing. Ivan Repáč, PhD., Lesnícka fakulta, Technická univerzita
vo Zvolene, Ing. Martin Belko, PhD., Národné lesnícke centrum –
Lesnícky výskumný ústav Zvolen* 54

Podsadby ako nástroj rekonštrukcie ohrozených smrekových porastov na Slovensku.

*doc. Ing. Jaroslav Vencurik, PhD., Lesnícka fakulta,
Technická univerzita vo Zvolene* 63

Robot pro práce na obnovu lesa, zalesňování a rekultivování půdy.

*Assist. prof. Paweł Tylek, PhD a kol., University of Agriculture in Cracow,
Faculty of Forestry Department of Forest Utilization, Engineering and
Forest Techniques, Kraków, Polsko. Marek Szychta, MSc, Assist. prof.
Florian Adamczyk, PhD, Łukasiewicz Research Network - Poznań
Institute of Technology Center of Agricultural and Food Technology,
Poznań, Polsko* 71

Výchova porastov ako významný nástroj obhospodarovania lesov.

*doc. Ing. Igor Štefančík, CSc., Národné lesnícke centrum – Lesnícky
výskumný ústav Zvolen* 83

OCHRANA

Semenné sady na zvýšenie odolnosti jaseňa voči chradnutiu.

*Ing. Roman Longauer, CSc., Ing. Valéria Longauerová, PhD., Národné
lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen,
Ing. Robert Ondrejčík, Lesnícka a dřevařská fakulta,
Mendelova univerzita Brno* 96

Ochrana výsadeb lesních dřevin před poškozováním divokými prasaty.

*Ing. Jarmila Nárovcová, Ph.D, VÚLHM v .v. i. Strnady,
VS Opočno* 104

Kalkulačka na výpočet a evidenciu škôd zverou a možnosti jej praktického využitia v ochrane lesa.

*Ing. Andrej Gubka, PhD. a kol., Národné lesnícke centrum – Lesnícky
výskumný ústav Zvolen* 110

Prípravky na ochranu rastlín na Slovensku.

*Ing. Andrej Kunca, PhD. a kol., Národné lesnícke centrum – Lesnícky
výskumný ústav Zvolen* 119

RÔZNE

Využití biotechnologií v lesním hospodářství ČR.

*Ing. Pavlína Máchová, Ph.D. a kol.,
VÚLHM, v. v. i., Strnady* 131

Hospodárenie v štátnom podniku LASY PAŃSTWOWE s ohľadom na nepôvodné druhy.

*Mgr. inż. Adam Biernat, Dyrekcja Generlana Lasów Państwowych,
Warszawa Polsko* 141

ZÁCHRANA GENOFONDU LESNÝCH DREVÍN

Národní program ochrany a reprodukce genofondu lesních dřevin ČR

Vlasta Knorová

Abstrakt

V zájmu podpory obhospodařování a udržení dostatečného počtu kvalitních zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin byl v České republice vyhlášen „Národní program ochrany a reprodukce genofondu lesních dřevin“. Hlavním záměrem je pozitivně motivovat vlastníky zdrojů reprodukčního materiálu k jejich zachování finanční podporou ze strany státu.

Klíčové slová

Národní program, podpora, zdroj reprodukčního materiálu,

Úvod

V roce 2019 bylo zahájeno druhé období Národního programu ochrany a reprodukce genofondu lesních dřevin (dále jen „Národní program“). První období probíhalo v letech 2014 – 2018 a navazující Národní program byl vyhlášen na období 2019 – 2027.

Národní program ochrany a reprodukce genofondu lesních dřevin ČR

V roce 2019 bylo zahájeno druhé období Národního programu ochrany a reprodukce genofondu lesních dřevin (dále jen „Národní program“). První období probíhalo v letech 2014 – 2018 a navazující Národní program byl vyhlášen na období 2019 – 2027.

V České republice zajišťuje Národní program oblast ochrany a reprodukce genofondu lesních dřevin v souladu s platnými právními předpisy, mezinárodními úmluvami a dohodami. Poskytuje právní a organizační rámec k zajištění trvalého a efektivního využívání genetických zdrojů lesních dřevin. Hlavním cílem Národního programu je zachovat a reprodukovat genofond lesních dřevin jako součást národního bohatství.

Národní program je na jedné straně určen vlastníkům, nájemcům, pachtýřům a vypůjčitelům, kteří obhospodařují zdroje reprodukčního materiálu a na straně druhé Národním bankám explantátů a osiva, jejichž úkolem je uchovávat materiál zvláště geneticky cenných populací a jedinců.

Ústředním správním úřadem v oblasti ochrany a reprodukce genofondu lesních dřevin je Ministerstvo zemědělství. Koordinátorem Národního programu je pověřená osoba – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem (dále jen „ÚHÚL“). Provozováním Národní banky osiva a explantátů lesních dřevin pověřilo Ministerstvo zemědělství určenou osobu – Výzkumný ústav lesního

hospodářství a myslivosti v.v.i. (dále jen „VÚLHM“).

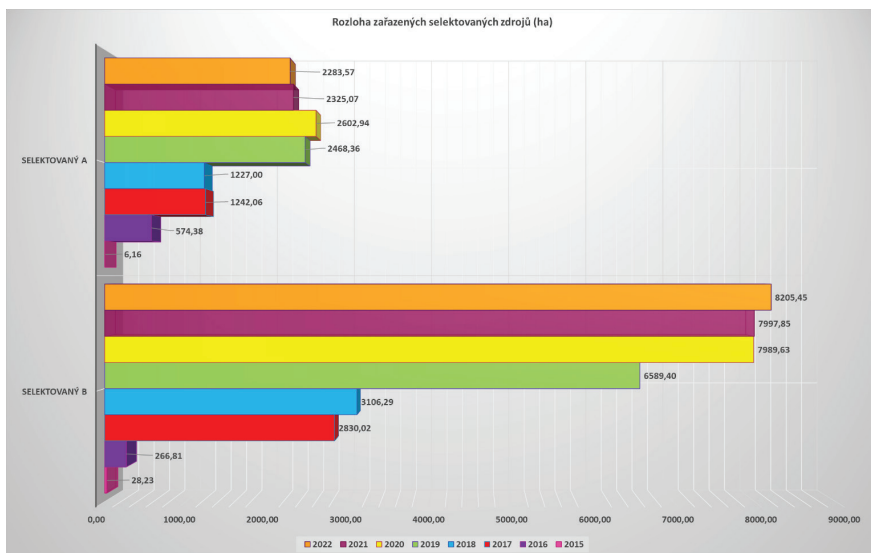
Základním předpokladem pro možnost čerpání finančních prostředků je zařazení zdroje do Národního programu. Žádost o zařazení genetického zdroje do Národního programu může podat vlastník, nájemce nebo pachtýř pozemku, na kterém se genetický zdroj nachází. Jednotným podacím místem pro příjem žádostí je ÚHÚL, kam musí být žádosti doručeny nejpozději **do 31. prosince daného kalendářního roku**. Genetický zdroj může být **zařazen do Národního programu vždy od 1. ledna následujícího roku**.

Oblasti podpory z Národního programu

Většina finančních příspěvků, které jsou z národního programu vypláceny je z národních zdrojů České republiky, pouze podpora zdrojů selektovaného reprodukčního materiálu je vyplácena v rámci Programu pro rozvoj venkova (dále jen „PRV“) z evropských fondů. Podpory jsou rozděleny do několika oblastí:

Podpora uznaných zdrojů selektovaného reprodukčního materiálu

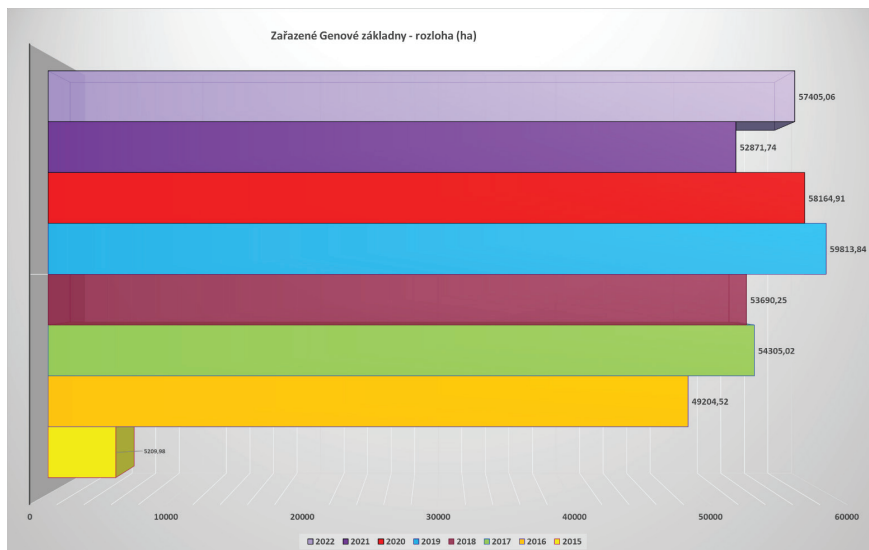
Jedná se o obdobu plošných dotací poskytovaných v zemědělství a jako jediná není financována z národních zdrojů. Je zaměřena na porosty fenotypové třídy A pro všechny lesní dřeviny uvedené v příloze č. 2 k vyhlášce č. 393/2013 Sb. a fenotypové třídy B pro všechny lesní dřeviny uvedené v téže příloze, s výjimkou smrku ztepilého (*Picea abies* Karst.), borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.), modřínu opadavého (*Larix decidua* Mill.). Podpora je poskytována na hektar a její výše se odvíjí od aktuálního kurzu CZK/EUR. Vzhledem k tomu, PRV skončil v roce 2020, byly tato podpora s minimálními změnami zařazena i do programu následujícího.



Obrázek 1: Vývoj plochy uznaných selektovaných zdrojů, zařazených do Národního programu (Zdroj: ÚHÚL)

Podpora genových základů

Genové základny jsou vyhlášovány pro jednu i více dřevin. Minimální rozloha genové základny by měla být 100 ha. V genových základnách je vlastník omezen pravidly pro provádění obnovy, která může být realizovaná pouze reprodukčním materiálem dřeviny, pro kterou byla genová základna vyhlášena, pocházejícím z genové základny. Podpora se vztahuje pouze na porostní skupiny, ve kterých se nacházejí dřeviny, pro které byla genová základna vyhlášena, se zastoupením uvedeným v lesním hospodářském plánu nebo lesní hospodářské osnově minimálně 5 %. **Maximální výše dotace 200,- Kč za rok na hektar.**



Obrázek 2: Vývoj rozlohy genových základů zařazených do Národního programu (Zdroj: ÚHÚL)

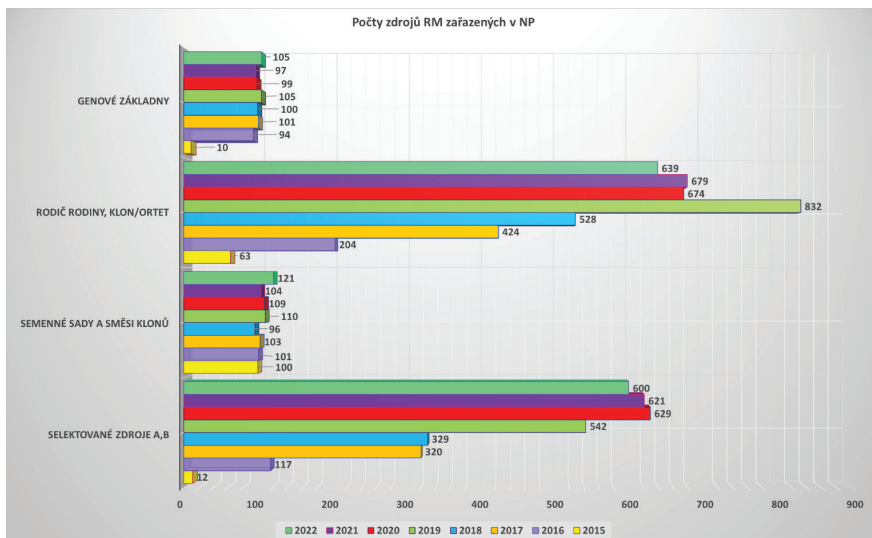
Podpora rodičů rodiny, ortetů a klonů jako zdrojů kvalifikovaného reprodukčního materiálu

Podpora existence a obhospodařování rodičů rodiny, ortetů a klonů, tedy jedinců cenných a ohrožených regionálních populací lesních dřevin uvedených v příloze č. 2 k vyhlášce č. 393/2013 Sb., zejména za účelem naplnění Národní banky osiva a explantátů lesních dřevin, zakládání semenných sadů, směsí klonů a sbírek klonů. **Podpora je poskytována ve výši 1 000,- Kč/jeden uznávaný rodič rodiny, ortet nebo klon/rok.**

Podpora semenných sadů a směsí klonů

V současné době dochází v České republice k opětovnému zvýšení zájmu o semenné sady, jejich obnovu a zakládání nových. Hlavním důvodem může být nejen snadnější sběr reprodukčního materiálu, ale také, u nově zakládaných sadů,

verifikovaný původ materiálu, z nichž jsou sady zakládány. Do určité míry jsou tak do budoucna zajištěny kvalitní zdroje pro zakládání a obnovu lesních porostů. Podpora je poskytována na zakládání semenných sadů a směsí klonů při činnostech souvisejících se zakládáním těchto objektů a jejich obhospodařováním v období před uznáním a následné obhospodařování uznaných semenných sadů a směsí klonů. Podpora je poskytována **do 80 % prokázaných nákladů vynaložených na dosažení účelu dotace.**



Obrázek 3: Počty zdrojů zařazených do Národního programu v letech 2015-2022 (Zdroj: ÚHÚL)

Podpora Národní banky osiva a explantátů

Národní banka byla zřízena jako trvalé účelové zařízení VÚLHM, ve kterém jsou dlouhodobě uchovávány vzorky osiva a explantátů lesních dřevin ve specifických podmínkách ex situ v co největší možné genetické variabilitě. Cílem je vytvořit předpoklady pro reprodukci a budoucí využití genofondu cenných a ohrožených populací lesních dřevin v rámci lesního hospodářství České republiky. Uložené oddíly osiva a explantátů je možné využít k výzkumu, šlechtění a v rámci mezinárodní spolupráce v této oblasti. V neposlední řadě jsou tyto oddíly určeny také k přímé reprodukci ohrožených genetických zdrojů lesních dřevin s cílem zajištění návratu populací do místa jejich původního výskytu, nebo na jiná vhodná stanoviště.

Podpora Národní banky je směřována nejen na činnost obou bank, ale také na investiční náklady spojené s jejich provozem. Národní banka explantátů je umístěna ve VÚLHM Strnady, Strnady 136, 252 02 Jiloviště a banka osiva ve VÚLHM výzkumná stanice Kunovice, Na Záhonech 601, 686 04 Kunovice.

ROK	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Počet uložených klonů	408	300	300	300	257	257	257	266
Počet uložených oddílů osiva	16	53	49	55	55	72	89	101

Obrázek 4: Tabulka uložených klonů a oddílů osiva v Národních bankách osiva a explantátů (Zdroj: VÚLHM)

Literatura

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. Národní program ochrany a reprodukce genofondu lesních dřevin na období 2019-2027 (č. j. 69922/2018-MZE-16212) ze dne 17. prosince 2018. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/lesy/dotace-v-lesnim-hospodarstvi-a-myslivosti/podpora-genofondu-lesnich-drevin/narodni-program/>

ČESKÁ REPUBLIKA. Zásady, kterými se stanovují podmínky pro poskytování dotací na ochranu a reprodukci genofondu lesních dřevin na období 2019 – 2027. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/lesy/dotace-v-lesnim-hospodarstvi-a-myslivosti/podpora-genofondu-lesnich-drevin/>

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.cz

Zachovanie lesných genetických zdrojov v rámci rôznych stratégií ochrany prírody na príklade Topoľa čierneho (*Populus nigra* L.) v Sasku

Ute Tröber, Marek Schildbach, Heino Wolf & Matthias Meyer

Abstrakt

Topoľu čiernemu ako významnej prírodnej zložke lužných lesov v Sasku hrozí vyhynutie. Preto sa od roku 2005 začalo so zaznamenávaním a dokumentáciou výskytu topoľa čierneho pozdĺž väčších riek. Na základe zozbieraných údajov bola metódami genetickej analýzy vykonaná druhová identifikácia a charakterizácia porastov, sadeníc z ich potomstiev ako aj jednotlivých rastúcich starých stromov topoľa čierneho. Štátny lesný podnik Sachsenforst sa snaží zabezpečiť kvalitný reprodukčný materiál na realizáciu opatrení na zachovanie a podporu genetického potenciálu topoľa čierneho, pričom sa uplatňuje vegetatívne rozmnožovanie vhodných jedincov ako aj generatívna reprodukcia porastov.

Pre Labe sú k dispozícii výsledky genetických štruktúr piatich populácií. Tri z nich sú uznané porasty, z ktorých sa získalo osivo a vypestovalo potomstvo. Na vegetatívne získavanie reprodukčného materiálu sa pre reintrodukcii sústredilo v klonovom sade takmer 300 klonov.

Tým bola časť predpokladov na zachovanie topoľov čiernych splnená. Aby ich znovuzavedenie do ekosystémov malo šancu na úspech, je nevyhnutná otvorená a konštruktívna spolupráca medzi združeniami ochrany prírody, štátom, mestskými inštitúciami a vlastníkmi.

Príspevok prezentuje aktuálny stav genofondu topoľa čierneho v Sasku a vysvetľuje stratégie jeho zachovania ako aj problémy pri ich realizácii na niektorých príkladoch.

Kľúčové slová:

zachovanie genofondu, ochrana prírody, genetická štruktúra, introgresia, mikrosatelitové analýzy, vegetatívne a generatívne rozmnožovanie

Kontakt

Staatsbetrieb Sachsenforst
Referat Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung
Bonnewitzer Str. 34
D-017 96 Pirna OT Graupa

SEMENÁRSTVO

Lze urychlit předosevní přípravu a zvýšit výtěžnost osiva lípy malolisté (*Tilia cordata* Mill.)

František Bednařík, Kateřina Houšková,
Lena Bezděčková, Oldřich Mauer

Abstrakt

Cílem práce bylo ověřit, zdali fermentace semenného materiálu zefektivní předosevní přípravu lípy srdčité. Semenný materiál ze dvou zdrojů semen lípy byl podroben 7, 14 a 21 dní anaerobní fermentaci a 10, 20 a 30 dní aerobní fermentaci; kontrolou bylo osivo po teplo-studené stratifikaci. Byl hodnocen obsah vody, klíčivost a hladina kyseliny abscisové v osivu a průběh vzcházení a morfologické parametry jednoletých semenáčků lípy vzešlých z testovaného osiva. Bylo zjištěno, že fermentované osivo má ve srovnání s osivem po teplo-studené stratifikaci vyšší klíčivost (cca 90 %), nízkou hladinu kyseliny abscisové (do 700 pmol/g) a vzešlé semenáčky dosahují větších morfologických parametrů. Semenný materiál je třeba sbírat ve voskové zralosti, dovlhčit jej, fermentovat bez přístupu vzduchu (anaerobní fáze) 7 dnů a následně s přístupem vzduchu (aerobní fáze) 10, 20 nebo 30 dnů. Fermentací semenného materiálu lze ve srovnání s používanou stratifikací osiva urychlit přípravu semen k výsevu o 1 rok.

Klíčové slova

klíčivost, kyselina abscisová, lípa srdčitá, osivo, vzcházení semenáčků, zralost semen

Úvod

Měnící se podmínky prostředí a současná kůrovcová kalamita vyvolala v lesním hospodářství řadu změn, které se pojí zejména s obnovou lesa a změnou druhové skladby. Vyšší podíl listnatých dřevin a dřevin málo využívaných vedl mj. i ke zvýšení poptávky po sadebním materiálu lípy srdčité (*Tilia cordata* Mill.) a bylo nutné zajistit dostatečné množství osiva k jeho napěstování. Předosevní příprava lípy však není jednoduchá, je zdoluhavá a často nevede k žádané výtěžnosti osiva.

Semena lípy srdčité jsou dormantní, což je zapříčiněno jednak tvrdým oplodím a nepropustným osemením (obalová dormance) a jednak vysokým obsahem kyseliny abscisové (ABA) v embryu (endogenní dormance) (Landis 1996; Suszka et al. 1996). K překováním dormance (klíčícího klidu) je proto zapotřebí semena stratifikovat. Vanstone (1978) Flemer (1980) aj. doporučují stratifikaci s médiem, ale většina autorů popisuje jako nejvhodnější způsob překonání dormance semen lípy srdčité teplo-studenou stratifikaci bez média.

Pro odbourání vlivu nepropustného osemení lípy srdčité navrhují Schopmeyer (1974), Dirr a Heuser (1987) a Suszka et al. (1996) máčení plně zralých semen

ve vodě po dobu 48 hodin a jejich následní podrobení teplé fázi stratifikace při teplotě 20-25 °C po dobu 3-5 měsíců. Teplou stratifikaci lze dle Tylkowského (1994) nahradit macerací (chemickou skarifikací) v koncentrované kyselině sírové. Heit (1977) doporučuje macerovat semena 10-50 min při teplotě 23-27 °C; nižší teploty vyžadují delší maceraci. Délka macerace dle něj závisí na stupni nepropustnosti osemení. Mechanickou skarifikaci a máčení osiva v horké vodě Heit (1977) nedoporučuje, protože nejsou tak účinné jako macerace. Přesto Shepperd (2008) skarifikaci lipových semen připouští, přičemž by ihned (na podzim) měla být semena vyseta nebo před jarní sítí stratifikována. Po teplé stratifikaci by měla následovat studená fáze při teplotě 1-4 °C po dobu 3-4 měsíců (Shepperd 2008, Dirr a Heuser 1987, Suzska et al. 1996). Předosevní příprava by měla být dle Suszky et al. (1996) ukončena, až začnou klíčit první semena. Celý proces předosevní přípravy lípy srdčité (teplo-studené stratifikace) trvá 8 až 9 měsíců (Suzska et al. 1996).

Semena lípy srdčité bývají sbírána v době jejich plné zralosti. Schubert (1962) doporučuje jejich sběr podle skutečného stavu zralosti embrya – nažloutlé embryo má vyplňovat celou dutinu bílého endospermu. Ponechání plodů déle na stromě snižuje podle autora jejich vlhkost a tím se prohlubují zábrany klíčení. Semena lípy, stejně jako jasanu a habru, však lze sklízet i „za zelena“ a vysévat „nezralé“, kdy jsou již plně vyvinutá, ale ne zcela zralá (Suzska et al. 1996). Cílem předčasného sběru je posbírat semena před tím, než se v nich začnou hromadit růstové inhibitory bránící klíčení. Semena nacházející se ve voskové zralosti mají polopropustné semenné obaly umožňující pronikání vody a kyslíku k embryu, zcela vyvinuté embryo a v endospermu se nacházejí jednoduché organické látky – sacharidy a aminokyseliny (Macháčková in Procházka et al. 1998). Podle Šebánka in Procházka et al. (1998) se v dozrávajících semenech v souvislosti s jejich desikací zvyšuje koncentrace kyseliny abscisové (ABA). S poklesem vlhkosti tak postupně dochází k endogenní dormanci (Blake et al. 2002) a ke kutinizaci semenných obalů. Obaly se postupně stávají nepropustné a dojde ke vzniku obalové dormance.

Podmínkou úspěchu sběru a sítě semen „za zelena“ je, že se v semenech při následné manipulaci a po výsevu nesmí snížit obsah vody, semena nesmí zplsnivět a být vystavena náhlým teplotním změnám (Vincent 1965). Sbíraná semena se musí dle tohoto autora ihned vyset, neodstraňují se z nich ani přídatné části jako listeny nebo křídla; semena se nehodí pro skladování, protože rychle ztrácí klíčivost. Lipové oříšky se sbírají a vysévají od posledního týdne srpna do konce první dekády září, když se na nich začnou objevovat hnědé skvrny; jejich klíčivost je v tomto stupni zralosti asi 70 % (Vincent 1965). Do jarních měsíců je navíc nutno výsev chránit před poškozením hmyzem, hlodavci a před převlhčením v důsledku podzimních, zimních a předjarních srážek. Sjíje nebývá rovnoměrná, část semen v povrchové vrstvě vyschne, popř. zmrzne a semena v hlubších vrstvách odumrou v důsledku nedostatku kyslíku v půdě. Vzcházejivost tak dosahuje velmi nízkých hodnot, je silně ovlivněna povětrnostními vlivy a přináší nejistý výsledek (Vincent 1965).

Semena některých druhů dřevin velmi dobře klíčí, jestliže projdou trávicím traktem ptáků. Ptáci plody (včetně semen) konzumují a po strávení oplodí vylučují vysoce klíčivá semena (Turček 1952; Miller-Schneider 1949). Během trávení oplodí

se semena nacházejí určitou dobu ve střevním traktu, to je v prostředí, kde probíhá intenzivní anaerobní fermentace při teplotě cca 37 až 39 °C, tj. při bazální teplotě ptáků (Miller-Schneider 1949). Pro překonání komplexu obalové a endogenní dormance a zkrácení doby předosevní přípravy semen se proto jeví využití semen sklizených ve voskové zralosti v kombinaci s následnou řízenou fermentací. Cílem práce bylo nalezení standardního způsobu předosevní přípravy semen lípy srdčité sklizených ve voskové zralosti metodou řízené fermentace semenného materiálu a vyhnutí se dormanci, resp. klíčovému klidu semen.

Materiál a metody

Zdroji semen pro experiment byly dva stromy, nacházející se ve dvou odlišných lokalitách, vzdálených asi 60 km od sebe. První strom byl cca 50-55letý, nacházel se na JZ okraji lesního porostu v nadmořské výšce 212 m n. m., PLO 36 Středomoravské Karpaty, katastrální území Uherské Hradiště, Česká republika (původ označen Uherské Hradiště). Druhý strom byl 45-50letý, nacházel se na J okraji lesa v nadmořské výšce 290 m n. m., v PLO 41 Hostýnsko-Vsetínská vrchovina a Javorníky, katastrální území Slušovice, Česká republika (původ označen Slušovice).

Semenný materiál z obou zdrojů semen (tj. směs semen, listenů a listů) byl sbírán zdrhováním z letorostů. Doba sběru byla určena dle zralosti semen vhodné pro fermentaci (vosková zralost), tj. zelená barva oplodí, hnědá barva osemení, po zmáčknutí mezi prsty semena neroní mléko, vyvinuté embryo je zřetelně vidět na příčném řezu semenem, obaly ještě nejsou plně kutinizovány (Bednařík et al. 2022). Tohoto stavu dosáhly semena obou zdrojů na přelomu srpna a září. Morfologicky zralá semena byla sbírána v předchozím roce na přelomu listopadu a prosince a sloužila pro porovnání jako kontrolní varianta (tab. 1). Tyto semena měla hnědé osemení i oplodí, vnitřní pletiva byla pevná, vyvinuté embryo bylo zřetelně viditelné na příčném řezu semenem, obaly byly plně kutinizovány (Bednařík et al. 2022).

Tab. 1: Přehled hlavních aktivit experimentů 1, 2 a 3

	Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3
	Varianty s fermentací		
Sběr semenného materiálu	29. srpen 2010	10. září 2011	5. září 2012
Počátek předosevní přípravy	29. srpen 2010	10. září 2011	5. září 2012
Síje	březen 2011	březen 2012	březen 2013
Měření semenáčků	říjen 2011	říjen 2012	říjen 2013
Varianty s teplo-studenou stratifikací			
Sběr semenného materiálu	listopad 2009	listopad 2010	listopad 2011
Počátek předosevní přípravy	červenec 2010	červenec 2011	červenec 2012
Síje	březen 2011	březen 2012	březen 2013
Měření semenáčků	říjen 2011	říjen 2012	říjen 2013

Polovina semenného materiálu sbíraného ve voskové zralosti semen byla po sběru 24 hod máčena ve vodě. Dovlhčený i nedovlhčený semenný materiál byl fermentován ve dvou fázích:

1. Anaerobní fermentace při 37-39 °C. Semenný materiál byl hermeticky uzavřený v plastovém obalu v termoboxu po dobu 7, 14 a 21 dnů. Na konci této fáze byl semenný materiál vyjmut z obalů a podroben aerobní fázi fermentace.
2. Aerobní fermentace při 20-25 °C. Semenný materiál byl umístěn do termoboxu s aktivním větráním po dobu 10, 20 a 30 dnů.

Celkem bylo založeno 36 různých variant předosevní přípravy s fermentací semenného materiálu, a to v závislosti na zdroji semen (původ Uherské Hradiště a Slušovice), dovlhčení semenného materiálu po sběru (bez dovlhčení a s dovlhčením), době trvání anaerobní etapy fermentace (7, 14 a 21 dní) a době trvání aerobní etapy fermentace (10, 20 a 30 dní). Pro každou variantu bylo posbíráno 3 kg semenného materiálu, toto množství bylo dále rozděleno na 3 opakování po 1 kg. Celkové množství posbíraného semenného materiálu bylo 108 kg (54 kg z každého stromu).

Po ukončení celého procesu fermentace byla semena na vytrsači oddělena od ostatního semenného materiálu a uložena bez média do chladicího boxu při teplotě 0-2 °C do doby jarní sje. Jako kontrola sloužilo plně zralé osivo, sbírané ve stádiu morfologické zralosti cca 10 měsíců před sběrem semen ve voskové zralosti, ze stejného zdroje (stromu) jako osivo původem z Uherského Hradiště. Toto osivo bylo připravované klasickou teplo-studenou stratifikací (130 dnů při 2025 °C, 160 dnů při 2-4 °C). Celý experiment byl opakován 3 roky po sobě, výsledky jsou označovány jako experiment 1, 2 a 3 (Tab. 1).

V průběhu zrání semen, mezi voskovou a morfologickou zralostí, a v době jejich klíčení před jarní sjí byly odebírány vzorky osiva o hmotnosti 2x5 g dle norem ČSN 48 1211 (2006) i ISTA (2021) za účelem stanovení obsahu vody. Po ukončení předosevní přípravy byla zjištěna klíčivost osiva všech variant. Při zkoušce klíčivosti bylo postupováno analogicky jako dle ČSN 48 1211 (2006) a ISTA (2021), tj., 4x100 semen bylo uloženo do plastových zakličovacích boxů. Teplotní, světelné podmínky při klíčení semen a médium se od normovaných lišily, tzn., teplota činila stabilních +12 °C s režimem 12 hod světlo, 12 hod tma a semena v zakličovacích boxech byla uložena na zvlhčený filtrační papír. Zkouška klíčivosti byla ukončena a vyhodnocena po 21 dnech stejně jako v ČSN 48 1211 (2006) a ISTA (2021).

V průběhu předosevní přípravy a skladování osiva původem z Uherského Hradiště byly v experimentu 2 z vybraných perspektivních variant (A, B, C viz tab. 2), tzn. těch, jejichž klíčivost nebyla nulová, odebírány vzorky osiva o hmotnosti 2 g pro stanovení obsahu kyseliny abscisové (ABA). U fermentovaného osiva bylo odebráno 11 vzorků: 1. v době jeho sklizně (10. 9.), 2. po dodatečném zvlhčení semenného materiálu (11. 9.), 3.-5. po ukončení 7denní anaerobní a 10, 20 a 30denní aerobní fermentace a 6.-11. po 2, 4 a 4,5 měsících skladování při 0-2

°C ve variantách s 10 a 30denní aerobní fermentací. Zároveň byl odebrán vzorek semen v době plné zralosti (30.10.). Stanovení obsahu ABA ve vzorcích semen bylo realizováno na Ústavu experimentální botaniky Akademie věd České republiky metodou LC–MS dle Vondrákové et al. (2019).

V polovině března roku následujícího po sběru semen ve voskové zralosti bylo 200 ks semen všech perspektivních variant po fermentaci (tab. 2) vyseto na záhon. Kontrolou byl výsev semen sbíraných s cca 10měsíčním předstihem v plné zralosti a připravených teplo-studenou stratifikací. Výsev stratifikovaných i fermentovaných semen byl tak realizován vždy najednou, a to po předklíčení semen při 12 °C s průběžným vlhčením. Vyseta byla pouze semena se zřetelně se vyvíjejícím klíčkem. Po vzejití rostlin bylo sledováno vzházení osiva, tj. byly počítány rostliny vzešlé do cca 14 dnů od výsevu a dále co 4 dny až do cca 1 měsíce od výsevu. Na konci vegetačního období byla u všech vzešlých rostlin měřena výška nadzemní části (cm) a tloušťka kmínku 1 cm nad kořenovým krčkem (mm).

Tab. 2: Přehled perspektivních variant předosevní přípravy, jejichž osivo bylo testováno z hlediska vzházivosti a růstu semenáčků po výsevu

Označení varianty	Původ	Doba fermentace (počet dní)		Dovlžení po sběru
		Anaerobní fáze	Aerobní fáze	
A	Uherské Hradiště	7	10	ANO
B	Uherské Hradiště	7	20	ANO
C	Uherské Hradiště	7	30	ANO
D	Slušovice	7	10	ANO
E	Slušovice	7	20	ANO
F	Slušovice	7	30	ANO
K*	Uherské Hradiště	0	0	NE

*K – kontrolní varianta, sběr v plné zralosti semen s následnou teplo-studenou stratifikací

Obsah vody, klíčivost, vzházení a morfologické parametry semenáčků byly hodnoceny 3 roky po sobě (experiment 1, 2 a 3). Obsah ABA byl zjišťován pouze u vybraných variant v experimentu 2. Data získaná při zjišťování obsahu vody, obsahu ABA a vzházení semenáčků byla zpracována v programu MS Excel. Klíčivost jednotlivých variant byla transformována na normální rozdělení pomocí arc-sin transformace a porovnáována pomocí dvoufaktorové ANOVy (1. faktor rok testování, 2. faktor předosevní příprava) v programu Statistica 12.0. Statistické rozdíly mezi jednotlivými variantami byly zjišťovány Tukeyho HSD testem. Výška a tloušťka kmínku semenáčků byla porovnáována dvoufaktorovou ANOVou (1. faktor rok testování, 2. faktor předosevní příprava) a Tukeyho HSD testem bez předchozí transformace dat. Statistické testy byly realizovány na hladině

významnosti $\alpha = 95 \%$; vertikální sloupce ve statistických grafech představují 96% intervaly spolehlivosti.

Výsledky

V průběhu zrání se snižoval obsah vody v semenech (tab. 3). Ve voskové zralosti, kdy byl semenný materiál sbírán za účelem fermentace, byl obsah vody v semenech 55-59 %, v průběhu zrání klesal a v morfologické zralosti, kdy byl semenný materiál sbírán pro teplo-studenou stratifikaci, činil obsah vody 12-15 %. V době klíčení po dovlhčení osiva se obsah vody v semenech pohyboval okolo 80 % (tabelárně neprezentováno).

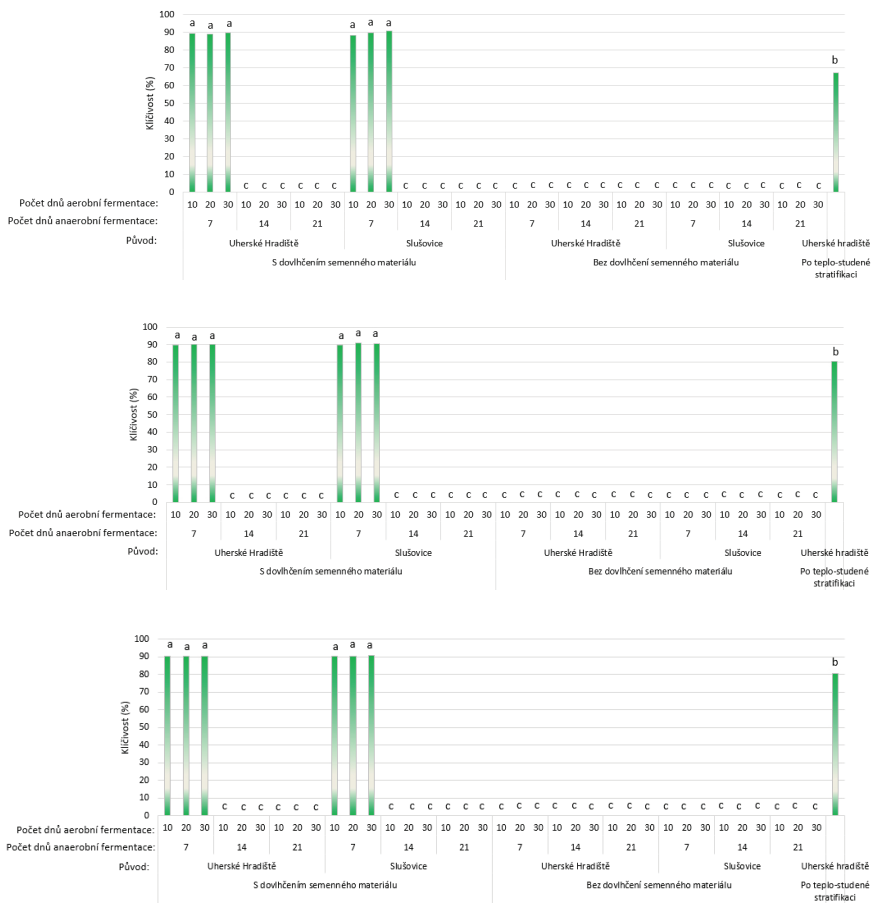
Tab. 3: Obsah vody v semenech obou zdrojů/původů v průběhu zrání v letech testování

Rok	Původ	Obsah vody (%)			
		29. srpen ¹	12. září	26. září	5. prosinec ²
2010	Uherské Hradiště	57 %	47 %	35 %	15 %
	Slušovice	59 %	48 %	37 %	nezjišťováno
2011		10. září ¹	24. září	30. říjen	28. listopad ²
	Uherské Hradiště	57 %	49 %	35 %	12 %
	Slušovice	58 %	50 %	35 %	nezjišťováno
2012		5. září ¹	20. září	25. říjen	30. listopad ²
	Uherské Hradiště	55 %	46 %	33 %	15 %
	Slušovice	57 %	47 %	34 %	nezjišťováno

¹ semena ve voskové zralosti

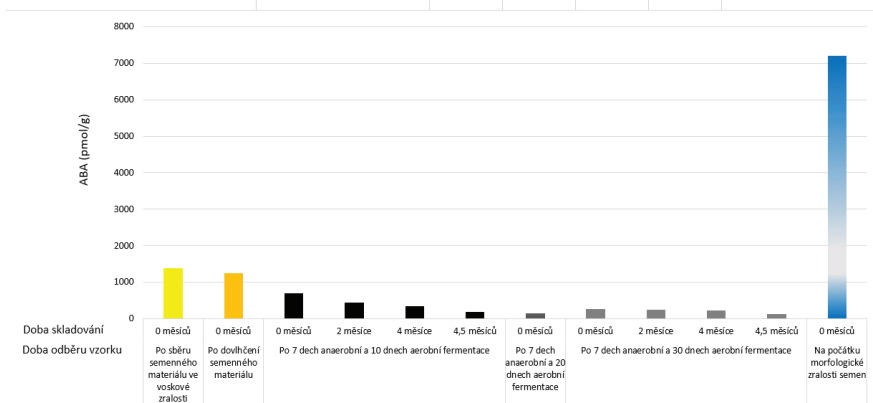
² semena v morfologické zralosti

Všechny varianty předosevní přípravy s fermentací bez dovlhčení semenného materiálu byly opakovaně neúspěšné. Klíčivost těchto semen byla po fermentaci nulová (obr. 1). Semena měla nulovou klíčivost i tehdy, když anaerobní fermentace trvala 14 dní a déle. Naopak předosevní příprava osiva řízenou fermentací byla vždy úspěšná, pokud po dovlhčení semenného materiálu trvala anaerobní fáze 7 dnů, a to ve všech variantách doby aerobní fermentace (10, 20, 30 dní); klíčivost osiva dosahovala cca 90 % a mezi těmito úspěšnými variantami nebyl statisticky významný rozdíl. Klíčivost osiva po teplo-studené stratifikaci byla statisticky významně nižší než ve variantách po úspěšné fermentaci, činila cca 68 % v experimentu 1 a cca 80 % v experimentu 2 a 3.



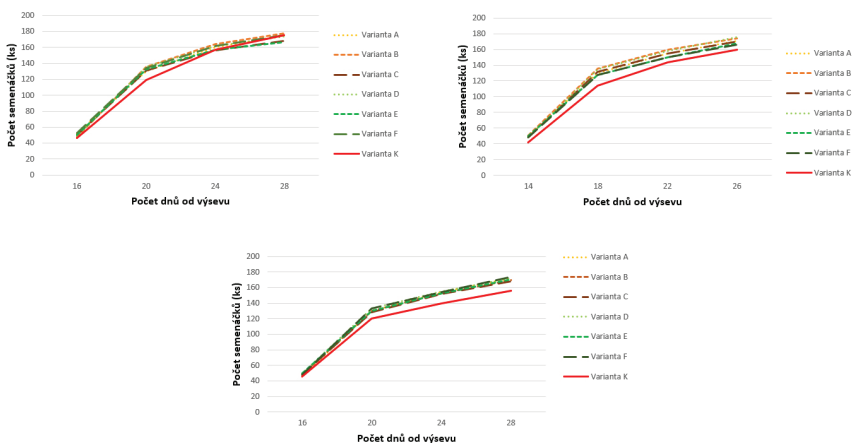
Obr. 1: Klíčivost semen v jednotlivých variantách předosevní přípravy v experimentu 1 (nahore), 2 (uprostřed) a 3 (dole); shodné písmenné indexy náleží variantám bez statisticky významného rozdílu

Hladina kyseliny abscisové po sběru semenného materiálu lípy ve voskové zralosti dosahovala 1379 pmol/g (obr. 2). Po dovlhčení tohoto semenného materiálu se snížila na 1244 pmol/g a dále klesala po 7denní anaerobní fermentaci s následnou 10denní, 20denní či 30denní aerobní etapou na 689 pmol/g, 149 pmol/g, 272 pmol/g. K dalšímu snižování potom docházelo v průběhu skladování osiva v chladičím boxu (vždy <200 pmol/g po 4,5 měsících skladování). Po sběru semenného materiálu v plné, morfologické zralosti byla hladina kyseliny abscisové v semenech několikanásobně vyšší než po sběru ve voskové zralosti a následné fermentaci a skladování, a to (7201 pmol/g).



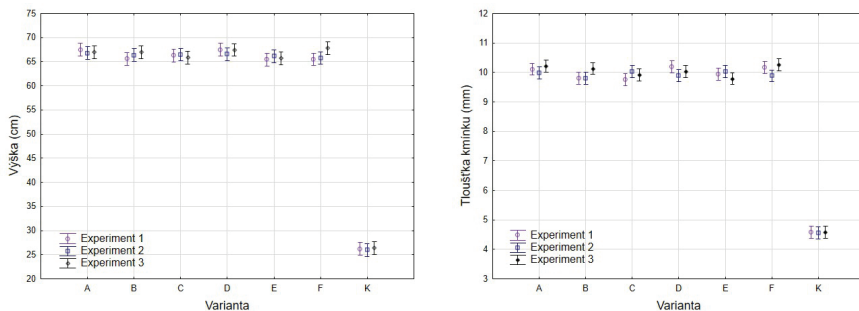
Obr. 2: Obsah kyseliny abscisové (ABA) v osivu po sběru semenného materiálu ve voskové zralosti, po jeho dovlhčení, fermentaci a v průběhu skladování a po sběru v plné, morfoloogické zralosti – původ Uherské Hradiště, experiment 2

Celkové množství semenáčků vzešlých po předosevní přípravě fermentací (perspektivní varianty A-F, viz tab. 2) bylo srovnatelné s množstvím semenáčků vzešlých po klasické teplo-studené stratifikaci (varianta K) v experimentu 1 nebo o něco vyšší v experimentu 2 a 3 s rozdílem do 10 % (obr. 3). Vzházivost dosahovala 80-85 %. Semenáčky po teplo-studené stratifikaci vzházely vždy mírně pomaleji.



Obr. 3: Průběh vzházení semenáčků vzešlých ze semen po úspěšné předosevní přípravě (tab. 2) v experimentu 1 (nahore vlevo), 2 (nahore vpravo) a 3 (dole)

Výška i tloušťka kmínku semenáčků vzešlých ze semen po úspěšné předosevní přípravě fermentací (varianty A-F, viz tab. 2) byla na konci prvního vegetačního období po výsevu vždy ve všech variantách srovnatelná ($p>0,05$) a vždy násobně vyšší než po klasické teplo-studené stratifikaci semen (varianta K), viz obr. 4.



Obr. 4: Výška (vlevo) a tloušťka kmínku (vpravo) semenáčků v perspektivních variantách předosevní přípravy (viz tab. 2) na konci vegetačního období v experimentu 1, 2 a 3 (různé písmenné indexy vyjadřují statisticky významné rozdíly mezi variantami)

Diskuse

Zvyšování podílu listnatých dřevin a biodiverzity lesů vyžaduje zefektivnění zpracování semenné suroviny a předosevní přípravy některých druhů dřevin. Semena lípy srdčité v plné zralosti vykazují hlubokou dormanci způsobenou nepropustným oplodím a osemením a vysokým obsahem kyseliny abscisové (inhibitor růstu) v embryu (Landis 1996; Suszka et al. 1996). Z tohoto důvodu osivo vyžaduje dlouhou teplo-studenou stratifikaci a je připraveno k výsevu až 2. jaro následující po sběru. Dlouhé předosevní přípravě, resp. hluboké dormanci, je možné se vyhnout sběrem semen ve voskové zralosti a jeho okamžitým výsevem. Tzv. výsev semen „za zelena“ je však spojen s většími ztrátami na osivu a ne vždy bývá úspěšný, neboť semena jsou v době sběru velmi citlivá na teplotní, vlhkostní podmínky a přístup vzduchu (Justice a Bass 1978). Řešením se zdá být fermentace semenného materiálu při sběru za zelena.

Podmínkou získání lipového osiva vysoké kvality je určení správné doby sběru. V průběhu zrání se přirozeně snižuje obsah vody semen na stromech (Bonner et al. 1994; Bonner 2008), v případě lípy srdčité u nás testovaných zdrojů až na 12-15 % v době plné (morfologické) zralosti. Pokud je ale osivo sbíráno za zelena, tj. dříve ve zralosti voskové, obsah vody bude vyšší. Z naší provedených analýz vyplývá, že v této fázi zralosti mají lipová semena obsah vody 55-60 %. Oplodí má zelenou barvu, osemení hnědou, po zmáčknutí semene mezi prsty neroni mléko, na příčném řezu semenem je zřetelně vidět vyvinuté embryo, obaly semene nejsou ještě plně kutinizovány.

Vysoký obsah vody v době voskové zralosti semen (55-60 %) by měl být

vhodný pro překonání dormance semen. Jensen (2013) doporučuje pro stratifikaci plně zralých semen lípy srdčité obsah vody 40-43 %. Zdá se však, že dormance semen ve fázi voskové zralosti je slabá (nízký obsah ABA, zjevně slabší osemení a oplodí) a fermentační proces tak zřejmě zajistí zejména vhodné podmínky pro dozrání embrya, aniž by byla dormance prohloubena. I když byl ale obsah vody v semenech našeho pokusu v době sběru ve voskové zralosti vysoký (55-60 %), byl nedostatečný pro úspěšnou fermentaci semenného materiálu. Bez dovlhčení působila fermentace, resp. její anaerobní etapa (teplotě 37-39 °C bez přístupu vzduchu) smrt semene, a proto bylo třeba materiál před fermentací namočit na 24hod do vody.

Z výsledků experimentu vyplývá, že u semenného materiálu lípy srdčité sklizeného ve voskové zralosti semen lze velmi rychle (během cca 30 dní) překonat jejich přeléhavost dvoufázovou řízenou fermentací po zvlhčení semenného materiálu. Semena během 7denní anaerobní etapy fermentačního procesu při 37-39 °C zůstala živá, což je v rozporu s dosavadními zkušenostmi se semeny sklizenými v tomto stupni zralosti (Walter 1978). Během předosevní přípravy fermentací zřejmě dochází k dokončení vývoje embrya a současně klesá hladina ABA v semenech. Ke snížení hladiny ABA obvykle dochází v průběhu studené stratifikace za nízkých teplot, tj. 3-5 °C (Suszka et al. 1996, Vondráková et al. 2019). Nicméně např. Chen et al. (2008) potvrdili snižování ABA rovněž v průběhu teplé fáze stratifikace. Hladina ABA však již v době sběru ve voskové zralosti semen v našem experimentu nebyla vysoká, ve srovnání s hladinou v morfologické zralosti byla 5x nižší. Absolutní hodnota hladiny ABA však není rozhodujícím ukazatelem dormance a klíčení semen (Goggin et al. 2015; Vondráková et al. 2019). Rodriguez-Gacio et al. (2009) udávají jako směrodatnou rovnováhu mezi ABA a gibereliny. ABA podporuje navození dormance a potlačuje klíčení, zatímco gibereliny naopak podporují odbourání dormance a klíčení (Kucera et al. 2005). Zdá se však, že rozdíl mezi hladinou ABA v době voskové zralosti semen dále sníženou v průběhu fermentace v rámci tohoto výzkumu (do 700 pmol/g) a hladinou ABA ve stavu morfologické zralosti (cca 7200 pmol/g) je zřetelným důkazem nedormantního stavu semen.

Výsledky rovněž jednoznačně ukázaly, že semena zůstala živá jen po nejkratší době anaerobní fermentace, tj. po 7 dnech. Jeví se, že doba anaerobní fermentace by mohla být dokonce ještě kratší než 7 dnů, neboť doba, po kterou semena endozoochorních rostlin prochází trávicím traktem ptáků je dle Millera-Schneidera (1949) 3-4 dny, dle Opravila a Drchala (1987) i jen několik minut či hodin. Varela a Bucher (2002) však upozorňují, že podmínky v trávicím traktu umožňují překonat obalovou dormanci, ale v některých případech může být doba průchodu traktem nedostatečná. Také Barnea et al. (1991) tvrdí, že delší pobyt v trávicím traktu může mít kladný vliv na klíčení semen, což zjevně souvisí s účinnějším narušením semenných obalů. Kleyheeg et al. (2018) také potvrdili pozitivní vliv prostředí trávicího traktu na obalovou dormanci, ale upozorňují, že po jejím překonání mohou být semena v trávicím traktu dále negativně ovlivňována (poškozována) chemicky. To by mohlo být důvodem, proč v našich experimentech

v obou delších variantách 14 a 21 dnů anaerobní fermentace semena odumřela.

Doba trvání druhé etapy (10, 20, 30 dní) námi řízeného fermentačního procesu – aerobní fermentace – neměla po 7denní anaerobní fermentaci (první fázi) na výslednou klíčivost a vzházivost vliv. Výsledkem byla vysoká klíčivost semen (cca 90 %), vyšší než po teplo-studené stratifikaci. Fermentační proces se tedy jeví jako účinnější předosevní příprava. Rychlost vzházení semenáčků z předklíčených semen nebyla sice předosevní přípravou příliš ovlivněna, mírně rychleji opět vzházely semenáčky po fermentaci osiva, ale jednoleté semenáčky vypěstované z fermentovaného osiva dosahovaly výrazně vyšší výšky a tloušťky kmínku. Fermentační proces tak zjevně ovlivnil fyziologickou kvalitu semen, podstata této změny však nebyla zjišťována. S ohledem na inovativnost předosevní přípravy lípy srdčité fermentačním procesem byl získán na popsanou technologii patent (Bednařík 2009), byla vypracována certifikovaná metodika (Bednařík a Mauer 2014) a metoda byla úspěšně otestovaná rovněž u jilmů (Bednařík et al. 2016). Jeví se také, že by fermentace semenného materiálu mohla být řešením i u semen dalších dřevin s problematickou přeléhavostí a dlouhou a složitou předosevní přípravou (habr obecný, jasan ztepilý apod.).

Závěr

Fermentace semenného materiálu lípy srdčité sbíraného za zelena se jeví jako účinná předosevní příprava, výhodnější než klasická teplo-studená stratifikace plně zralého osiva anebo výsev semenného materiálu sbíraného ve voskové zralosti semen bez předosevní přípravy. Semena jsou po fermentaci nedormantní a jsou tak připravena k výsevu na jaře následujícím po sběru, což o 1 rok zkracuje dobu pro přípravu semen k výsevu a připravené osivo má vysokou klíčivost. Jednoleté semenáčky z fermentovaného osiva navíc dosahují i lepších morfologických parametrů, což umožňuje získání výsadby schopného sadebního materiálu po 1 roce pěstování. Je předpoklad, že fermentace semenného materiálu by mohla významně zefektivnit předosevní přípravu také jiných dřevin s přeléhavými semeny.

Poděkování

Příspěvek byl financován z projektu NAZV QJ1230330 (2012–2016) „Stabilizace lesních ekosystémů vyváženým poměrem přirozené a umělé obnovy lesa“ a byl v rozšířené verzi publikován v časopisu *Plants* (Bednařík et al. 2022).

Literatura

- Barnea, A., Yom-Tov, Y., Friedman, J. 1991: Does ingestion by birds affect seed germination? *Functional Ecology* 5(3): 394-402.
- Bednařík, F. 2009: Způsob výroby osiva lesních dřevin, zejména přeléhavých druhů. Patent č. 302408. Úřad průmyslového vlastnictví.
- Bednařík, F., Mauer, O. 2014: Předosevní příprava lípy srdčité (*Tilia cordata* Mill.) fermentací po sběru semen ve voskové zralosti. Certifikovaná metodika. Mendelova univerzita v Brně: 28 s.

- Bednařík, F., Houšková, K., Mauer, O. 2016: Předosevní příprava jilmu habrolistého (*Ulmus minor* Mill.) a jilmu horského (*Ulmus glabra* Huds.) fermentací po sběru semen ve voskové zralosti. Certifikovaná metodika. Mendelova univerzita v Brně: 20 s.
- Bednařík, F., Houšková, K., Bezděčková, L., Mauer, O. 2022: Pre-sowing treatment of *Tilia cordata* Mill. by seed material fermentation. *Plants* 11: 14 s.
- Blake, P. S., Taylor, J. M., Finch-Savage, W. E. 2002: Identification of abscisic acid, indole-3-acetic acid, jasmonic acid, indole-3-acetonitrile, methyl jasmonate and gibberellins in developing, dormant and stratified seeds of ash (*Fraxinus excelsior*). *Plant Growth Regulation* 37: 119-125.
- Bonner, F. T. 2008: Seed biology. In: *The woody plant seed manual*. United States Department of Agriculture, Forest Service: 3-38.
- Bonner, F. T., Vozzo, J. A., Elam, W. W., Land, S. B. Jr. 1994: *Tree Seed Technology Training Course. Instructor's manual*. United States Department of Agriculture, Forest Service: 160 s.
- ČSN 48 1211 2006: Lesní semenářství. Norma. Český normalizační institut: 56 s.
- Dirr, M. A., Heuser, H. R. 1987: *The reference manual of woody plant propagation: from seed to tissue culture*. Atény, GA: Varsity Press: 239 s.
- Flemer W III. 1980: Linden propagation: a review. *Combined Proceedings of the International Plant Propagators' Society* 30: 333-336.
- Goggin, D. E., Emery, R. J. N., Kurepin, L. V., Powles, S. B. 2015: A potential role for endogenous microflora in dormancy release, cytokinin metabolism and the response to fluridone in *Lolium rigidum* seeds. *Annals of Botany* 115(2): 293-301.
- Heit, C. E. 1977: Propagation from seed; Collecting, testing and growing *Tilia* linden species. *American Nurseryman* 146(7): 10-11.
- Chen, S. Y., Kuo, S. R., Chien, C. T. 2008: Roles of gibberellins and abscisic acid in dormancy and germination of red bayberry (*Myrica rubra*) seeds. *Tree Physiology* 28: 1431-1439.
- ISTA 2021: *International rules for seed testing*. International seed testing association (ISTA).
- Jensen, M. 2013: An approach to determine the optimal moisture content for controlled dormancy breakage in new tree and shrub species. Department of Food Science, Aarhus University: 14 s.
- Justice, O. L., Bass, L. N. 1978: Principles and practice of seed storage. United States Department of Agriculture, *Agriculture handbook* 506: 296 s.
- Kleyheeg, E., Claessens, M., Soons, M. B. 2018: Interactions between seed traits and digestive processes determine the germinability of bird-dispersed seeds. *PLoS ONE* 13(4): e0195026.
- Kucera, B., Cohn, M. A., Leubner-Metzger, G. 2005: Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Science Research* 15(4): 281-307.
- Landis, T. D. 1996: *Forest nursery notes*, July 1996. USDA Forest Service, State and Private Forestry, 57 s.

- Müller-Schneider, P. 1949: Unsere Vogel als Samenverbreiter. Ornithologische Beobachter 46: 102-123.
- Opravil, E., Drchal, K. 1987: Jak rostliny cestují. Albatros Praha: 324 s.
- Procházka, S., Macháčková, I., Krekule, J., Šebánek, J. et al. 1998: Fyziologie rostlin. 1. vyd. Academia Praha: 484 s.
- Schopmeyer, C. S. 1974: Seeds of woody plants in the United States. Forest Service. U. S. Department of Agriculture Washington, D. C. Agriculture Handbook 450: 833 s.
- Shepperd, W. D. 2008: Woody plant seed manual – Part 2. Reforestation, Nurseries and Genetic Resources: 1228 s.
- Suszka, B., Muller, C., Bonnet-Masimbert, M. 1996: Seeds of forest broadleaves: from harvest to sowing (Techniques and practices). INRA Paříž: 294 s.
- Turček, F. J. 1952: O pomere vtákov a savcov k dřevinám, so zvláštním zreteľom na semená jako potravu. Práce výzkumných ústavů lesnických 1: 125-166.
- Tylkowski, T. 1994: Presowing treatment of dormant seeds by cyclically repeated soaking in water. II. Small leaved lime *Tilia cordata* Mill. Sylwan 138(12): p. 67-72.
- Vanstone, D. E. 1978: Basswood (*Tilia americana* L.) Seed Germination. Combined Proceedings of the International Plant Propagators' 425 Society 28: 566-570.
- Varela, O., Bucher, E. H. 2002: Seed Dispersal by *Chelonoidis chilensis* in the Chaco Dry Woodland of Argentina. Journal of Herpetology 36: 137-140.
- Vincent, G. 1965: Lesní semenářství. Státní zemědělské nakladatelství Praha: 329 s.
- Vondráková, Z., Pešek, B., Malbeck, J., Bezděčková, L., Vondrák, T., Fischerová, L., Eliášová, K. 2019: Dormancy breaking in *Fagus sylvatica* seeds is linked to formation of abscisic acid-glucosyl ester. New Forests 51: 671-688.
- Walter, V. 1978: Rozmnožování okrasných stromů a keřů. Státní zemědělské nakladatelství Praha: 367 s.

Kontakt

Ing. František Bednařík

Ing. Kateřina Houšková, Ph.D.

Prof. Ing. Oldřich Mauer, DrSc.

Ústav zakládání a pěstění lesů v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně

Zemědělská 3, Brno 613 00

e-mail: bednaco@seznam.cz, katerina.houskova@mendelu.cz, omauer@mendelu.cz

Ing. Lena Bezděčková

Výzkumná stanice Kunovice

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

Na Záhonech 601, Kunovice 686 04

e-mail: bezdeckova@vulhmuh.cz

KRYOKONZERVÁCIA AKO INOVATÍVNY SPÔSOB DLHODOBÉHO USKLADNENIA BIOLOGICKÉHO MATERIÁLU V BANKE SEMIEN LESNÝCH DREVÍN

Vladimír Mačejovský

Abstrakt

NLC vo Zvolene zastrešuje všetky lesnícke činnosti a spravuje banku semien lesných drevín. Kryogénny spôsob dlhodobého uskladnenia predstavuje spôsob rozšírenia možností dlhodobého uskladnenia rastlinného materiálu a cielený genofond aj o druhy drevín s rekalcitrantným typom semien, ako sú semená dubov. Rastlinný materiál je touto metódou dlhodobo uskladnený v tekutom dusíku, zabezpečujúci extrémne nízku teplotu (-196 °C), čím sa doba uskladnenia môže teoreticky predĺžiť na neurčito. Kryokonzervácia, je oproti ostatným, vysoko efektívna a bezpečnejšia metóda dlhodobého uskladnenia rastlinného materiálu. Kryokonzervácia je síce technicky náročnejšia a menej rozšírená ako napr. metóda dlhodobého uskladnenia pomocou mraziacich boxov, ale stále je považovaná za najvhodnejší spôsob dlhodobého uskladnenia lesného reprodukčného materiálu.

Kľúčové slová

ochrana, kryokonzervácia, dlhodobé uskladnenie, rastlinný materiál, lesné druhy

Úvod

Za posledných dvadsať rokov môžeme sledovať zvýšenú úroveň lesnatosti v krajinách ako sú napr. Spojené štáty americké, Európa, Čína, Latinská Amerika a karibská oblasť (Čile, Kuba a Uruguay). Avšak stále dochádza k závažnému odlesňovaniu v Afrike, Ázii, veľkom Pacifiku a tropických častiach Latinskej Ameriky, kvôli čomu ročne prichádzame o 0,4 % rozlohy primárnych lesov, ktoré tvoria viac ako tretinu celkového globálneho zalesnenia a sú zložené z pôvodných druhov (Li et al., 2018). Odhaduje sa, že od roku 1990 do roku 2005 sme prišli o 14,5 miliónov ha zalesnenej plochy ročne a podľa správy Kráľovskej botanickej záhrady Kew (Royal Botanic Gardens Kew) z roku 2020, hrozí až takmer dvom z piatich známych druhov rastlín vyhynutie, čo je oproti roku 2016, kde hrozilo vyhynutie jednému z piatich známych druhov, výrazný nárast.

Je zjavné, že z globálneho hľadiska je potrebné zabezpečiť zachovanie biodiverzity lesných druhov, ktorá sa zväčša zabezpečuje dlhodobým uskladnením semien drevín v mraziacich boxoch v semenných bankách, čo sa javí ako jednoduchý a cenovo dostupný spôsob. Aj keď je táto metóda dlhodobého uskladnenia široko rozšírená a často využívaná, jej efektívnosť bola potvrdená iba v prípade ihličnatých

drevín a niektorých ďalších ortodoxných typov semien. V prípade rekalcitrantných typov, ktoré sú známe vysokým obsahom vody a nízkou odolnosťou voči nízkej teplote, je táto metóda na dlhodobé uskladnenie nepoužiteľná, keďže ňou sa rekalcitrantné typy semien dajú uskladniť iba na pár týždňov (Li et al., 2018). Avšak dlhodobé uskladnenie genetickej informácie týchto druhov drevín, pomocou kryogénneho spôsobu, je možné cez púčiky, plumuly, zygotické embryá či iné časti rastlín, z ktorých pomocou in vitro sme schopný vyprodukovať životaschopného jedinca s cieľným genofondom.

Problematika

Zakladaním porastov so špeciálnou funkciou ako sú génové základne, či semenné sady, čo sú účelové výsadby, ktoré nám slúžia na zachovanie a produkciu reprodukčného materiálu s cieľným genofondom sa dá zachovať biodiverzita a zdroj cieľného genofondu lesných druhov. Avšak táto metóda je náročná na veľkosť plôch a je obmedzená klimatickými podmienkami okolia a potenciálnymi škodcami či patogénmi. Tu ak zastúpenie určitého genotypu zanikne, je potrebné ho doplniť buď tým istým výberovým stromom s rovnakým genotypom, alebo je potrebné daný sad doplniť novým cieľným genotypom. To je v prípade semenných sádov 2. generácie, čo sú sady založené z priamych potomkov, či klonov potom už geneticky identifikovaných a aj otestovaných výberových stromov, z finančného a hlavne aj časového hľadiska extrémne náročné. Pritom ak by sme mali kryogénny spôsobom dlhodobo uskladnený biologický materiál každého už otestovaného a identifikovaného genotypu zastúpeného v danom sade, boli by sme schopní daných jedincov spôsobom in vitro vyprodukovať a následne aj potom doplniť do daných sádov. Od polovice 50. rokov 20. storočia sa pracuje na zdokonaľovaní kryokonzervácie, čo je metóda uskladnenia pri extra-nízkej teplote (-196°C) pomocou tekutého dusíka a je považovaná za zatiaľ najvhodnejší spôsob dlhodobého uskladnenia rastlinného materiálu. Pri takto nízkej teplote sú bunky a aj celkový metabolizmus semien a celkového biologického materiálu v stagnujúcom stave a bez žiadnych fyzických zmien. Doba uskladnenia sa môže teoreticky stať časovo neobmedzenou, pričom hlavne pri semennom materiáli je pozastavená bunecná aktivita aj prípadne prítomných patogénov či škodcov, ktoré sú schopné v mraziacich boxoch sa aj ďalej vyvíjať a poškodzovať uskladnený biologický materiál. Zároveň v porovnaní s tradičnými metódami dlhodobého uskladnenia, kryokonzervácia vyžaduje minimálnu údržbu skladovaného materiálu a hlavne znižuje riziko genetických a epigenetických zmien (Gantait et al., 2016; Li et al., 2018). Kryogénny spôsob uskladnenia je bezpečnejší (redukuje možnosť kontaminácie či nákazy) a ekologickejší spôsob (bez použitia halogénovo uhľovodíkových chladiacich látok alebo skleníkových plynov) dlhodobého uskladnenia, s minimálnou údržbou skladovaného materiálu a možnosťou predĺženia doby uskladnenia rastlinného materiálu na neurčito. Je tiež považovaný za zatiaľ najvhodnejší spôsob dlhodobého uskladnenia lesného reprodukčného materiálu, ktorý nám ponúka možnosť rozšírenia zoznamu dlhodobo uskladnených lesných druhov, čím budeme viac schopný zabezpečiť zachovanie lesnej biodiverzity a potrebného genofondu aj pre potreby výsadby nových semenných sádov, génových základní alebo vysoko kvalitných lesných porastov. Zároveň je táto metóda aj priestorovo menej náročná ako napr. metóda mraziacich boxov, keďže sme schopní pomocou kryogénnej

metódy sústrediť uskladnenie semenného a rastlinného materiálu veľkého počtu drevín (rastlín) v jednej miestnosti (všetok biologický materiál je uskladnený v totožnom prostredí, za prítomnosti tekutého dusíka) a nie je potrebné budovať väčšie množstvo samostatných mraziacich boxov, kde by sa musela udržiavať odlišná úroveň vlhkosti a teploty v závislosti od dlhodobu skladovaného druhu.

Zatiaľ sa zdokonaľovanie tejto metódy dlhodobého uskladnenia rastlinného materiálu hlavne zameralo na druhy poľnohospodárskeho a záhradníckeho významu, pričom odvetvie lesného hospodárstva a ochrany zostalo skôr v úzadí. Preto by sa malo venovať viac úsilia pri výskume kryobiológie lesných druhov, za účelom lepšieho pochopenia mechanizmu dehydratácie a tolerancie extrémnej teploty lesných druhov drevín, so zameraním na tvorbu nových postupov a protokolov ich úspešného kryogénneho uskladnenia a zistiť možné vedľajšie účinky na uskladnený rastlinný materiál, ako je napr. metylácia DNA, čím sa môže zmeniť aktivita segmentu DNA, bez zmeny sekvencie danej DNA, kľíčivosť či energia klíčenia semien a iné. Zároveň je treba posúdiť genetickú stabilitu uskladneného rastlinného materiálu aj pomocou kombinovaných molekulárnych markerov, či citlivejšou metódou ako je napr. sekvenovanie génov (Plitta et al., 2014).

Doposiaľ v prípade problematiky kryogénneho uskladnenia semenného materiálu, sú ortodoxné typy semien, medzi ktoré patria semená smreka obyčajného (*Picea abies*), málo problematickou skupinou. Tento typ semien má nízky obsah vody a je odolný voči nízkej teplote, preto je možné veľa druhov drevín s týmto typom semien kryogénne dlhodobu uskladniť bez žiadnej predprípravy a to priamym ponorením do tekutého dusíka. Avšak ich miera klíčenia má tendenciu sa zvýšiť, ak sa pred ich uskladnením v tekutom dusíku zníži ich obsah vody na 5,96 – 7,13 % (Gantait et al., 2016). Prechodné typy potrebujú väčšiu pozornosť v prípade správnej predprípravy pred ich kryogénnym uskladnením, kde je úspešné dlhodobé uskladnenie ovplyvnené stupňom zrelosti a obsahom vody, ktorým semená disponovali už počas ich zberu z materskej populácie (Gantait et al., 2016).

Rekalitrantné typy semien, medzi ktoré patria aj druhy dubov, opätovne predstavujú najproblematickejšiu skupinu, pri dlhodobom kryogénnom uskladnení semien, ktoré býva podstatne obmedzené alebo dokonca nerealizovateľné. Avšak hlavne táto skupina druhov ukázala, že pokiaľ chceme zachovať biodiverzitu aj týchto druhov, potrebujeme zdokonaľiť kryogénny spôsob uskladnenia, ale so zameraním na odlišný rastlinný materiál (embryo, plumuly, či často uprednostňované výhonky či púčiky daných rastlín) (Michalak, 2011; Plitta, Michalak and Barciszewski, 2014; Wang et al., 2017), z ktorého sa po dlhodobom uskladnení vyprodukuje nový plne funkčný jedinec obsahujúci potrebnú genetickú informáciu na zachovanie biodiverzity, v umelých laboratórnych podmienkach spôsobom *in vitro*. Vďaka *in vitro* metóde sme schopní kultivovať v laboratórnych podmienkach celého jedinca z rastlinných buniek, pletív, či orgánov získaných z materského organizmu. Pri tomto spôsobe produkcie plne funkčného a životaschopného jedinca, nemusíme byť limitovaní na dlhodobé kryogénne uskladnenie iba typmi s ortodoxnými a niektorými prechodnými semenami. Môžeme sa zamerať aj na kryogénne uskladnenie genetického materiálu druhov s rekalitrantnými typmi semien, alebo aj druhov ktorých zber semien by bol technologicky či finančne príliš náročný. Zároveň nám *in vitro* ponúka možnosť vyprodukovať sadenice aj ťažko klíčiteľných druhov, pričom nedochádza k prenosu chorôb, najmä vírusového pôvodu.

Metodika

Pred úspešným kryogénnym uskladnením, je potrebné daný biologický materiál predprípraviť. Hlavnou podstatou predprípravy biologického materiálu pred jeho úspešným kryogénnym uskladnením je zabránenie tvorbe ľadových kryštálov poškodzujúce bunecné membrány a znehodnotenie uskladňovaného materiálu. Dané ľadové kryštály sa tvoria na základe prítomnosti vody v bunecnej šťave (Reed, 2008; Kaczmarczyk et al., 2012; Gantait et al., 2016). Na to, aby sme úspešne uskladnili žiadaný materiál kryogénnym spôsobom, je potrebné tento obsah vody znížiť, čím sa zabráni tvorbe ľadových kryštálov. U niektorých vzoriek je možné znížiť obsah vody priamym ponorením do tekutého dusíka, kde dochádza k sušeniu mrazom. Príkladom sú semená smreka obyčajného, ktoré je možné priamo ponoriť do tekutého dusíka bez fatálneho znehodnotenia. Avšak bolo dokázané, že použitím vhodnej predprípravnej metódy, sa zvýšila klíčivosť či rýchlosť opätovného rastu rastlinného materiálu oproti materiálu uskladnenému bez predprípravy (Reed, 2008; Gantait et al., 2016; Li et al., 2018).

Ďalší spôsob sušenia mrazom za kontroly rýchlosti chladenia je aj vystavenie rastlinného materiálu postupnému znižovaniu teploty, kde sa teplota znižuje o 0,1-4°C za minútu, až sa dosiahne teplota -40°C. Následne je materiál vložený do tekutého dusíka. Táto metóda je používaná v prípade predprípravy dormantných púčikov alebo aj apikálnych meristém. Meristémy sú tvorené z malých buniek bez vákua, s malým cievnym systémom. Dlhodobé kryogénne uskladnenie apikálnych meristém, ako zdroj cieľného genofondu, je často využívané hlavne z dôvodu genetickej stability a tým nízkej pravdepodobnosti genetickej metylácii (Kaczmarczyk et al., 2012). Z praktického hľadiska sa jedná o náročnú metódu, z dôvodu potreby osobitného nastaviteľného mraziaka (Reed, 2008).

Sušiť rastlinný materiál sa dá aj pomocou tepla (teplovzdušné sušičky) alebo aj chemicky (silika gél). Dôvodom použitia rôznych spôsobov sušenia biologického materiálu, je odlišná citlivosť rôznych rastlinných vzoriek na rôzne stresové faktory (teplota, rýchlosť zníženia obsahu vody). Príkladom vysokej citlivosti na znižovanie obsahu vody pomocou klasického sušenia, patria už spomínané rekalcitrantné semená, pre ktoré je klasické znižovanie obsahu vody deštruktívne. Z tohto dôvodu sa vyvinula ďalšia metóda znižovania obsahu vody a tou je vitrifikácia, ktorá patrí medzi najpoužívanejšie metódy. Pomocou vitrifikácie sú vzorky vystavené rôznym kryoochranným látkam. Kryoochranné látky sú zlúčeniny s vysokou molaritou, ktoré zabraňujú tvorbe vnútrobunkového ľadu, čím zabraňujú poškodeniu buniek počas chladenia (Mišianiková et al., 2016). Predpráva rastlinného materiálu touto metódou sa vykonáva v dvoch krokoch a to inkubácia v predkultivovačnom roztoku a následne sušenie vitrifikačným roztokom. Predkultivovačným roztokom (zväčša zlúčenina 2 M glycerolu a 0.4 M sacharózy) sa zlepši priepustnosť kryoochranných látok cez bunkovú membránu a tiež napomáha k vyššej tolerancii voči dehydratácii (Sakai and Engelmann, 2007). Kryoochranné látky sú definované do dvoch kategórií a to prenikavé a neprenikavé. Prenikavé (penetračné) kryoochranné látky prechádzajú cez plazmatickú membránu, za účelom zabezpečenia rovnováhy medzi extracelulárnou tekutinou a bunkou. Tieto látky sú schopné zredukovať obsah vody pri teplotách dostatočne nízkych, aby sa obmedzili škodlivé účinky voči bunkám. Zatiaľ čo neprenikavé (nepenetračné) látky plazmatickou membránou neprechádzajú, ale hromadia sa v extracelulárnej tekutine a osmoticky „stlačia“

vodu počas počiatočných fáz zmrazovania pri teplotách -10 až -20°C (Reed, 2008).

Celý proces kryogénneho uskladnenia a následného rozmrazenia sa dá zhrnúť do týchto krokov:

- 1) počiatočné oddelenie rastlinnej časti s dedičným materiálom, schopnej následného rastu;
- 2) vysušenie alebo predkultivácia na osmotickom médiu na zníženie obsahu vody;
- 3) kryoochrana prostredníctvom vystavenia kryoochranným zlúčeninám;
- 4) kryoprezervácia v tekutom dusíku;
- 5) opätovné zahriatie;
- 6) vyloženie kryoprotektívnych činidiel a uskladnenej rastlinnej časti k opätovnému rastu po kryokonzervácii.

Ako už bolo spomenuté, odlišné reakcie rastlín na stresové faktory sú hlavným dôvodom tvorby nových predprípravných metód, kombinujúce už vyskúšané alebo novo vytvorené postupy. Preto je potrebné si overiť, ktoré časti rastlín rôznych druhov je možné kryogénne uskladniť a aká metóda predprípravy je najvhodnejšia za účelom efektívneho dlhodobého uskladnenia zdroja ceneného genofondu.

Kombináciou úspešného kryogénneho uskladnenia bez negatívneho vplyvu na kvalitatívne vlastnosti, či genetickú stabilitu rastlinného materiálu následnou možnosťou umelej in vitro produkcie plne funkčného jedinca, sme zase o niečo bližšie k istejšiemu zachovaniu biodiverzity a cenného genofondu lesných ekosystémov. Toto všetko a aj dopad klimatickej zmeny meniacej stanovištné podmienky vedie aj k zmene ekologických podmienok pre lesné dreviny a potvrdzuje aktuálnosť stanovených cieľov. Kryogénny spôsob uskladnenia biologického materiálu predstavuje možnosti úplnej inovácie dlhodobého uskladnenia v banke semien lesných drevín na dlhodobé kryogénne uskladnenie s možnosťou povýšenia na génovú banku lesných druhov, v ktorej bude môcť byť uskladnené väčšie množstvo lesných druhov s genetickým, hospodárskym a ekosystémovým významom. Národné lesnícke centrum vo Zvolene zastrešuje všetky lesnícke činnosti, pričom spravuje aj banku semien lesných drevín, ktorá sa využíva ako súčasť komplexnej starostlivosti o génové zdroje. Banka semien je už svojou podstatou forma zachovania genofondu lesných drevín pre prípad výpadku semenného materiálu v dôsledku kalamít, sucha či celkových klimatických zmien. Je to praktická záležitosť (keďže osivo je v banke semien dlhodobo uskladnené), a preto v rámci tejto problematiky má zmysel sa zamerať na overenie a prípadné prispôbenie si inovatívnych spôsobov dlhodobého skladovania biologického materiálu s cieľovým genofondom.

Vhodným spôsobom zistenia vhodnosti predprípravnej metodiky by sa dala považovať aplikácia rôznych predprípravných metód pre daný biologický materiál. Ten by bol následne vystavený priamemu kontaktu s tekutým dusíkom počas 14 dní. Takýmto spôsobom v Austrálii simulovali podmienky kryobanky u semien 90 domácich druhoch drevín (Touchell and Dixon, 1993). Zároveň, aby sa zistilo, či daná skúšaná metodika predprípravy pred kryogénnym uskladnením je vhodná všeobecne pre daný druh, alebo pre danú skúšanú populáciu, postupovalo by sa nasledovne. Pokusný materiál pre každý skúmaný druh sa získa z 5 rôznych populácií, pričom dve populácie budú z najvyššej novej dostupnej výšky prirodzeného rozšírenia daného druhu, dve z najnižšej a jedna zo strednej nadmorskej výšky

daného druhu. Zároveň, pri populáciách z najvyššej a najnižšej nadmorskej výšky, by jedna populácia pochádzala zo severnej a druhá z južnej expozície. Odlíšnosť nadmorskej výšky a dokonca aj expozícia, ktorej sú populácie počas svojej existencie vystavené a aj prispôsobené, môžu mať reálny vplyv na fyziologické prispôbenie voči nízkej teplote a teda aj úspešnosti uskladnenia ich biologického materiálu pri extra nízkej teplote. Táto aklimatizácia voči nízkej teplote je podstatným faktorom pri predpríprave kryogénneho uskladnenia dormantných púčikov (Benson, 2008). Každú metodiku pre danú populáciu by bolo vhodné odskúšať v 3 opakovaniach. Týmto spôsobom sa získa určitý prehľad o percente úspešnosti prežitia rastlinného materiálu daného druhu po kryogénnom uskladnení a o prípadnom vplyve skúmanej predprípravnej metodiky na kvalitatívne vlastnosti rastlinného materiálu ako sú napr. energia klíčenia alebo rýchlosť opätovného rastu.

Záver

Ekonomickým prínosom tejto metódy dlhodobého uskladnenia rastlinného materiálu je zabezpečenie efektívnejšieho, bezpečnejšieho a dlhodobejšieho uskladnenia rastlinného materiálu, s možnosťou budúcej premeny banky semien lesných drevín na génovú banku lesných druhov, zabezpečujúcu vyššiu úroveň ochrany prírodného dedičstva a hlavne cieľeného genofondu so špecifickým významom pre lesné hospodárstvo a lesnícky výskum, s cieľom maximalizovať udržateľné funkcie ekosystému a zachovania lesnej biodiverzity.

Kryogénny spôsob dlhodobého uskladnenia predstavuje budúcnosť efektívneho a stabilného dlhodobého uskladnenia biologického materiálu. Aplikáciou tejto metódy, sa výrazne zbavíme časovej limitácie dlhodobého uskladnenia bez znateľných dôsledkov na kvalitu biologického materiálu a aj obmedzenosť počtu druhov, ktorých môžeme dlhodobo uskladniť.

Podakovanie: Táto publikácia vznikla 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.

Literatúra

- Benson, E. E. 2008: 'Cryopreservation theory', in Reed, M. (ed.) Plant Cryopreservation: A Practical Guide. Springer, pp. 15–32. doi: 10.1007/978-0-387-72276-4_2.
- Gantait, S. et al. 2016: 'Cryopreservation of Forest Tree Seeds: A Mini-Review', Journal of Forest and Environmental Science, 32(3), pp. 311–322. doi: 10.7747/JFES.2016.32.3.311.
- Kaczmarczyk, A. et al. 2012: 'Current Issues in Plant Cryopreservation', in Katkov, I. I. (ed.) Current Frontiers in Cryobiology, pp. 417–438.
- Li, J.-W. et al. 2018: 'Cryobiotechnology of forest trees: recent advances and future prospects', Biodiversity and Conservation, 27(4), pp. 795–814. doi: 10.1007/s10531-017-1481-y.
- Michalak, M. 2011: 'Successful cryopreservation of Quercus robur plumules', Successful cryopreservation of Quercus robur plumules, (May 2014). doi: 10.1007/s00299-011-1049-3.

- Mišianiková, A. et al. 2016: 'Effect of cryoprotectant solution and of cooling rate on crystallization temperature in cryopreserved *Hypericum perforatum* cell suspension cultures', *CryoLetters*, 37(3), pp. 173–187.
- Plitta, B. P., Michalak, M. and Barciszewski, J. 2014: 'DNA methylation of *Quercus robur* L. plumules following cryo-pretreatment and cryopreservation', *Plant Cell Tiss Organ Cult*, 117, pp. 31–37. doi: 10.1007/s11240-013-0417-9.
- Reed, M. B. (ed.) 2008: *Plant Cryopreservation: A Practical Guide*, *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. Springer.
- Royal Botanic Gardens Kew 2020: *State of the World's Plants and Fungi 2020*. [https://www.kew.org/sites/default/files/2020-10/State of the Worlds Plants and Fungi 2020.pdf](https://www.kew.org/sites/default/files/2020-10/State%20of%20the%20Worlds%20Plants%20and%20Fungi%202020.pdf) 4. 11. 2021 17:45 VV 2021, VV-F Závazná osnova pre aplikovaný výskum a vývoj, 6/ 12
- Sakai, A. and Engelmann, F. 2007: 'Vitrification, encapsulation-vitrification and dropletvitrification: a review', *CryoLetters*, 28(3), pp. 151–172. Touchell, D. H. and Dixon, K. W. (1993) 'Cryopreservation of seed of Western Australian native species', *Biodiversity and Conservation*, 2(6), pp. 594–602. doi: 10.1007/BF00051960.
- Wang, L. et al. 2017: 'An efficient droplet-vitrification cryopreservation for valuable blueberry germplasm', *Scientia Horticulturae*, 219, pp. 60–69. doi: 10.1016/j.scienta.2017.03.007.

Kontakt

Ing. Vladimír Mačejovský, PhD.

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen

Odbor pestovania lesa

T. G. Masaryka 2175/22 960 01 Zvolen

e-mail: vladimir.macejovsky@nlcsk.org

Testovanie fungicídov v predsejbovej príprave buka

Gabriela Luptáková

Abstrakt

Na ošetrovanie bukvic počas predsejbovej prípravy, sme v OZ Semenoles dlhé roky úspešne používali Vitavax, ktorý pôsobil ako systémový a kontaktný fungicíd. Po skončení registrácie tohto prípravku bolo nutné nájsť náhradu, ktorá by počas celej predsejbovej prípravy zabránila plesnieniu bukvic a zároveň neznižovala ich klíčivosť. Testovali sme spolu 7 prípravkov, porovnateľné účinky s Vitavaxom má Redigo Pro, ktorý zabránil výskytu plesní počas predsejbovej prípravy a zároveň neznižoval klíčivosť semien.

Kľúčové slová

buk lesný, fungicídy, klíčivosť, predsejbová príprava

Rozbor problematiky

Na ošetrovanie bukvic počas predsejbovej prípravy sme v OZ Semenoles dlhé roky úspešne používali Vitavax, ktorý pôsobil ako systémový a kontaktný fungicíd, inhibujúci klíčenie spór a blokujúci rast mycélia hubových patogénov. Účinné látky boli carboxim a thiram. Semená sa po termoterapii a pred realizáciou predsejbovej prípravy premiešali s fungicídnom v miešačke, kde získali červené sfarbenie. Pôsobenie Vitavaxu bolo dostatočne účinné počas trvania celej predsejbovej prípravy, t. j. 12 – 16 týždňov. Po skončení registrácie tohto prípravku bolo nutné nájsť náhradu, ktorá by počas dlhej predsejbovej prípravy ochránila bukvice pred plesnením a zároveň neznižovala ich klíčivosť.

Jediný registrovaný prípravok, ktorý je určený pre bukvice je Aliette 80 WG. Prípravok je vo forme prášku a účinná látka je fosetyl. Pri tomto prípravku je však nutné dlhšie (1 - 2 hodiny) namáčanie semien, inak stráca účinnosť. Pri spracovaní veľkých objemov osiva je dlhodobé namáčanie semien v prevádzke dosť problematické a použitie prípravku počas termoterapie nemožné, nakoľko prípravok sa usadzuje a mohol by poškodiť čidlá. Pri krátkodobejšom pôsobení, napríklad len premiešani v miešačke (ako sme boli zvyknutí pri Vitavaxe) nebol prípravok dostatočne účinný proti hubovým patogénom, plesnenie sa objavovalo už v 6-tom týždni.

Hľadali sme ďalšiu náhradu medzi prípravkami zaregistrovanými v poľnohospodárstve. Riedenie prípravkov sme robili podľa odporúčaní výrobcu.

Materiál a metodika

Testované prípravky

Prípravok	Riedenie	Účinná látka
Scenic Gold	1:2	fluopicolide fluoxastrobin
Vibrance Duo	1:5	fludioxonil sedaxan
Vibrance Gold	1:6	fludioxonil sedaxan difenoconazole
Celest Trio	1:12	difenoconazole fludioxonil tebuconazole
Redigo Pro	1:8	prothioconazole tebuconazole
Hypermangán	5 %	hypermangán

Tabuľka 1. Testované fungicídy, riedenia a účinné látky

Testované prípravky

Na testovanie bolo použité osivo šiestich oddielov buka lesného. Pôvod osiva uvádza tabuľka 2. Bukvice boli nazbierané v jeseni 2020, osivo bolo skladované do testovania, t. j. začiatok mája 2022 pri teplote -7°C a znížení obsahu vody na 9 – 11 %.

Oddiel	Semenárska oblasť	Vegetačný stupeň
1	2	2
2	2	4
3	2	5
4	2	6
5	1	3
6	1	4

Tabuľka 2. Pôvod testovaného osiva

Test klíčivosti

Účinnosť fungicídov sme testovali v teste klíčivosti, ktorého cieľom je stanoviť potrebnú dĺžku predsejbovej prípravy u každého oddielu. V závislosti od hĺbky dormancie môže táto skúška trvať 12 až 18 týždňov.

Zariadenie a pomôcky

- plastové krabičky s uzáverom
- pinzeta, skalpel
- chladnička s teplotou $3 - 5^{\circ}\text{C}$
- filtračný papier a buničitá vata

Postup skúšky klíčivosti bukvic na filtračnom papieri a namorenie semien

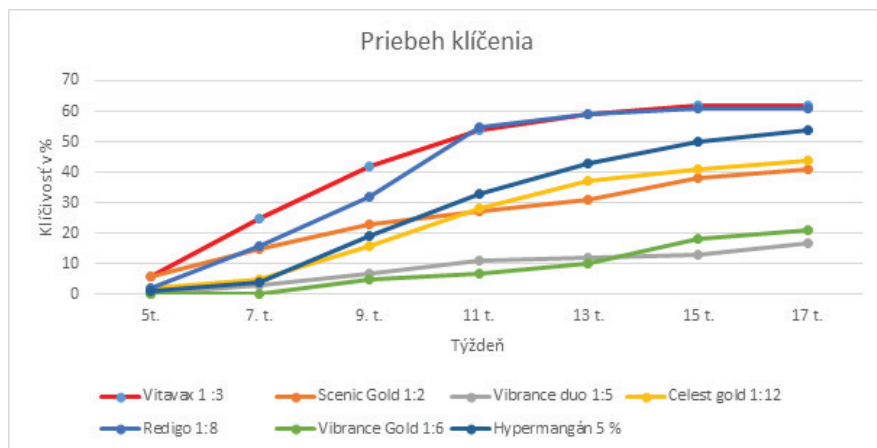
1. Klíčivosť sa stanovuje z čistých semien, získaných po skúške čistoty, alebo vytriedených z rozborovej vzorky, v prípade, že sa skúška klíčivosti nerobí.
2. Použije sa 4 x 100 čistých semien.
3. Semená sa premiešajú s príslušným fungicíd, nariadeným podľa odporúčaní výrobcu (riedenie je uvedené vyššie) a uložia sa na krátky čas na filtračný papier, aby sa odsal nadbytočný fungicíd.
4. Semená sa rozložia do nádobiek na vlhký filtračný papier, pod ktorým je

- uložená vrstva buničitej vaty. Filtračný papier aj buničitá vata boli pred samotným testom vysterilizované.
- Označené nádoby sa zatvoria a uložia do prostredia s teplotou 3 – 5 °C.
 - Raz za týždeň sa nádoby otvoria a vyberú a spočítajú sa bukvice s viditeľným korenkom (korenok musí byť dlhší ako samotná bukvice).
 - Pokiaľ po fáze klíčenia, dva týždne nevyklíči žiadna bukvice, test klíčivosti sa ukončí.
 - Nevyklíčené bukvice sa rozrežú a zistí sa počet semien mŕtvych, prázdnych, napadnutých hmyzom a semien abnormálnych. Definície týchto semien sú uvedené v citovanej norme.
 - Klíčivosť konkrétneho variantu sa vypočíta ako aritmetický priemer štyroch opakovaní celkového počtu vyklíčených bukvic počas skúšky, vyjadrený v percentách všetkých zaklíčených semien.
 - Pre zistenie variability (prípustných rozdielov) medzi jednotlivými opakovaniami v rámci variantu sa podľa vypočítaného aritmetického priemeru klíčivosti zistí povolený rozdiel medzi najvyššou a najnižšou hodnotou jednotlivých opakovaní.
 - Rozdiel medzi opakovaniami vyšší ako je povolený rozsah ukazuje na rozdielne podmienky skúšky (rozdielna vlhkosť substrátu jednotlivých opakovaní, nehomogénna vzorka).

Výsledky

Všetky testované prípravky, okrem hypermangánu zastavili plesnenie bukvic počas celého testu klíčivosti. Pri použití hypermangánu sa objavili plesne v 6 – 8 týždni. Väčšina fungicídov však znižovala končnú klíčivosť testovaných oddielov. Na ilustráciu uvádzame v grafe 1 klíčenie oddielu 1 počas jednotlivých týždňov v teste klíčivosti po pôsobení fungicídov.

Tabuľka 3 uvádza hodnoty konečnej klíčivosti v % po ošetrení konkrétnym fungicídov. Priemerný koeficient zníženia klíčivosti jednotlivých fungicídov uvádza tabuľka 4.



Graf 1 Priebeh klíčenia v teste klíčivosti oddielu 1 po namorení konkrétnymi fungicídmi

Fungicíd	Scenic Gold	Vibrance Gold	Celest Trio	Redigo PRO	Vibrance DUO	Hyper-mangán	Vitavax
Klíčovosť oddiel 1	41	21	44	61	17	54	62
Klíčovosť oddiel 2	30	10	20	31	12	22	38
Klíčovosť oddiel 3	36	19	35	63	19	46	57
Klíčovosť oddiel 4	35	17	32	49	15	39	51
Klíčovosť oddiel 5	34	19	34	52	13	35	50
Klíčovosť oddiel 6	34	13	29	57	14	37	47

Tabuľka 3. Klíčivosť oddielov po ošetrení fungicídnym prípravkom

Fungicíd	Scenic Gold	Vibrance Gold	Celest Trio	Redigo PRO	Vibrance DUO	Hyper-mangán	Vitavax
Index zníženia klíčivosti	0,685	0,325	0,636	0,996	0,295	0,764	1,000

Tabuľka 3. Priemerný koeficient zníženia klíčivosti jednotlivých fungicídov

Záver

Z uvedených výsledkov môžeme urobiť jednoznačný záver, že z fungicídných prípravkov, ktoré boli testované, môže ako jediný nahradiť Vitavax v predsejbovej príprave buka Redigo Pro. Klíčivosť všetkých testovaných oddielov po namorení týmto prípravkom bola porovnateľná s klíčivosťou po namorení Vitavaxom. Index zníženia klíčivosti oproti Vitavaxu je 0,996, takže prakticky nie sú medzi ich pôsobením žiadne rozdiely. Ostatné prípravky síce ochránili osivo proti hubovým chorobám, ale vždy znížili v rôznej miere konečnú klíčivosť, ako nám dokumentujú indexy zníženia klíčivosti uvedené v tabuľke 4.

Na základe získaných výsledkov sme Redigo Pro použili ako fungicíd v predsejbovej príprave buka na jar 2023. Bukvice boli nazbierané v zberovej sezóne 2022/23. Tento prípravok sa zatiaľ osvedčil, bukvice počas celej predsejbovej prípravy neplesnели a intenzívne klíčili (obrázok 1).



Obrázok 1. Klíčenie bukvic po ošetrení prípravkom Redigo Pro

Literatúra

International rules for seed testing. 2012: Chapter Germination, International Seed Testing Association (ISTA), Basserdorf, Switzerland

Kontakt

Mgr. Gabriela Luptáková PhD.
Lesy SR š. p, OZ Semenoles, Pri železnici 52, Liptovský Hrádok
gabriela.luptakova@lesy.sk

ŠKÔLKARSTVO

VPLYV BACTÉRIOSOLU NA VLASTNOSTI PÔDY V POROVNANÍ S KVALITOU SEMENÁČIKOV JEDLE BIELEJ PO JEDNOM ROKU APLIKÁCIE

**Elena Takáčová¹, Dagmar Bednárová¹, Ivan Horvát¹,
Pavel Pavlenda², Karol Chvála³**

1. Úvod

Pôda je základom produkcie pre všetkých, ktorí na nej hospodária. Pôda je spojnicou medzi minerálnym a organickým svetom a toto je vždy výsledkom pôdotvorného procesu, ktorý môže trvať krátko, ale aj veľmi dlho.

Takto, by sa dal v krátkosti opísať projekt Francúza Marcela Mézyho, ktorý v 80-tych rokoch minulého storočia začal pracovať na objavovaní procesov podporujúcich humifikáciu pôdy v zmiešaných lesoch. Pri pasení spozoroval, že keď ovce boli častejšie na pastve v lese, tak časom bola v lese lepšia pôda. Podobný efekt pozoroval aj pri vyplavovaní humusu z lesa na pasienky.

Najviac ho však inšpiroval fakt, že v lesoch po spasení sa flóra obnovila veľmi rýchlo, ale na pasienkoch musel čakať aj niekoľko mesiacov, aby ich tam mohol opakovane kvalitne pásť. Zistenie príčiny bolo viac ako zaujímavé. Za všetkým sú rodiny mikroorganizmov, ktoré sa prirodzene vyskytujú v zdravých a nedegradovaných pôdach.

Výsledkom dlhoročných pokusov je prípravok, ktorý obsahuje tieto štyri základné druhy mikroorganizmov (autotrofné, rizosférne, dekompozitné, humíniové) vyselektované na kompostoch technológiou TMM (TMM – Technológia Marcela Mézyho).

Vďaka týmto mikroorganizmom sú živiny v pôde transformované do využiteľnej organickej formy pre rastliny a uskladnené v humuse. Následne sú rastlinami a drevinami využívané podľa potreby. Nedochádza k ich strate vyplavovaním a úniku do atmosféry.

Použitie tejto technológie umožňuje:

- optimalizovať biometrické parametre sadbového materiálu;
- prestať používať P, K a Ca, postupne znižovať N o 25 %;
- sprístupniť v akejkoľvek pôde P, K, Ca a ostatné minerály;
- zlepšiť kvalitu pôdy, na ktorej je pestovaný sadbový materiál.

Zlepšenie štruktúry pôdy napomôže:

- lepšie odolávať suchu a prívalovým zrážkam, vyššia vrstva aktívneho humusu lepšie zadržiava vodu, podporuje tvorbu koreňového systému;
- obmedziť straty živín (aj dusičnanov) do atmosféry a vyplavovaním do podzemných vôd.

Ich využitie je možné všade, ale najefektívnejšie je hlavne v podmienkach podnikov s obmedzenou rozlohou produkčnej plochy, teda s priestorom, ktorý je najväčším obmedzením ich rastu a prosperity. Využitie tejto technológie si zaslúži jednoznačne lesné škôlkarstvo. Veď na pôdu v lesných škôlkach je kladený ten najvyšší nárok.

TMM v roku 2020 získala označenie Solar Impulse. Značka sa celosvetovo udeľuje riešeniam chrániacim životné prostredie a zároveň prispievajúcim k zníženiu produkcie skleníkových plynov do atmosféry. Spomínaná technológia je registrovaná v Slovenskej republike v ÚKSÚP-e v produktoch **Bactériosol koncentrát a Bactériolit koncentrát**.

Táto technológia je jeden z prírodných biotechnologických vstupov nielen pre lesné škôlkarstvo, ale aj iné súčasti lesného hospodárstva, prípadne v agrolesníctve a v súčasných klimatických podmienkach si zasluhuje nielen pozornosť, ale aj jej intenzívne využívanie.

2. Cieľ

Cieľom práce je analyzovať rozdiely medzi semenáčikmi jedle bielej, ktoré rastú na záhone bez použitia Bactériosolu (K – kontrolný variant) a s použitím Bactériosolu (B – variant s použitím Bactériosolu).

3. Metodika

Získané namerané hodnoty budú vyhodnotené štatistickým softvérom TIBCO Softvér Inc. Verzia 14.0.0.15. Na hodnotenie sa použila One – way ANOVA. Hypotézy sú testované na 95 % - nej hladine významnosti ($\alpha=0,05$).

Prvé použitie technológie TMM bolo v mesiaci júl 2021 v Lesnej škôlke Vislavce (obr. 1a, 5a, 6a), ktorú obhospodaruje spoločnosť Milan Rajniak LES-POL, Liptovská Porúbka.

Lesná škôlka bola založená v roku 1964. Nachádza sa na severnej strane Nízkyh Tatier v nadmorskej výške 755 m n. m.. Celková plocha je 0,27 ha, produkčná plocha je 0,19 ha, ostatná plocha je 0,08 ha. Na hnojenie bolo použité hnojivo Kompakt.

V rámci lesnej škôlky bola technológia použitá na ploche 45 m² so semenáčikmi jedle bielej, vek 1+0. Kontrolná plocha bez použitého prípravku je tiež o výmere 45 m².

Bactériosol bol aplikovaný 4x posypom na záhon so sumárnym dávkovaním 300 kg/ha v termínoch 16. 07. 2021, 08. 10. 2021, 30. 05. 2022, 19. 08. 2022.

Vzorky semenáčikov a pôdy boli odobrané 10. 10. 2022 (obr. 2a).

Hodnotili sa 2 ročné semenáčiky jedle bielej aal214RK-021, SK/002-2020-RK-L v kontrolnom variante 50 ks a pre variant Bactériosol taktiež 50 ks. Hodnotili sa nasledovné parametre:

- výška nadzemnej časti sa merala od vrcholového púčika po koreňový krčok v mm (V) (obr. 3a, 4a),
- priemer koreňového krčka v mm (H),
- dĺžka hlavného koreňa sa merala od koreňového krčka po koniec hlavného koreňa v mm (Dk) (obr. 3a, 4a),
- hmotnosť sušiny nadzemnej časti v g (Hnč)
- hmotnosť sušiny koreňového systému v g (Hk)
- hlavné prvky vo vzorkách pôdy a asimilačných orgánoch, rozborov boli vykonané v akreditovanom Centrálnom lesníckom laboratóriu.



Obr. 1a Lesná škôlka Vislavce



Obr. 2a Odoberanie semenáčikov jedle bielej

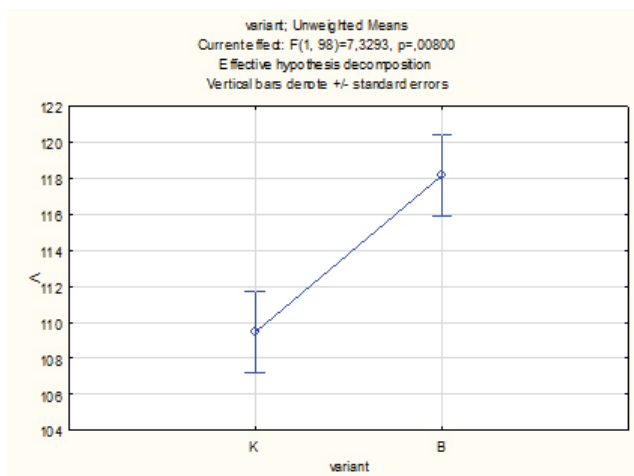
4. Výsledky

Cieľom tejto kapitoly je zhodnotenie údajov zo vzoriek získaných 10. 10. 2022.

4.1 Hodnotenie výšky nadzemnej časti

variant; Unweighted Means (Spreadsheet1_bacteriosol)						
Current effect: F(1, 98)=7,3293, p=,00800						
Effective hypothesis decomposition						
Cell No.	variant	V Mean	V Std.Err.	V -95,00%	V +95,00%	N
1	K	109,4800	2,267121	104,9810	113,9790	50
2	B	118,1600	2,267121	113,6610	122,6590	50

Tabuľka 1: Základné štatistické charakteristiky výšok nadzemných častí podľa variantov



Graf 1: Analýza variancie výšok nadzemných častí pre kontrolný variant a variant s *Bacteosolom*

Univariate Tests of Significance for V (Spreadsheet1_bacteriosol)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1295499	1	1295499	5041,013	0,000000
variant	1884	1	1884	7,329	0,008005
Error	25185	98	257		

Tabuľka 2: Analýza variancie pre výšku nadzemnej časti podľa jednotlivých variant

Tukey HSD test; variable V (Spreadsheet1_bacteriosol)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = 256,99, df = 98,000				
Cell No.	variant	V Mean	1	2
1	K	109,4800	****	
2	B	118,1600		****

Tabuľka 3: Tuckeyho test rozdelenia priemerných hodnôt výšok nadzemných častí podľa typu variantu

Z výsledkov vyplýva, že:

- priemerná výška nadzemnej časti dvojročných semenáčikov jedle pestovaných s použitím Bactériosolu (118 mm) je vyššia ako v kontrolnom variante (109 mm) pozri základné štatistické charakteristiky v tabuľke 1;
- tento rozdiel je pri 95 % spoľahlivosti štatisticky významný ($p = 0,008005 < 0,05$) (Tabuľka 2). Potvrzuje to aj Tuckeyho test uvedený v tabuľke 3 a grafe 1.

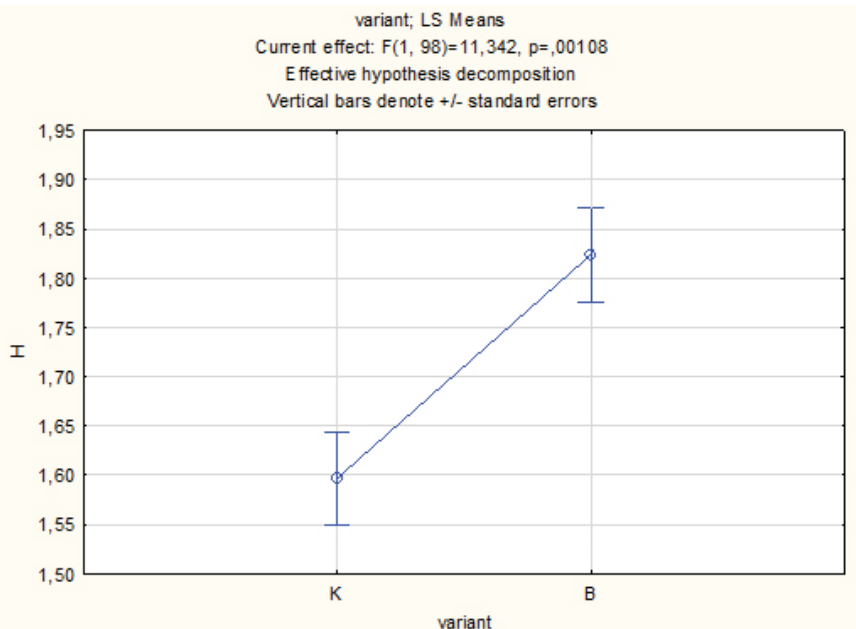


Obr. 3a Meranie semenáčikov jedle bielej z kontrolnej plochy



Obr. 4a Meranie semenáčikov jedle bielej z plochy ošetrenej Bactériosolom

4.2 Hodnotenie priemeru koreňového krčka



Graf 2: Analýza variancie priemerov pre kontrolný variant a variant s *Bactéiosolom*

		variant; Unweighted Means (Spreadsheet1_bacteriosol) Current effect: $F(1, 98)=11,342, p=,00108$ Effective hypothesis decomposition				
Cell No.	variant	H Mean	H Std.Err.	H -95,00%	H +95,00%	N
1	K	1,596640	0,047736	1,501909	1,691371	50
2	B	1,824000	0,047736	1,729269	1,918731	50

Tabuľka 4: Základné štatistické charakteristiky priemerov koreňového krčka podľa variantov

Univariate Tests of Significance for H (Spreadsheet1_bacteriosol) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	292,5195	1	292,5195	2567,371	0,000000
variant	1,2923	1	1,2923	11,342	0,001084
Error	11,1659	98	0,1139		

Tabuľka 5: Analýza variancie pre priemery koreňového krčka podľa jednotlivých variant

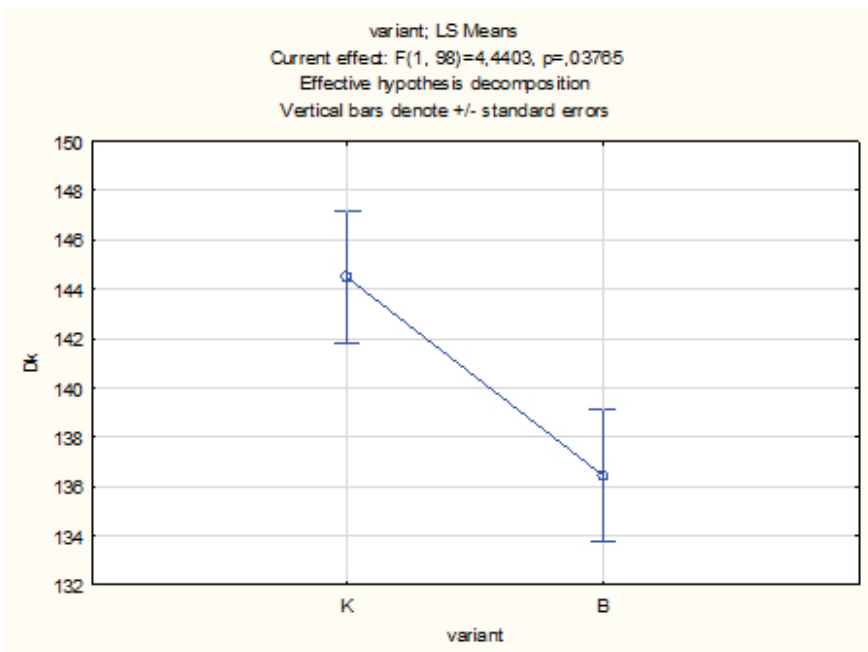
Tukey HSD test; variable H (Spreadsheet1_bacteriosol)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = ,11394, df = 98,000				
Cell No.	variant	H Mean	1	2
1	K	1,596640	****	
2	B	1,824000		****

Tabuľka 6: Tuckeyho test rozdelenia priemerných hodnôt priemerov koreňového krčka nadzemných častí podľa typu variantu

Z výsledkov vyplýva, že:

- priemerné hodnoty priemerov koreňového krčka dvojročných semenáčikov jedle pestovaných s použitím Bactériosolu (1,8 mm) je vyššia ako v kontrolnom variante (1,6 mm), pozri základné štatistické charakteristiky v tabuľke 4;
- tento rozdiel je pri 95 % spoľahlivosti štatisticky významný ($p = 0,001084 < 0,05$) (Tabuľka 5). Potvrzuje to aj graf 2 a Tuckeyho test tabuľka 6.

4.3 Dĺžka hlavného koreňa



Graf 3: Analýza variancie dĺžky hlavného koreňa pre kontrolný variant a variant s Bactériosolom

variant; Unweighted Means (Spreadsheet1_bacteriosol) Current effect: F(1, 98)=4,4403, p=,03765 Effective hypothesis decomposition						
Cell No.	variant	Dk Mean	Dk Std.Err.	Dk -95,00%	Dk +95,00%	N
1	K	144,4800	2,697951	139,1260	149,8340	50
2	B	136,4400	2,697951	131,0860	141,7940	50

Tabuľka 7: Základné štatistické charakteristiky priemerov koreňového krčka podľa variantov

Univariate Tests of Significance for Dk (Spreadsheet1_bacteriosol) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1972901	1	1972901	5420,848	0,000000
variant	1616	1	1616	4,440	0,037653
Error	35667	98	364		

Tabuľka 8: Analýza variancie pre priemery koreňového krčka podľa jednotlivých variant

Tukey HSD test; variable Dk (Spreadsheet1_bacteriosol) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 363,95, df = 98,000				
Cell No.	variant	Dk Mean	1	2
2	B	136,4400	****	
1	K	144,4800		****

Tabuľka 9: Tuckeyho test rozdelenia priemerných hodnôt priemerov koreňového krčka nadzemných častí podľa typu variantu

Z výsledkov vyplýva, že:

- priemerné hodnoty dĺžky hlavného koreňa dvojročných semenáčikov jedle pestovaných s použitím Bactériosolu (136,4 mm) sú menšie ako v kontrolnom variante (144,5 mm) pozri základné štatistické charakteristiky v tabuľke 7;
- tento rozdiel je pri 95 % spoľahlivosti štatisticky významný ($p = 0,037653 < 0,05$) (Tabuľka 8). Potvrzuje to aj graf 3 a Tuckeyho test tabuľka 9.

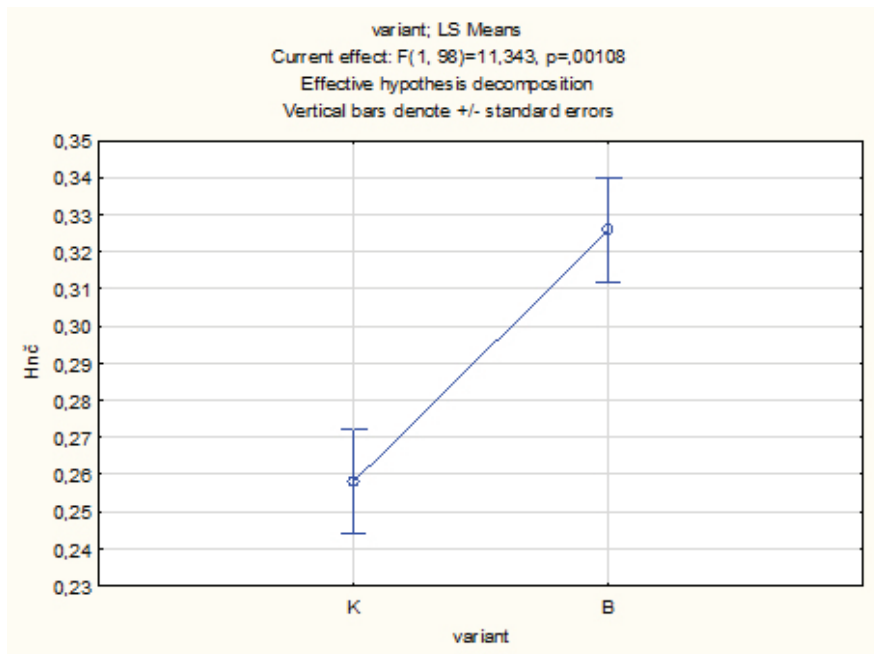


Obr. 5a Detail záhonu kontrolného



Obr. 6a Detail záhonu ošetreného Bactéiosolom

4.4 Hodnotenie hmotnosti sušiny nadzemnej časti



Graf 4: Analýza variancie hmotnosti sušiny nadzemnej časti pre kontrolný variant a variant s Bactéiosolom

Cell No.	variant; Unweighted Means (Spreadsheet1_bacteriosol) Current effect: F(1, 98)=11,343, p=,00108 Effective hypothesis decomposition					
	variant	Hnč Mean	Hnč Std.Err.	Hnč -95,00%	Hnč +95,00%	N
1	K	0,258120	0,014227	0,229888	0,286352	50
2	B	0,325880	0,014227	0,297648	0,354112	50

Tabuľka 10: Základné štatistické charakteristiky hmotnosti sušiny nadzemnej časti podľa variantov

Effect	Univariate Tests of Significance for Hnč (Spreadsheet1_bacteriosol) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	8,526400	1	8,526400	842,5360	0,000000
variant	0,114785	1	0,114785	11,3425	0,001084
Error	0,991753	98	0,010120		

Tabuľka 11: Analýza variancie pre hmotnosť sušiny nadzemnej časti podľa jednotlivých variant

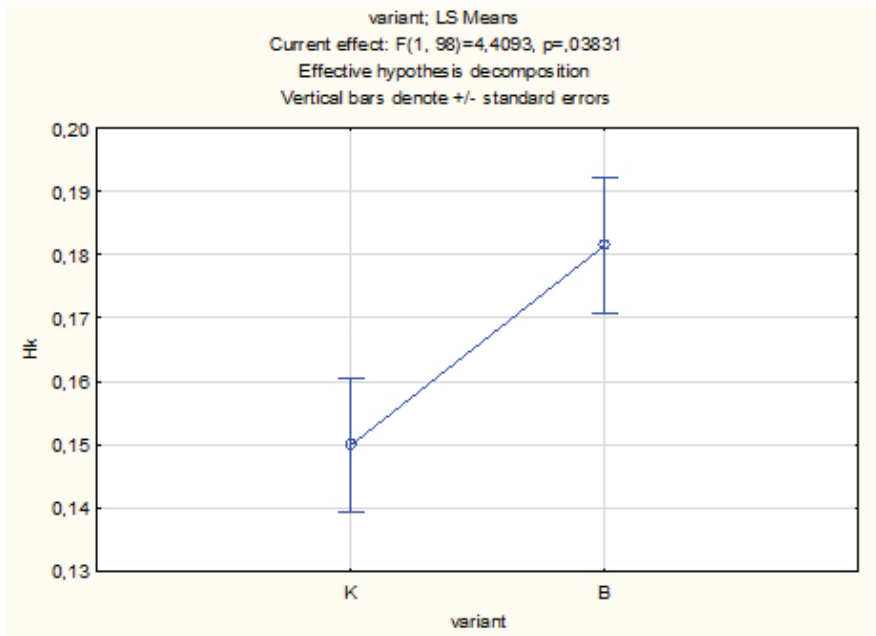
Cell No.	Tukey HSD test; variable Hnč (Spreadsheet1_bacteriosol) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01012, df = 98,000			
	variant	Hnč Mean	1	2
1	K	0,258120	****	
2	B	0,325880		****

Tabuľka 12: Tuckeyho test rozdelenia priemerných hodnôt hmotností sušiny nadzemnej časti podľa typu variantu

Z výsledkov vyplýva, že:

- priemerné hodnoty hmotností sušiny nadzemnej časti dvojročných semenáčikov jedle pestovaných s použitím Bacteriosolu (0,33 g) je vyššia ako v kontrolnom variante (0,26 g) pozri základné štatistické charakteristiky v tabuľke 10;
- tento rozdiel je pri 95 % spoľahlivosti štatisticky významný ($p = 0,001084 < 0,05$) (Tabuľka 11). Potvrďuje to aj následný Tuckeyho test tabuľka 12 a graf 4.

4.5. Hodnotenie hmotnosti sušiny koreňov



Graf 5: Analýza variancie hmotnosti sušiny koreňov pre kontrolný variant a variant s *Bactëiosolom*

variant; Unweighted Means (Spreadsheet1_bacteriosol) Current effect: $F(1, 98)=4,4093$, $p=,03831$ Effective hypothesis decomposition						
Cell No.	variant	Hk Mean	Hk Std.Err.	Hk -95,00%	Hk +95,00%	N
1	K	0,149940	0,010634	0,128837	0,171043	50
2	B	0,181520	0,010634	0,160417	0,202623	50

Tabuľka 13: Základné štatistické charakteristiky hmotnosti sušiny koreňov podľa variantov

variant; Unweighted Means (Spreadsheet1_bacteriosol) Current effect: $F(1, 98)=4,4093$, $p=,03831$ Effective hypothesis decomposition						
Cell No.	variant	Hk Mean	Hk Std.Err.	Hk -95,00%	Hk +95,00%	N
1	K	0,149940	0,010634	0,128837	0,171043	50
2	B	0,181520	0,010634	0,160417	0,202623	50

Tabuľka 14: Analýza variancie pre hmotnosť sušiny koreňov podľa jednotlivých variant

Tukey HSD test; variable Hk (Spreadsheet1_bacteriosol) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00565, df = 98,000				
Cell No.	variant	Hk Mean	1	2
1	K	0,149940	****	
2	B	0,181520		****

Tabuľka 15: Tuckeyho test rozdelenia priemerných hodnôt hmotností sušiny koreňov podľa typu variantu

Z výsledkov vyplýva, že:

- priemerné hodnoty hmotností sušiny koreňov dvojročných semenáčikov jedle pestovaných s použitím Bactériosolu (0,18 g) sú vyššie ako v kontrolnom variante (0,15 g) pozri základné štatistické charakteristiky v tabuľke 13;
- tento rozdiel je pri 95% spoľahlivosti štatisticky významný ($p = 0,038311 < 0,05$) (Tabuľka 14) Potvrďuje to aj graf 5 a Tuckeyho test tabuľka 15.

4.6 Analýza základných prvkov vo vzorkách pôdy a sušiny nadzemných častí

4.6.1 Pôda

Vzhľadom na fakt, že pre porovnávané varianty (aplikácia Bactériosolu, kontrola) je k dispozícii vždy iba výsledok analýz jednej vzorky, nemožno interpretovať porovnanie výsledkov štatisticky, iba odhadovať možný vplyv aplikácie na príslušné merané veličiny (koncentrácie prvkov).

Rozdiely v pôdnej reakcii sú zanedbateľné. Pri variante s aplikáciou Bactériosolu je mierne vyšší obsah organického uhlíka (a teda aj humusu), čo možno hodnotiť priaznivo. Mierne vyšší (o 3 až 18 %) bol aj zistený obsah horčíka, draslíka a fosforu. Tieto rozdiely možno vysvetliť aspoň čiastočne danou aplikáciou, keďže Bactériosol obsahuje až 55 % organickej hmoty a prítomný je v ňom aj horčík, draslík a fosfor.

Zo stanovených mikroživín v prístupnej forme bol vyšší obsah vo vzorke po aplikácii pre železo, zinok a meď, nižší pre mangán.

4.6.2 Asimilačné orgány (ihličie)

Rozdielom naznačeným v prípade pôd zodpovedajú zistené výsledky v prípade asimilačných orgánov len čiastočne. Pre variant s Bactériosolom je znateľne vyšší obsah draslíka a síry (keďže prípravok obsahuje aj síru v sírane amónnom). Pre ďalšie hodnotené živiny (N, P) je rozdiel minimálny alebo pre variant Bactériosol dokonca o niečo nižší (Mg).

Pre ďalšie hodnotené prvky (mikroživiny Fe, Mn, Cu, Zn), resp. potenciálne toxické prvky (Hg, Ni, As, Pb) sa zistili rozdiely medzi variantmi v oboch smeroch

a pravdepodobne iba súvisia s prirodzenou variabilitou koncentrácií týchto prvkov v pôde.

Poznámka

Vo vzorkách pôdy (obr. 7a) pre oba varianty boli zistené pomerne vysoké obsahy prístupného fosforu a draslíka, podobne vo vzorkách ihličia boli dosť vysoké hladiny fosforu, draslíka, ale aj dusíka, čo svedčí o veľmi dobrom – až luxusnom zásobení pôdy týmito živinami. Nemožno teda v danom prípade ani očakávať výraznejší efekt aplikácie Bacteriosolu, hlavne pre jedlu ako drevinu nie tak výrazne náročnú na hlavné minerálne živiny ako niektoré iné lesné dreminy.



Obr. 7a Odber vzorky pôdy

5. Záver a diskusia

Pri vyhodnotení vzoriek odobratých po 15 mesiacoch od prvej aplikácie Bactériosolu a jeho následnom pravidelnom dodávaní do pôdy, porovnaní kontrolnej vzorky a vzorky na pôde pravidelne ošetrovanej, pri jednotlivých parametroch môžeme konštatovať, že predpoklad o lepšom raste pri použití tohto organického hnojiva sa ukázal ako správny už po prvom roku jeho aplikácie vo všetkých meraných znakoch s výnimkou dĺžky hlavného koreňa, ktorý je tak typický pre túto drevinu. Je ale možné, že kratší hlavný koreň pri vzorkách pestovaných v Bactériosole je preto, že na takejto ploche je lepšia pôda pri povrchu, preto sa hlavný koreň neťahá hlbšie, ale rastlina vytvára viac vlásočnicových koreňov, čo potvrdzuje aj parameter hmotnosť sušiny podzemnej časti, ktorá je väčšia práve pri vzorkách z Bactériosolu. Toto by mohlo potvrdzovať hypotézu o lepšom vývine vlásočnicových koreňov ako dôležitých nosičov výživy pre rastlinu, čo má za následok väčšie dĺžkové a objemové parametre rastlín z pôdy ošetrovanej Bactériosolom ako z kontrolnej plochy.

Vo výskume odporúčame ďalej pokračovať a zisťovať, aký vplyv na ďalší rast semenáčikov bude mať aplikácia Bactériosolu.

6. Použitá literatúra

www.UrodnaPoda.sk

Leták Bactériosol

7. Kontakty

¹ Ing. Dagmar Bednárová, PhD., Ing. Elena Takáčová, Ing. Ivan Horvát

NLC – LVÚ Zvolen, Odbor pestovania lesa

dagmar.bednarova@nlcsk.org, elena.takacova@nlcsk.org, ivan.horvat@nlcsk.org

² Ing. Pavel Pavlenda, PhD.

NLC – LVÚ Zvolen, Odbor ekológie lesa

pavel.pavlenda@nlcsk.org

³ Ing. Karol Chvála

Loben, s.r.o

chvala@loben.sk

ZAKLADANIE, PESTOVANIE, VÝCHOVA LESY

VPLYV VLAHOVÉHO DEFICITU NA SADBOVÝ MATERIÁL HOSPODÁRSKY VÝZNAMNÝCH LESNÝCH DREVÍN A MOŽNOSTI JEHO ZMIERNENIA V OBDOBÍ PO VÝSADBE

Ivan Repáč, Martin Belko

Abstrakt

Cieľom príspevku bolo zhodnotiť účinok vybraných technológií, (hydroabsorbent (Agrisorb) a ektomykorízne huby (Ectovit) na vývoj 1+1 krytokorenných sadeníc buka lesného a smreka obyčajného vystavených simulovanému nedostatku vlhky rôznej intenzity: i) ľahko dostupná vlaha (LDV), ii) obtiažne dostupná vlaha (ODV), iii) nedostupná vlaha (NV), iv) ľahko dostupná vlaha prerušovaná obdobia nedostupnej vlhky (L/NDV). Výsledky hodnotenia poukázali na určité rozdiely v účinku testovaných technológií pozorovanom vo vzťahu k zvoleným drevinám. Napriek významnému vplyvu nedostatku vlhky na vývoj sadeníc obidvoch drevín, výraznejší pozitívny účinok aplikovaných prípravkov bol zaznamenaný len pri prežívaní sadeníc buka lesného v podmienkach ODV. Výsledky tak naznačujú, že pozitívny účinok testovaných prípravkov je možné očakávať len v určitých špecifických situáciách a podmienkach.

Kľúčové slová

Adaptácia, klimatická zmena, sucho, zalesňovanie

Úvod

Priamym dôsledkom prebiehajúceho nekontrolovateľného rozpadu rovnovekých, rovnorodých komplexov lesa je okrem iného aj vznik a rozširovanie veľkoplošných holín, charakteristických menej vhodnými podmienkami pre rast a vývoj klimaxových drevín (Ammer, Kölling 2008; Vacek et al. 2019). Aktuálne je v krátkodobom horizonte možné dosiahnuť v týchto podmienkach zachovanie hospodársky významných drevín len prostredníctvom umelej obnovy (Sarvaš et al. 2007; Repáč et al. 2017), ktorá sa podľa dostupných údajov v podmienkach Slovenska uplatňuje na takmer 60 % obnovovanej plochy (Správa 2022). Avšak, súčasné zmeny v priebehu klimatických charakteristík, prejavujúce sa zmenami v časovom a priestorovom rozložení zrážok počas vegetačného obdobia, spolu s intenzívnymi obdobiami sucha, zásadnou mierou ovplyvňujú úspešnosť štandardne použíwanej výsadby voľnokorenného sadbového materiálu (Repáč et al. 2017). Problematika zabezpečenia dostatku vlhky v najkritickejšom období po výsadbe, ktorá bola doteraz predmetom záujmu viacerých autorov, najmä v subtropických a tropických oblastiach (Chirino et al. 2011; Crous 2016) sa tak dostáva do pozornosti aj v krajinách situovaných v severnejších zemepisných

šírkach (Beniwal et al. 2011; Orikiriza et al. 2013; Repáč et al. 2021). Napriek tomu, doterajšie experimenty založené v poloprevádzkových podmienkach výsadbových plôch situovaných v strednej Európe nepriniesli v súvislosti s ich použitím doposiaľ jednoznačné výsledky v dôsledku značnej premenlivosti podmienok prostredia a následnej nemožnosti jednoznačného prisúdenia účinku aplikovaného prípravku na sledovanú výsadbu (Repáč et al. 2011; 2013; 2021; Repáč, Belko 2020). Cieľom tohto príspevku bolo preto posúdiť účinok vybraných stres z nedostatku vlhky zmiernujúcich technológií (aplikácia EKM biopreparátu, hydroabsorbenta) na prežívanie sadbového materiálu buka lesného a smreka obyčajného v kontrolovaných podmienkach simulovaného nedostatku vlhky rôznej intenzity.

Materiál a metodika

Založenie a usporiadanie experimentu

Jednoročné voľnokorenné semenáčky buka lesného a smreka obyčajného (1+0) boli preškôlkované a pestované v plastových nádobách (objem 3 l) naplnených rašelinovým substrátom pod fóliovým prístreškom. Semenáčky boli vystavené rôznym úrovňam dostupnosti vlhky udržiavaným prostredníctvom závlahy:

- I) Lahko dostupná vlaha (LDV) (objemový obsah vody udržiavaný v rozpätí 70 – 80 %)
- II) Obtiažne dostupná vlaha (ODV) (objemový obsah vody udržiavaný v rozpätí 40 – 50 %)
- III) Lahko dostupná vlaha krátkodobu prerušovaná obdobiami nedostupnej vlhky (L/NDV) (po dosiahnutí objemového obsahu vody 21 % doplnenie obsahu vody na 70 – 80 %)
- IV) Nedostupná vlaha (NV) (objemový obsah vody 21 % zodpovedajúci bodu vädnutia bol dosiahnutý v priebehu 7. týždňa po škôlkovaní)

V rámci každej zo simulovaných úrovní nedostupnosti vlhky bol k 20 semenáčikom aplikovaný EKM biopreparát Ectovit (Symbiom, Lanškroun, Czech Republic), hydroabsorbent Agrisorb (Evonik Nutrition & Care GmbH, Essen, Germany), semenáčky bez aplikovaného prípravku reprezentovali kontrolu. Experiment bol založený v znáhodnených blokoch tvorených 12 samostatnými kombináciami (4 úrovne vlhovej dostupnosti × 3 prípravky) v trojnásobnom opakovaní.

V momente výsadby dosahoval objemový obsah vody v rašelinovom substráte 70 – 80 %. Objemový obsah vody pre každú zo simulovaných úrovní vlhovej nedostupnosti bol odvodený z vlhkostných retenčných kriviek (pF-krivky) (Dubský et al. 2013). Substrát použitý v experimente bol tvorený zmesou bielej (80 %, vlákna 0-20 mm) a tmavej rašeliny (20 %, 0-10 mm) s prídavkom práškoveho hnojiva PG Mix 1,9 kg m⁻³, zvlhčovadla Fibazorb 0,1 l m a stimulátora zakoreňovania Bioroot 200 ml m⁻³.

Komerčný EKM biopreparát Ectovit obsahuje samostatne zabalené a oddelené mycélium troch druhov EKM húb (*Amanita rubescens*, *Pisolithus arrhizus*, *Paxillus involutus*) a spóry dvoch druhov EKM húb (*Pisolithus involutus*, *Scleroderma citrinum*) v rašelinovom nosiči spolu s látkami podporujúcimi tvorbu EKM (humáty, minerály, výťažky z morských organizmov). Ectovit bol aplikovaný vo forme zmesi, ktorá vznikla zmiešaním zložiek EKM biopreparátu a rašelinového substrátu v pomere 1:6 (v:v) umiestnenej do priestoru koreňového systému v čase

výsadby (100 ml zmesi na 1 semenáčik). Hydroabsorbent Agrisorb je tvorený kopolymérom akrylovej kyseliny čiastočne neutralizovanej draselnými soľami, ktorý má podobu bielych granúl (0,2–1,0 mm). Jeden gram hydroabsorbentu Agrisorb viaže 250–300 ml vody. Agrisorb bol aplikovaný na korene semenáčikov v čase výsadby vo forme gélu, ktorý vznikol zmiešaním granúl hydroabsorbentu s vodou v pomere 1:100 (v:v).

Experimentálny materiál a hodnotenie experimentu

1-ročné voľnokorenné semenáčiky buka lesného a smreka obyčajného boli vypestované v škôlke štátneho podniku Lesy SR š.p. štandardnými postupmi na záhone s minerálnou pôdou. Výsevu semena predchádzala aplikácia fungicídu a zapracovanie hnojiva Cererit (NPK 8 % N, 13 % P, 11 % K, 2% Mg; 30g.m⁻²) do hornej vrstvy (10 cm) minerálnej pôdy. Po vzídení a následne počas vegetačného obdobia boli semenáčiky pravidelne zavlažované a hnojené (Kristalon, NPK 19-6-20% + 3% Mg). V prípade potreby bola mechanicky odstraňovaná burina. Po skončení vegetačného obdobia boli semenáčiky ponechané na záhone a vyzdvihnuté nasledujúcu jar 7 dní pred škôlkovaním do obalov. V čase výsadby dosiahli priemerné hodnoty rastových parametrov pre buk lesný: výška 19,5±2,3 cm, hrúbka 3,4±0,2 mm, hmotnosť nadzemnej časti 460±15 mg hmotnosť koreňa 410±14 mg, a pre smrek obyčajný: výška 8,5±2,4 cm, hrúbka 1,2±0,1 mm hmotnosť nadzemnej časti 87±1 mg, hmotnosť koreňa 85±10 mg. Hodnotenie experimentu bolo vykonané jednorazovo po skončení vegetačného obdobia koncom októbra. Prežívanie bolo hodnotené ako percento počtu živých z počtu vysadených semenáčikov. Na konci vegetačného obdobia bola sadenica posudzovaná ako živá pri smreku prítomnosťou vitálneho asimilačného aparátu, ktorý pri fyzickom kontakte zostával pevne prichytený k brachyblastu na vetvičke, pri buku po strate asimilačného aparátu vytvorením púčikov štandardnej dĺžky a tvaru. Rastové parametre hmotnosť sušiny nadzemnej a podzemnej časti (koreň), boli hodnotené v rámci každej kombinácie simulovanej úrovne nedostupnosti vlahy × prípravku na desiatich semenáčikoch.

Rastové parametre boli analyzované dvojfaktorovou analýzou variancie (faktory: simulovaná úroveň dostatku vlahy, variant a ich interakcia: simulovaná úroveň dostatku vlahy × variant). Významnosť rozdielov bola následne medzi porovnávanými variantmi posúdená Tukeyovým testom ($p \leq 0,05$) v programe SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Normalita rozdelenia dát bola overená v rámci porovnávaných skupín prostredníctvom Shapiro-Wilk testu v programe STATISTICA 12 (StatSoft, Inc., Tulsa USA).

Výsledky

Prežívanie

Pri buku lesnom bolo najvyššie prežívanie pozorované pri LDV sadeniciach, prežívanie L/NDV a ODV dosiahlo podobné hodnoty, v priemere 60 %, prežívanie NV sadeníc dosiahlo 19 %. Aplikácia prípravkov výrazne ovplyvnila prežívanie len pri ODV sadeniciach buka. Prežívanie ODV sadeníc ošetrených hydroabsorbentom a mykorrhízny biopreparátom dosiahlo 70 a 73 % resp. a bolo o 20 % lepšie ako pri neošetrených sadeniciach (Tabuľka 1).

Pri smreku bola na konci experimentu pozorovaná výrazná mortalita. Bez

ohľadu na aplikovaný prípravok, všetky nezavlažované sadenice smreka odumreli, prežívanie LDV sadeníc dosiahlo v priemere 58 %, ODV sadeníc 36 % a L/NDV 40 %. Výraznejšie rozdiely v prežívaní, medzi neošetrenými a mykorrhízny biopreparátom alebo hydrogelom ošetrenými sadenicami smreka, v rámci simulovaných úrovní vlhovej dostupnosti, boli zaznamenané pri LDV a L/NDV sadenicach. Sadenice s pridaným Ectovitom dosiahli o 13 % vyššie prežívanie ako kontrolné semenáčiky vo variante s LDV, vo variante s L/NDV zase prežívali o 8 % lepšie ako kontrola semenáčiky ošetrené Agrisorbom (Tabuľka 1).

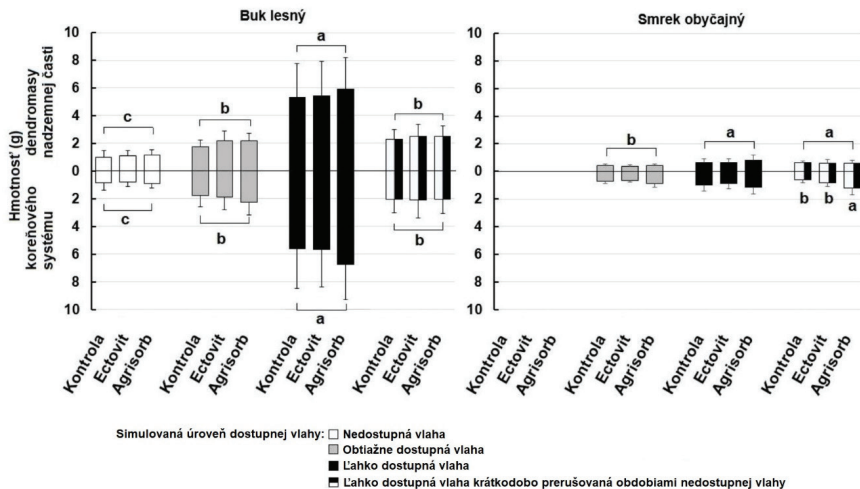
buk lesný												
NV			ODV			L/NDV			LDV			
K	E	A	K	E	A	K	E	A	K	E	A	
18	20	20	50	70	73	57	63	60	98	100	100	
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
smrek obyčajný												
K	E	A	K	E	A	K	E	A	K	E	A	
0	0	0	35	37	37	38	37	46	52	65	57	
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	

Tabuľka 1. Celkové prežívanie krytokorenných sadeníc (1+k1) buka lesného a smreka obyčajného ošetrených ektomykorrhízny biopreparátom Ectovit (E), alebo hydroabsorbentom Agrisorb (A), neošetrené sadenice reprezentovali kontrolu (K) vystavených rôznym úrovniam dostupnej vlhavy (NV nedostupná vlaha, ODV obtiažne dostupná vlaha, L/NDV ľahko dostupná vlaha prerušovaná periódami nedostupnej vlhavy, LDV ľahko dostupná vlaha) počas vegetačného obdobia (máj – október).

Rast

Na konci vegetačného obdobia, počas ktorého prebiehal experiment, bola štatisticky významne najvyššia priemerná hmotnosť sušiny nadzemnej časti (5,36 g) a koreňa (5,97 g) zaznamenaná pri LDV sadenicach buka. Hmotnosť sušiny sadeníc buka vo variantoch ODV a L/NDV bola 2- až 2,5-násobne nižšia ako LDV sadeníc. Štatisticky významne najnižšiu hmotnosť sušiny nadzemnej časti a koreňa, takmer 5-násobne nižšiu ako pri sadenicach s plnou závlahou, dosiahli NV semenáčiky. Aplikácia prípravkov síce nemala štatisticky významný vplyv na hmotnosť sušiny sadeníc buka, napriek tomu bola zaznamenaná mierne vyššia hmotnosť sušiny nadzemnej časti a koreňa sadeníc ošetrených pred výsadbou Agrisorbom a Ectovitom pri ODV a N/LDV a sadeníc ošetrených Agrisorbom pri LDV (Obrázok 1).

Vzhľadom na úplné odumretie NV sadeníc smreka počas vegetačného obdobia, tieto neboli po jeho skončení vyzdvihnuté a hodnotené. Na konci vegetačného obdobia, počas ktorého prebiehal experiment, ODV sadenice smreka dosiahli štatisticky významne nižšiu hmotnosť sušiny dendromasy nadzemnej časti ako LDV a L/NDV sadenice. Naproti tomu, hmotnosť sušiny koreňa sadeníc smreka z porovnávaných úrovní dostupnej vlhavy bola podobná, prípadné menšie rozdiely neboli štatisticky významné. Aplikácia prípravkov mala pri sadenicach smreka



Obrázok 1. Priemerná hmotnosť sušiny koreňového systému a dendromasy nadzemnej časti sadeníc (1+k1) buka lesného a smreka obyčajného ošetrených ektomykorízny biopreparátom Ectovit alebo hydroabsorbentom Agrisorb, neošetrené sadenice reprezentovali kontrolu a vystavených rôznym úrovňam dostupnej vlahy počas vegetačného obdobia (máj – október).

štatisticky významný vplyv len na hmotnosť sušiny koreňa, keď Agrisorbom ošetrené sadenice dosiahli štatisticky významne najvyššiu hmotnosť koreňa v rámci L/NDV (Obrázok 1).

Diskusia

Hydroabsorbent rovnako ani ektomykorízny biopreparát aplikovaný v čase výsadby do priestoru koreňového systému nemal na prežívanie NV sadeníc buka lesného, vystavených najintenzívnejšiemu stresu zo sucha, významný vplyv. Bez ohľadu na aplikáciu prípravku nepresiahol na konci vegetačnej sezóny podiel prežitých z celkového počtu vysadených pri NV sadenicích buka v rámci porovnávaných variantov 20 %. Rovnako ako pri buku nebol výraznejší komplexnejší vplyv aplikovaných prípravkov na prežívanie semenáčikov zaznamenaný ani pri sadenicích smreka. Orikiriza (2013) a rovnako aj Sloan (1992) uvádzajú, že hydroabsorbenty síce môžu zmierniť nepriaznivý vplyv nedostatku vlahy na vitalitu sadbového materiálu, avšak v prípade pretrvávania nepriaznivých podmienok nedokážu zabrániť nepriaznivému dopadu nedostatku vlahy. Orikiriza (2013) vo svojom experimente pre sadbový materiál buka lesného zaznamenal pri výsadbe do ílovitej a hlinitej pôdy vo variante s aplikovaným hydrogelom oddialenie nepriaznivých účinkov nedostatku vlahy len o 4 dni, pre smrek v prípade výsadby do hlinitej pôdy len o 8 dní a pri ílovitej pôde 17 dní. Pokiaľ nedostatok vlahy pretrvával dlhšie, rovnako ako v našom experimente, došlo k postupnému vyčerpaniu vody z molekúl hydroabsorbentu a následnému úhynu. Na druhej strane mierne lepšie prežívanie hydroabsorbentom a ektomykorízny

biopreparátom ošetrovaných sadeníc buka vystavených ODV zároveň naznačuje, že v špecifických podmienkach môže aplikácia hydroabsorbentu a ektomykorízneho biopreparátu zmierniť nepriaznivý vplyv nedostatku vlhky. Absencia podobného účinku aplikovaných prípravkov pri semenáčikoch buka v podmienkach striedania období s dostatkom vlhky a úplným preschnutím substrátu môže byť spôsobená nedostatočnou schopnosťou prípravkov zmierniť negatívne dôsledky dlhšieho a intenzívnejšieho nedostatku vlhky. Okrem fyzikálnych vlastností pôdy ovplyvňuje účinok hydroabsorbentu demonštrovaný Orikiranom et al. (2013) totiž aj prítomnosť solí rozpustených v pôdnom roztoku, spôsob aplikácie, aplikované množstvo, ako aj veľkosť granúl hydroabsorbentu (Crous 2016).

V prípade ektomykorízneho biopreparátu je jeho účinok determinovaný predovšetkým schopnosťou umelo vnesených ektomykoríznych húb kolonizovať krátke koreňky sadbového materiálu s následnou tvorbou ektomykoríz, čo sa v našom experimente nepodarilo preukázať. Napriek tomu sú vzhľadom na ektotrofný status väčšiny hospodársky významných drevín prínosy EKM symbiomy nepochybné (Nara 2008). Zistenia Menkisa et al. (2007) zároveň naznačujú, že inokulácia sadbového materiálu umelo vnesenými druhmi ektomykoríznych húb nemusí byť podobne ako v našom experimente, aj napriek ich zdokumentovanému výskytu na konkrétnej drevine vždy úspešná. Vznik ektomykorízy je totiž vždy výsledkom vzájomnej interakcie dreviny a huby v konkrétnych podmienkach prostredia. Prevažná väčšina prác dokumentujúcich pozitívne účinky inokulácie sadbového materiálu súvisela najmä s efektívnejším príjmom živín (Marjanović, Nehls 2008; Makarov 2018). Pri výsadbe do pestovateľských substrátov obohatených o rôzne komponenty môže táto okolnosť strácať mierne na význame (Treseder 2004; Makarov 2018). Ektomykorízny symbiont totiž zabezpečuje svoj metabolizmus predovšetkým z produktov fotosyntézy partnerskej dreviny (Gavito, Olsson 2008), čo sa v podmienkach dostatočného množstva ľahko dostupných živín môže u sadbového materiálu prejavíť aj dočasným utlmením procesov spojených s tvorbou ektomykoríznej symbiomy (Treseder 2004; Gavito, Olsson 2008).

Rovnako ako pri prežívaní, sadenice obidvoch drevín reagovali na simulovanú úroveň dostupnej vlhky taktiež zmenami detekovanými v akumulácii biomasy nadzemnej a podzemnej časti. Výrazný vplyv dostatku vlhky vo vzťahu k rastovým procesom sadbového materiálu buka lesného nedávno demonštroval Robakowski et al. (2020). Pri znížení objemu dennej závlahy z 12 na 3 ml zaznamenal pri buku takmer päťnásobné zníženie hmotnosti sušiny, pri ostatných hodnotených drevinách bol pokles hmotnosti miernejší, pri dube zimnom len trojnásobný, borovici lesnej a jedli bielej nebol zaznamenaný vo variantoch so zníženou závlahou takmer žiadny pokles hmotnosti sušiny.

Zhang et al. (2014) navyše pozoroval, že sadbový materiál buka lesného by podobne ako niektoré ostatné rastliny mal reagovať na nedostatok vlhky zvýšenou akumuláciou biomasy v pletivách koreňového systému na úkor nadzemnej časti rastliny v dôsledku snahy o preniknutie do vrstiev rastového média s dostatkom vlhky. Napriek tomu nebol v našom, rovnako ani v experimente Robakowski et al. (2020) pri jedincoch buka lesného pozorovaný obdobný jav. Aplikácia hydroabsorbentu rovnako ani ektomykorízneho biopreparátu v čase výsadby do priestoru koreňového systému nemala významnejší vplyv na rast sadeníc buka lesného a smreka obyčajného v našom experimente. V prípade hydroabsorbentov

je podľa Sloana et al. (1992) množstvo vody viazanej v hydrogeli dostatočné len na krátkodobé zabezpečenie fungovania základných fyziologických procesov v období nedostatku vlhky a nemá žiadny stimulačný účinok na rast. Tvrdenie Sloana et al. (1992) čiastočne podporujú aj výsledky Apostola et al. (2009) ktorý pozoroval, že vyšší obsah vody v koreňoch sadbového materiálu duba červeného ošetrovaného hydrogelom a vystaveného 5 hodín trvajúcej desikácii, nemalo v porovnaní s neošetrenými sadenicami významnejší pozitívny vplyv na rast. Na druhej strane Chirino et al. (2011) uvádza, že v podmienkach regulovanej závlahy môže drevena reagovať na aplikáciu hydrogelu zlepšeným rastom, no po výsadbe na plochu už aplikovaný hydrogel nemusí mať na rast ošetrovaného jedinca významný vplyv.

Rovnako ako pri hydroabsorbente, ani pri ektomykoríznom biopreparáte aplikovanom v našom experimente, nie je stimulačný účinok aj napriek viacerým pozitívnym skúsenostiam zaručený. Najmä v prípade aplikácie ektomykorízneho prípravku sa do okolia koreňov drevín nové symbiotické huby síce dostanú, avšak úspešná kolonizácia koreňov vybranými druhmi obsiahnutými v aditive nie je úplne zaručená (Menkis et al. 2007). Absencia prítomnosti špecifického morfortypu, vo variante s aplikovaným ektomykoríznom aditívom môže taktiež do značnej miery súvisieť s rastom nových koreňov. Testovaný spôsob aplikácie prípravkov pred výsadbou na koreňový systém použitý v našom experimente je totiž spojený s nedostatkom, týkajúcim sa významného zníženia účinku v prípade odrastania nových koreňov ošetrovaných sadenic mimo priestor v ktorom sa daný prípravok po aplikácii nachádza (Crous 2016).

Záver

Výsledky nášho experimentu potvrdili dôležitosť vlhovej dostupnosti na vývoj sadenic smreka obyčajného a buka lesného (1+k1). Pomerne nízke hodnoty prežívania, ktoré na konci experimentu bez ohľadu na aplikovaný prípravok nepresiahli pri smreku 65 % pri LDV sadenicach, 37 % pri ODV sadenicach, 46 % pri L/NDV sadenicach a odumretie všetkých NV sadenic zároveň poukazujú na menšiu mieru adaptability testovaných menej vyspelých semenáčikov smreka na experimentálne podmienky prostredia. Aplikácia prípravkov nemala výraznejší vplyv na prežívanie a rast sadenic. Avšak niektoré čiastkové výsledky, ako napríklad mierne lepšie prežívanie sadenic buka lesného ošetrovaných hydroabsorbentom v rámci L/NDV, ako aj vyššia hmotnosť koreňového systému sadenic smreka ošetrovaných hydroabsorbentom v rámci L/NDV naznačujú, že za určitých okolností môže mať aplikácia hydroabsorbenta pozitívny účinok na vývoj sadenic. Nevýrazný účinok aplikácie ektomykorízneho biopreparátu v našom experimente mohol byť spôsobený podmienkami prostredia nepriaznivými pre tvorbu ektomykoríz a/alebo nedostatočnou kompatibilitou v prípravku obsiahnutých ektomykoríznych húb s použitým reprodukčným materiálom skúmaných drevín.

Podakovanie

Autori ďakujú vedúcemu ŠS Oravská priehrada Ing. M. Smolárovi a p. J. Povaľačovej za technické práce. Práca vznikla s finančnou podporou projektu VEGA MŠVVaŠ SR a SAV č. 1/0567/21.

Literatúra

- Ammer C., Kölling, C. 2008: Converting Norway spruce stands with beech – A review of arguments and techniques. *Austrian Journal of Forest Science* 1:3-26.
- Apostol K.G., Jacobs D.F., Dumroese R.K. 2009: Root desiccation and drought stress responses of bareroot *Quercus rubra* seedlings treated with a hydrophilic polymer root dip. *Plant and Soil* 315: 229-240.
- Beniwal S.R., Hooda S.M., Polle A. 2011: Amelioration of planting stress by soil amendment with a hydrogel-mycorrhiza mixture for early establishment of beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings. *Annals of Forest Science* 68: 803-810.
- Crous J. W. 2016: Use of hydrogels in the planting of industrial wood plantations. *Southern Forests: a Journal of Forest Science* 79:197-213.
- Dubský M., Šrámek F., Nárovec V., Nárovcová J. 2013: Požadavky na fyzikální a chemické vlastnosti organických pěstebních substrátů používaných při výrobě krytokořenného materiálu lesních dřevin. In: Certifikace PEFC - trvale udržitelné hospodaření v lesích ČR. Krytokořenný sadební materiál. Praha: Česká lesnická společnost: 18-30. ISBN 978-80-02-02444-6.
- Gavito M. E., Olsson P.A. 2008: Foraging for resources in arbuscular mycorrhizal fungi: What is an obligate symbiont searching for and How is it done? In: Varma A. (ed): *Mycorrhiza, State of the Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics*. Berlin, Springer: 73-111.
- Chirino E., Vilagrosa A., Vallejo V. R. 2011: Using hydrogel and clay to improve the water status of seedlings for dryland restoration. *Plant and Soil* 344: 99-110.
- Makarov M.I. 2018: The Role of Mycorrhiza in transformation of nitrogen compounds in Soil and nitrogen nutrition of plants: A review. In *Eurasian Soil Science* 52: 193-205.
- Marjanović Ž., Nehls U. 2008: Ectomycorrhiza and water transport. In: Varma A. (ed): *Mycorrhiza, State of the Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics*. Berlin, Springer: 149-161.
- Menkis A., Vasiliauskas R., Taylor A.F.S., Stenlid J., Finlay, R. 2007: Afforestation of abandoned farmland with conifer seedlings inoculated with three ectomycorrhizal fungi impact on plant performance and ectomycorrhizal community. *Mycorrhiza* 17: 337-348.
- Nara, K. 2008: Community developmental patterns and ecological functions of ectomycorrhizal fungi: Implications from primary succession. In: Varma A. (ed): *Mycorrhiza, State of the Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics*. Berlin, Springer: 581-599.
- Orikiriza J. B. L., Agaba H., Eilu G., Kabasa D. J., Worbes M., Hüttermann A. 2013: Effects of hydrogels on tree seedling performance in temperate soils before and after water stress. *Journal of Environment Protection* 4: 713-721.
- Repáč I., Tučeková A., Sarvašová I., Vencurik J. 2011: Survival and growth of outplanted seedlings of selected tree species on the High Tatra Mts. windthrow area after the first growing season. *Journal of Forest Science* 57: 349-358.
- Repáč I., Kmeť J., Vencúrik J., Balanda M. 2013: Účinky aplikácie komerčných stimulačných prípravkov na prežívanie, rastové a fyziologické parametre

- výsadby smreka obyčajného a buka lesného. In Zprávy lesnického výzkumu 58: 167-175.
- Repáč I., Parobeková Z., Sendecký M. 2017: Reforestation in Slovakia: history, current practice and perspectives. *Reforesta* 0: 53-88.
- Repáč I., Belko M. 2020: Vývoj lesnej kultúry smreka obyčajného a buka lesného po aplikácii hnojiva a hydrogelu na kalamitnej ploche v pohorí Javorie, stredné Slovensko. In Zprávy lesnického výzkumu 65:232-241.
- Repáč I., Belko M., Krajmerová D., Paule L. 2021: Planting time, stocktype and additive effects on the development of spruce and pine plantations in Western Carpathian Mts. In *New Forests* 52: 449-472.
- Robakowski P., Wyka T.P., Kowalkowski W., Barzdajn W., Pers-Kamczyc E., Jankowski A., Politycka B. 2020: Practical implications of different phenotypic and molecular responses of evergreen conifer and broadleaf deciduous forest tree species to regulated water deficit in a container nursery. In *Forests* 11: 1011.
- Sarvaš M., Tučeková A., Takáčová E., Chválová K., Lengyelová A., Varínsky J., Longauerová V., Sušková M. 2007: Zakladanie lesa v meniacich sa ekologických podmienkach. Zvolen: Národné lesnícke centrum: 107.
- Sloan J.P. 1994: The use of root dips on North American conifer seedlings: a review of the literature. *Tree Planter's Notes* 45: 26-31.
- Správa. 2022: Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2021 Zelená Správa. Bratislava, Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR: 77.
- Treseder K.K. 2004. A meta-analysis of mycorrhizal responses to nitrogen, phosphorus, and atmospheric CO₂ in field studies. *New Phytologist* 164: 347-355.
- Vacek Z., Vacek S., Slanař J., Bílek L., Bulušek D., Štefančík I., Králíček I., Vančura K., 2019: Adaption of Norway spruce and European beech forests under climate change: from resistance to close-to-nature silviculture. *Central European Forestry Journal*, 65: 129-144.
- Zang U., Goisser M., Häberle K.H., Matyssek R., Matzner E., Borken W. 2014: Effects of drought stress on photosynthesis, rhizosphere respiration, and fine-root characteristics of beech saplings: A rhizotron field study. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 177: 168-177.

Kontakt

doc. Ing. Ivan Repáč, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa

T. G. Masaryka 24

960 01 Zvolen, Slovenská republika

E-mail: repac@tuzvo.sk

Ing. Martin Belko, PhD.

Národné lesnícke centrum, Lesnícky výskumný ústav, Odbor pestovania lesa

T. G. Masaryka 22

960 01 Zvolen, Slovenská republika

E-mail: martin.belko@nlcsk.org

PODSADBY AKO NÁSTROJ REKONŠTRUKCIE OHROZENÝCH SMREKOVÝCH PORASTOV NA SLOVENSKU

Jaroslav Vencurik

Abstrakt

Predložený príspevok sumarizuje poznatky týkajúce sa problematiky podsadiieb v smrekových porastoch. Analyzuje príčiny odumierania smrekových monokultúr a možnosti obnovy autochtónnych drevín v nich. Prehľadne popisuje postup plánovania a realizácie podsadiieb v nadväznosti na vekovú štruktúru, priestorovú výstavbu a prognózu vývoja ohrozených smrekových porastov. Rozoberá najdôležitejšie faktory, ktoré ovplyvňujú prežívanie a odrastanie podsadených jedincov. V tomto smere zohráva kľúčovú úlohu predovšetkým regulácia svetelných podmienok a zver. V neposlednom rade poukazuje aj na výhody a riziká podsadiieb v rekonštruovaných smrekových porastoch.

Kľúčové slová:

buk, jedľa, podsadby, rast, rekonštrukcie smrečín

Úvod

Porasty smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) pestované tradičnými postupmi holorubného hospodárskeho spôsobu sú v stredoeurópskych pomeroch produktívne, ale nestabilné lesné ekosystémy ohrozované vo veľkej miere vetrom, hmyzom, zmenami živinového režimu, zakysľovaním pôd, a tiež klimatickými zmenami (Boden a kol. 2014, Bošela a kol. 2014). Zastúpenie smreka v lesoch Slovenska sa pritom za posledných 200 rokov zvýšilo rádovo o 18 % (Štefančík 2012). Ako jedna z hlavných príčin chradnutia smrečín sa uvádza dlhodobé pestovanie smrekových monokultúr, najmä na nepôvodných stanovištiach. Pri súčasnom zastúpení smreka, ktoré sa pohybuje na úrovni 21,5 % (Zelená správa 2022) je až 77 % smrečín nepôvodných (Kulla a kol. 2012). V rámci Európy sa najmenej 6 - 7 miliónov hektárov smrečín nachádza mimo areálu ich prirodzeného výskytu (Teuffel a kol. 2004). V dôsledku toho dochádza k zatiaľ bližšie nešpecifikovaným chemickým a mikrobiologickým zmenám pôdy, a tiež k narušeniu ektomykoríznej symbiózy s koreňmi stromov. Synergickým pôsobením viacerých činiteľov sa zhoršuje ekologická stabilita a odolnosť potenciál týchto ekosystémov (Kulla a kol. 2012, Repáč, Vencurik 2015). Znížená vitalita smrekových porastov vedie k vysokému podielu náhodných ťažieb predovšetkým vplyvom extrémneho vetra a premnoženia biotických škodlivých činiteľov (podkôrny hmyz), vzniku rozsiahlych kalamitných plôch a zhoršeniu plnenia všetkých verejno-prospešných funkcií lesa, ktoré od lesných ekosystémov očakáva spoločnosť. Okrem toho sa znižuje tiež speňaženie drevej hmoty (Tutka a kol. 2008, Štefančík a kol. 2012). Nepriaznivé

pôsobenie škodlivých činiteľov a súčasná orientácia európskeho lesníctva na prírode blízke pestovanie lesov preto vyvolávajú potrebu rekonštrukcie týchto porastov na nerovnovážne lesy tvorené aj inými pôvodnými drevinami (Bauhus a kol. 2013). Rozloženie rizika rozpadu smrekových porastov na viac drevín pôvodného zastúpenia a plošná a časová diferenciacia súčasných lesných porastov predstavuje prakticky jediné zmysluplné riešenie tohto problému.

Vo viacerých oblastiach Slovenska postihnutých rozpadom smrečín (Kysucké a Oravské Beskydy, Nízke Tatry, Spiš) existuje pomerne veľká skupina zdravotne oslabených, podkôrnym hmyzom silne atakovaných, ale ešte stále funkčne účinných smrekových porastov. Prioritou hospodárenia v týchto porastoch v strednodobom horizonte by malo byť spomalenie procesu ich rozpadu uplatňovaním jednotlivého výberu stromov (zdravotný a zrelostný výber, podpora stability a kvality stromov). To vytvára väčší manérovací priestor pre ich následnú obnovu, diferenciaciu štruktúry a spoň čiastočné ekonomické zhodnotenie (Saniga, Dendys 2015).

Obnova v ohrozených smrekových porastoch

Prirodzená obnova smreka nastupuje aj v rýchlo rozpadajúcich sa nepôvodných smrečinách bez väčších problémov, pričom vo väčšine prípadov postačuje na dosiahnutie žiaduceho podielu tejto dreviny v následných porastoch. Ostatné primiešané dreviny (najčastejšie jedľa a buk), ktoré sa nachádzajú v materskom poraste sa prirodzene obnovujú sporadicky, ale stabilne a je ich potrebné maximálne využiť. Priaznivejšie ukazovatele pokrývnosti, a najmä vitality dosahuje prirodzená obnova týchto drevín pri maloplošnom rozpade porastov. Pri veľkoplošnom vzniku kalamitných holín sa objavujú nepriaznivé tendencie v pokrývnosti aj vitalite zmladenia týchto drevín. V poškodených porastoch alebo ich častiach s prímiesou buka a jedle je preto účelné čo najdlhšie odďaľovanie definitívneho rozpadu porastového zápoja pre podporu obnovy týchto drevín (Kulla a kol. 2009, Parobeková 2009). Spomalenie rozpadu dospelého porastu predlžuje trvanie juvenilnej a optimálnej fázy prirodzenej obnovy tienných drevín (Štefančík a kol. 2012).

V prípadoch, keď prirodzená obnova primiešaných drevín absentuje, alebo je nedostatočná je potrebné pristúpiť k realizácii podsadby (v užšom zmysle predsadby; Korpel, Saniga 1994, Röhrig a kol. 2006), alebo podsejby. Pri podsadbe sa dreviny ako jedľa, buk a cenné listnáče vysádzajú pod clonu rekonštruovaného smrekového porastu alebo do porastových medzier. Cieľom podsadby je vytvorenie zmiešaného porastu s účasťou smreka v následnej generácii, len zriedkavo sa jedná o úplnú premenu. Podsadby, predovšetkým buka sú v Európe bežnou praxou (Lüpke a kol. 2004, Oleskog, Löf 2005). Nízky podiel podsadiieb na umelej obnove lesa u nás (192 ha, t. j. < 3 % z umelej obnovy v roku 2022; zdroj NLC Zvolen) sa často zdôvodňuje rôznymi prevádzkovo-ekonomickými dôvodmi, akými sú napríklad nedostatok pracovných síl, finančných prostriedkov, vhodných sadeníc, malá šetrnosť uplatňovaných ťažbových technológií, nákladná ochrana podsadiieb najmä oplocovaním, neprehľadnosť, sťažaná evidencia a pod. Avšak práve podsadba vytvára podmienky pre uplatnenie pôvodných drevín, hlavne jedle a buka s prímiesou cenných listnáčov, v následnom poraste.

Efekty podsadiieb

Podsadba ako spôsob premeny porastov je z ekologického a ekonomického hľadiska podstatne efektívnejšia ako rýdza umelá obnova na veľkých odkrytých

kalamitných plochách. Podsadené dreviny využívajú zvyškový čas rozpadajúcej sa generácie smrekových porastov na adaptáciu a následne na výškový a hrúbkový rast, čo je zárukou bezpečnejšieho zaistenia kontinuity vývoja a vysokej ekologickej stability novovznikajúcich porastov (Saniga, Vencurik 2007, Saniga, Kucbel 2012). Pozitívne efekty podsadiet v nepôvodných smrekových porastoch sa môžu prejavovať vo viacerých smeroch. Jedná sa predovšetkým o postupné zlepšenie trofických vlastností pôd, čo zahŕňa nárast pH hodnôt, zlepšenie kvality povrchového humusu, zvýšenie pôdných živín. Perspektívne sa zvyšuje tiež odolnosť potenciál týchto porastov cez zlepšenie ich mechanickej stability, väčšiu odolnosť voči poškodeniu hmyzom, vysokými teplotami a suchom. Priblížením drevinového zloženia nepôvodných smrečín k potenciálnej vegetácii sa zároveň podporuje aj biodiverzita týchto ekosystémov. V neposlednom rade rozloženie rizika rozpadu smrekových porastov na viac drevín pôvodného zastúpenia a diferenciacia ich štruktúry sa odráža pozitívne aj v bezpečnosti produkcie následných porastov. Všetky uvedené aspekty sú v princípe hodnoverné, i keď posúdenie ich významu v konkrétnych prípadoch môže byť odlišné. Každopádne existuje široká škála medzi vysokými a nízkymi rizikami, ako aj medzi silnými a slabými stránkami tohto opatrenia. V tomto smere ešte stále disponujeme len obmedzeným množstvom spoľahlivých poznatkov (Hehn 1993, Röhrig a kol. 2006, Ammer a kol. 2008).

Plánovanie a realizácia podsadiet

Pri plánovaní podsadiet je potrebné prihliadať hlavne na vekovú štruktúru, priestorovú výstavbu a prognózu vývoja ohrozených smrekových porastov. Dôležitým rozhodovacím kritériom je však aj výška nákladov na samotnú realizáciu a ochranu podsadiet. Veková štruktúra býva zohľadňovaná predovšetkým v súvislosti s fyziologickým oslabením porastov. Z tohto pohľadu poskytujú vhodné podmienky pre realizáciu podsadiet najmä smrekové porasty vo vekovom rozpätí 50-80 rokov. Staršie porasty sú už zvyčajne značne poškodené a hrozí tu riziko ich rýchleho rozpadu. Priestorová výstavba porastov je dôležitá pre stanovenie poradia naliehavosti porastov určených na podsadbu. Prednostne je potrebné riešiť výškovo a hrúbkovo homogenizované smrekové porasty, ktoré vykazujú v porovnaní s diferencovanejšími porastami obvykle horší zdravotný stav. Čo sa týka prognózy vývoja porastov platí zásada, že čím je prognóza rozpadu smrekových porastov nepriaznivejšia o to viac sa musí urýchliť podsadba (Saniga, Dendys 2015).

Rekonštrukcie porastov predpokladajú existenciu primeranej bázy zdrojov reprodukčného materiálu, keďže v oblastiach postihnutých rozpadom smrečín je zvýšený dopyt po sadenicach. Pre ekologickú stabilitu a produkčnú schopnosť budúcich lesných porastov je mimoriadne dôležitá genetická kvalita sadeníc lesných drevín používaných pri podsadbách. S ohľadom na pôvod by preto mal byť uprednostnený miestny reprodukčný materiál, pri ktorom je predpoklad lepšej adaptácie na lokálne podmienky prostredia. Okrem genetickej kvality musí sadbový materiál použitý pre podsadby spĺňať aj požiadavky kladené na jeho morfológické, fyziologické parametre a zdravotný stav. Pre podsadby sa odporúča uprednostniť sadbový materiál vypestovaný v podmienkach zatienu (STN 48 2210). S prihliadnutím na konkurenciu prirodzenej obnovy smreka a buriny je vhodné používať skôr vyspelejšie sadenice. Z hľadiska typu sadbového materiálu

sú vhodné tak voľnokorenné ako aj krytokorenné semenáčky a sadenice.

Podsadby je možné realizovať plošne. V poškodených smrekových porastoch je však výhodnejšie na podsadby využívať nepravidelne rozmiestnené, existujúce medzery, t. z. uplatňovať skupinovú formu zmiešania drevín. To vytvára dobrý predpoklad pre diferenciáciu štruktúry následných porastov. Skupinová forma zmiešania je žiaduca zvlášť v prípade buka vzhľadom na jeho plagiotropný rast v mladosti a intenzívny laterálny rast korún pri voľnom postavení. Podsadby v porastových medzerách je pritom nutné uskutočňovať bez omeškania vzhľadom na rýchly nástup buriny alebo prirodzenej obnovy smreka. Zvlášť jedlí, ako drevine s pomalým počiatočným rastom je potrebné poskytnúť potrebnú konkurenčnú výhodu oproti iným druhom. V prípade jedle, ale aj cenných listnáčov je nevyhnutné oplotenie podsadiet alebo ich individuálna ochrana proti zveri (Hehn 1993, Wagner, Müller-Using 1997, Röhrig a kol. 2006).

Prežívanie a rast podsadiet

Prežívanie a rast podsadiet ovplyvňuje predovšetkým rozdielna miera prenikajúceho žiarenia, dostupnosti vody, živín, a tiež vnútrodruhovú a medzidruhovú konkurencia. Tieto premenné sú z veľkej časti výsledkom dynamických zmien v korunovej klenbe porastu (Walters, Reich 1996, Löff a kol. 2005). Clona smrekového porastu navyše zmiernuje klimatické extrémny vo vnútri porastu a chráni pôdu pred zaburinením. Samotné zatienenie ovplyvňuje pozitívne prirodzenú diferenciáciu obnovy a podporuje jej jemnejšie vetvenie. Optimálna regulácia hustoty stromov dospelého smrekového porastu pestovnými zásahmi preto predstavuje najdôležitejší nástroj pre usmerňovanie svetelných pomerov v porastovom vnútri, a tým aj rastu jedincov prirodzenej a umelej obnovy drevín (Chrimes, Nilson 2005, Barbier a kol. 2008).

Obnova smreka, jedle a buka je schopná prežívať pod clonou porastu aj pri relatívne nízkych hodnotách prenikajúceho žiarenia. Minimálna intenzita žiarenia potrebná pre prežívanie obnovy týchto drevín sa mení s jej vekom a pohybuje sa od 1 % pri semenáčikoch až do približne 10 % pri starších jedincoch (Szwagrzyk a kol. 2001, Jaworski 2011). Pre úspešné odrastanie obnovy je už potrebná vyššia intenzita žiarenia. Optimálne hodnoty žiarenia pre rast obnovy sa pritom líšia v závislosti od druhu dreviny. Je známe, že v podmienkach zatienenia vykazuje jedľa v porovnaní so smrekom rýchlejší rast. So zvyšujúcou sa intenzitou žiarenia sa však začína vo väčšej miere presadzovať smrek, tak ako to dokazuje štúdia Stanciou, O'Hara (2006). V horských zmiešaných lesoch rumunských Karpát títo autori zistili, že pri nízkej intenzite svetla (relatívne žiarenie < 35%) dosahovali výškové prírastky prirodzenej obnovy jedle a buka významne väčšie hodnoty ako pri smreku. Pri strednej intenzite svetla (relatívne žiarenie 35–70%) rástol smrek rovnako rýchlo ako jedľa a buk. Podobnú mieru rastu vykazovali uvedené dreviny aj pri vysokej intenzite svetla (relatívne žiarenie > 70%), v niektorých prípadoch smrek dokonca prerastal jedľu a buk. Variabilita svetelných pomerov v dolnej vrstve tak vytvára podmienky pre silný konkurenčný boj medzi jedincami obnovy. Zvlášť plošná, odrastenejšia prirodzená obnova smreka môže byť v rozpadajúcich sa smrečinách významnou prekážkou brániacou presadeniu sa jedincov iných druhov drevín. Zmladzovanie smreka je niekedy aj na nepôvodných stanovištiach také živelné, že výrazne komplikuje vnášanie ostatných cieľových drevín do budúcich

porastov a je príčinou vzniku novej generácie smrekovej monokultúry. Prírodná obnova smreka môže pri dostatku svetla konkurovať dokonca aj buku. Za takýchto okolností musí mať buk dostatočný rastový náskok, aby nebol potlačený smrekom. Pre plánovanú obnovu tienných drevín a vytvorenie diferencovanej štruktúry v týchto porastoch je preto nevyhnutné udržanie primeranej intenzity žiarenia (Hehn 1993, Kulla a kol. 2012).

Výškové prírastky odrastenejšej obnovy smreka, jedle a buka pod clonou smrekového porastu sa pohybujú obvykle v intervale 5 až 50 cm, čo predstavuje približne 5 až 20 % z výšky jedinca. Nárast hodnôt výškového prírastku jedincov obnovy je v týchto podmienkach okrem svetla spojený významne tiež s ich rastúcou výškou a relatívnou dĺžkou korún (Jaloviar a kol. 2013, Vencurik a kol. 2017).

Prežívanie a rast podsadiet závisí nie len od konkurencie jednotlivých druhov drevín v nadzemnom, ale aj v pôdnom priestore. Konkurencia koreňových systémov pôsobí na redukciu ich rastu väčšinou silnejšie ako konkurencia v nadzemnom priestore, kde rastliny súťažia v podstate o jediný zdroj, a tým je žiarenie. V pôde je to prinajmenšom 20 chemických prvkov s rôznymi vlastnosťami a rozdielnym významom pre rastliny (Casper, Jackson 1997). Na základe doterajších vedomostí panuje konsenzus, že kým konkurencia v pôde je veľkostne symetrická, v nadzemnom priestore je čiastočne alebo úplne nesymetrická (Schwinning, Weiner 1998, Rehwald, Leuschner 2009). Smrekový porast je tak v pôdnom prostredí silným konkurentom pre následný porast jedle a buka. Biomasa jemných koreňov podsadených drevín je v najvrchnejšej vrstve pôdy s najlepšou dostupnosťou živín (predovšetkým dusíka) zredukovaná v dôsledku medzidruhovej konkurencie smreka, tak ako to dokladuje štúdia Jaloviar a kol. (2018). Z výsledkov štúdie vyplýva, že interakcia koreňov smreka a podsadených drevín viedla k rozdielom vo vertikálnej distribúcii koreňov smerom k homogénnej hustote koreňov v skúmanom pôdnom profile s jasným posunom koreňov buka a jedle do hlbších vrstiev. Kumulatívne koreňové frakcie jedle a buka v horných 20 cm boli nižšie ako u smreka. Podiel koreňov smreka v hĺbke pod 20 cm nikdy neprekročil 20 %.

Výhody a riziká podsadiet

V porovnaní s obnovou na veľkých kalamitných plochách je možné zdôrazniť niekoľko výhod podsadiet. Je to predovšetkým lepšie ujímanie následnej generácie v dôsledku menších klimatických extrémov pod clonou dospelého smrekového porastu. Obmedzený vplyv konkurenčnej vegetácie a menej intenzívna pestovná starostlivosť v rastovej fáze mladiny umožňuje zníženie nákladov na pestovnú činnosť, čo možno pokladať za istú formu biologickej racionalizácie. V období zvyšujúceho sa záujmu verejnosti o obhospodarovanie lesov je potrebné vyzdvihnúť aj spoločenskú „prijateľnosť“ tohto spôsobu obnovy v kontraste s negatívne vnímanou obnovou na veľkých kalamitných plochách.

Okrem výhod však existujú aj viaceré riziká, ktoré môžu vážne ohroziť úspešnosť podsadiet. Jedným z nich je extrémne rýchly rozpad dospelého smrekového porastu, a s tým súvisiace vysoké percento strát na podsadbách v dôsledku ich mechanického poškodenia. Ďalšie riziko predstavujú neúmerne vysoké škody zverou. Zvlášť pri jelenej zveri bol v posledných rokoch zaznamenaný prudký nárast jej stavov. Efektívna realizácia podsadiet jedle a cenných listnáčov musí byť preto úzko previazaná s aktívnym manažmentom poľovnej zveri.

Záver

Záverom je potrebné zdôrazniť, že podsadba predstavuje efektívny, ale v súčasnosti málo využívaný spôsob umelej obnovy pri rekonštrukciách ohrozených smrekových porastov. Podsadby majú značný potenciál vo viacerých oblastiach Slovenska postihnutých rozpadom smrečín a preto je žiadúce ich uplatňovanie vo väčšom rozsahu.

Podakovanie

Práca vznikla s finančnou podporou grantov VEGA 1/0567/21 Optimalizácia technológií produkcie a výsadby reprodukčného materiálu lesných drevín v podmienkach klimatickej zmeny a APVV-21-0199 Dynamika štruktúry a priestorovej variability listnatých a zmiešaných pralesov a prírode blízkych lesov.

Literatúra

- Ammer C., Bickel E., Kölling C. 2008: Converting Norway spruce stands with beech - a review of arguments and techniques. *Austrian Journal of Forest Science* 125: 3–26.
- Barbier S., Gosselin F., Balandier P. 2008: Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved – A critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management* 245: 1–15.
- Bauhus J., Puettmann K.J., Kühne Ch. 2013: Close-to-nature forest management in Europe: does it support complexity and adaptability of forest ecosystems? In: Messier Ch., Puettmann K.J., Coates K.D. (eds): *Managing forests as complex adaptive systems*, 187–213.
- Boden S., Kahle H.P., Wilpert K., Spiecker H. 2014: Resilience of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) growth to changing climatic conditions in Southwest Germany. *Forest Ecology and Management* 315: 12–21.
- Bošela M., Sedmák R., Sedmáková D., Marušák R., Kulla L. 2014: Temporal shifts of climate–growth relationships of Norway spruce as an indicator of health decline in the Beskids, Slovakia. *Forest Ecology and Management* 325: 108–117.
- Casper B.B., Jackson R.B. 1997: Plant competition underground. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28: 545–570.
- Grassi G., Minotta G., Tonon G., Bagnaresi U. 2004: Dynamics of Norway spruce and silver fir natural regeneration in a mixed stand under uneven-aged management. *Canadian Journal of Forest Research* 34: 141–149.
- Hehn, M. 1993: Buchen-Vorbau in Fichten-Beständen. Dissertation Arbeit. Albert-Ludwig Universität, Freiburg, 302 s.
- Chrimes D., Nilson, K. 2005: Overstorey density influence on the height of *Picea abies* regeneration in northern Sweden. *Forestry* 78: 433–442.
- Jaloviari P., Saniga M., Kucbel S. 2013: Importance of light conditions for the height growth of underplantings in Norway spruce stands in the Oravské Beskydy Mts. *Beskydy* 6: 53–58.
- Jaloviari P., Kucbel S., Vencurik J., Kypetova M., Parobekova Z., Pittner J., Saniga M., Sedmakova D. 2018: Underplanted silver fir and common beech cause changes in root stratification and morphology in mature spruce stands. *Plant Root* 12: 21–30.
- Jaworski A. 2011: *Hodowla lasu. Charakterystyka hodowlana drzew i krzewów*

- lešných. Powszechne wydawnictwo rolnicze i leśne, Warszawa, 556 s.
- Korpeľ Š., Saniga M. 1994: Prírode blízke pestovanie lesa. Technická univerzita vo Zvolene, 158 s.
- Kulla L., Merganič J., Marušák R. 2009: Analysis of natural regeneration in declining spruce forests on the Slovak part of the Beskydy Mts. *Beskydy* 2: 51–62.
- Kulla L., Sitková Z. a kol. 2012: Rekonštrukcie nepôvodných smrekových lesov: poznatky, skúsenosti, odporúčania. Národné lesnícke centrum, Zvolen, 207 s.
- Lin C.J., Laiho O., Lähde E. 2012: Norway spruce (*Picea abies* L.) regeneration and growth of understory trees under single-tree selection silviculture in Finland. *European Journal of Forest Research* 131: 683–691.
- Löf M., Paulsson R., Rydberg D., Welander N.T. 2005: The influence of different overstory removal on planted spruce and several broadleaved tree species: survival, growth and pine weevil damage during three years. *Annals of Forest Science* 62: 237–244.
- Lüpke B., Ammer C., Bruciamacchie M., Brunner A., Ceitel J., Collet C. 2004: Silvicultural strategies for conversion. In: Spiecker H., Hansen J., Klimo E., Skovsgaard J.P., Sterba H., Teuffel K. (eds.): *Norway spruce conversion – Options and Consequences*, European Forest Institute Research Report 18. Brill NV, Leiden, Boston, 121–164.
- Oleskog G., Löf M. 2005: The ecological and silvicultural bases for underplanting beech (*Fagus sylvatica* L.) below Norway spruce shelterwoods (*Picea abies* L. Karst.). *Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt* 139, J.D. Saurländer's Verlag, Frankfurt am Main, 94 s.
- Parobeková Z. 2009: Regeneračné procesy NPR Dobročský prales. In: *Pestovanie lesa ako nástroj cielavedomého využívania potenciálu lesov*, Národné lesnícke centrum, Zvolen, 268–274.
- Rehwald B., Leuschner Ch. 2009: Belowground competition in broad-leaved temperate mixed forest: pattern analysis and experiments in four-species stand. *European Journal of Forest Research* 128: 387–398.
- Repáč I., Vencurik J. 2015: Intenzifikácia technológií zakladania lesných kultúr so zameraním na aplikáciu stimulačných prípravkov. Technická univerzita vo Zvolene, 132 s.
- Röhrig E., Bartsch N., Lüpke B. 2006: *Waldbau auf ökologischer Grundlage*. Ulmer, Stuttgart, 479 s.
- Saniga M., Dendys P. 2015: Rekonštrukcie smrekových porastov (poznatky a praktické skúsenosti). Technická univerzita vo Zvolene, 36 s.
- Saniga M., Kuchel S. 2012: Prírode blízke pestovanie lesa. Technická univerzita vo Zvolene, 70 s.
- Saniga M., Vencurik J. 2007: Dynamika štruktúry a regeneračné procesy lesov v rôznej fáze prebudovy na výberkový les v LHC Korytnica. Technická univerzita vo Zvolene, 82 s.
- Schwinning S., Weiner J. 1998: Mechanisms determining the degree of size asymmetry in competition among plants. *Oecologia* 113: 447–455.
- Stancioiu P.T., O'Hara K.L. 2006: Regeneration growth in different light environments of mixed species, multiaged, mountainous forests of Romania. *European Journal of Forest Research* 125: 151–162.

- Szwagrzyk J., Szewczyk J., Bodziarczyk J. 2001: Dynamics of seedling bank in beech forest: results of a 10-year study on germination, growth and survival. *Forest Ecology and Management* 141: 237–250.
- Štefančík I., Longauer R., Kulla L. a kol. 2012: Návrh zásad rekonštrukcií smrekových porastov vrátane návrhu praktických postupov zabezpečenia procesu reprodukcie lesa. *Národné lesnícke centrum, Zvolen*, 54 s.
- Teuffel K., Heinrich B., Baumgarten M. 2004: Present distribution of secondary Norway spruce in Europe. In: Spiecker H., Hansen J., Klimo E., Skovsgaard J.P., Sterba H., Teuffel K. (eds.): *Norway spruce conversion – Options and Consequences*, European Forest Institute Research Report 18. Brill NV, Leiden, Boston, 63–96.
- Tutka J., Sarvašová Z., Svitok R., Kovalčík M. 2008: Finančná a ekonomická stránka rekonštrukcie nepôvodných smrečín. *Výskumná správa*. 98 s.
- Vencurik J., Jaloviar P., Saniga M., Kucbel S. 2017: Rast prirodzenej a umelej obnovy vo vybraných rekonštruovaných smrekových porastoch Oravských Beskyd. *Technická univerzita vo Zvolene*, 42 s.
- Wagner, S., Müller-Using, B. 1997: Ergebnisse der Buchen-Voranbauversuche im Harz unter besonderer Berücksichtigung der Lichtökologischen Verhältnisse. *Schriftenr. LÖLF Nordrh. Westf.* 13: 17–30.
- Walters M.B., Reich P.B. 1996: Are shade tolerance, survival and growth linked? Low light and nitrogen effects on hardwood seedlings. *Ecology* 77: 841– 853.
- Zelená správa 2022: *Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2021*. Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR, 77 s.

Kontakt

doc. Ing. Jaroslav Vencurik, PhD.

TU vo Zvolene

Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta

T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

e-mail: vencurik@tuzvo.sk

ROBOT PRO PRÁCE NA OBNOVU LESA, ZALESŇOVÁNÍ A REKULTIVOVÁNÍ PŮDY

**Paweł Tylek, Józef Walczyk, Mariusz Kormanek, Grzegorz Szewczyk,
Monika Gach, Marek Szychta, Florian Adamczyk**

Abstrakt

Ruční práce v lesním hospodářství, včetně obnovy lesních dřevin sazenicemi, produkovanými v kontejnerových školkách za řízených podmínek, se obvykle provádí ručně pomocí holí pro výsadbu sazenic, což je spojeno s velmi vysokou pracností. Zavádění automatizovaných technologických systémů podporuje vyřazování lidí z těžké práce v lesnictví a je nevyhnutelné vzhledem k očekávaným demografickým a sociálním problémům, které vedou k potížím při zaměstnávání pracovníků s nízkou kvalifikací a ke zvyšování nákladů na tyto činnosti. Cílem projektu bylo vyvinout konstrukci autonomního robota a inovativní technologii pro výsadbu lesních dřevin a zalesňování rekultivované a post-zemědělské půdy. V rámci projektu byla stanovena funkčnost a limitující podmínky stroje, které umožnily vývoj virtuálního CAD-3D solid modelu platformy a pracovních modulů stroje. Moduly byly podrobeny simulačním testům, byly vyvinuty výpočtové modely a provedeny inženýrské analýzy konstrukce stroje. Na tomto základě byla vypracována technická dokumentace prototypu mobilního automatu, zpracována dokumentace a postaveny výzkumné modely platformy a pracovních jednotek automatu, které byly podrobeny provozním zkouškám v laboratorních i reálných podmínkách.

Klíčové slová

Automatizace, kontejnerové sazenice, lesní sazeč

Úvod

Realizace prací v oblasti lesního hospodářství je finančně náročná nejen díky použití techniky a technologií na úrovni ruční či ručně-strojové mechanizace, ale také díky zásadám Státní lesnické politiky (PLP). Přijetí cíle, kterým je zvýšení podílu listnatých druhů, zvýšení podílu vícedruhových porostů, zavádění listnatých podrostů, zvýšení podílu porostů starších 80 let, bude vyžadovat od všech účastníků tohoto procesu nejen vyšší kvalifikaci, ale i vyšší pracnost a náklady (Grodecki 2008). Zavádění strojů pracujících v automatickém či poloautomatickém systému je nutné s perspektivou několika let vzhledem k předpokládaným problémům zaměstnávání nízkokvalifikovaných pracovníků a také zvyšujícím se nákladům na tyto činnosti (Kocel 2013). V zemích západní Evropy, Skandinávie a Kanady se školka s krytým kořenovým systémem a poté kontejnerová školka objevila především z ekonomických důvodů. Tato technologie umožňuje větší intenzifikaci

výroby, mechanizaci a automatizaci práce, což dává měřitelné efekty v podobě nižších výrobních nákladů oproti sadbě vyráběné tradičním způsobem (Neruda 2013). V Polsku byly kontejnerové školky zavedeny z přirozených důvodů, když na konci 20. století polské lesnictví potřebovalo účinný nástroj pro obnovu lesa po požárech a rekultivaci degradovaných postindustriálních oblastí. V Polsku je tento typ produkce sazenic asi 100 mil. kusů ročně a systematicky se zvyšuje, díky rozšiřování sítě kontejnerových školek produkujících sazenice s krytým kořenovým systémem v plastových nebo polystyrenových kazetách. Tato produkce vystačí na výsadbu cca 20 tis. ha plochy za rok.

Ještě důležitějším problémem je rekultivace ploch po báňské činnosti (těžbě) sazenicemi s krytým kořenovým systémem. Zalesňování je potenciálně nejlepší strategií pro udržitelnou obnovu půdy po těžbě. V Polsku se plocha, kterou zabírá průmysl, odhaduje na cca 100 000 ha a těžbou se odhaduje na cca 45 000 hektarů, z toho 25 000 ha bylo rekultivováno zalesněním. V posledních letech roste zájem o optimální technologii rekultivací, výběr dřevin a jejich adaptaci na postindustriální oblasti. Přestože se místa po těžbě výrazně liší od těch přirozených (omezení vody a živin, narušení vztahů živin, pH půdy a silná variabilita ve vertikální a horizontální půdě), možným scénářem je na začátku procesu zalesňování ploch v oblasti těžby využití sazenic s krytým kořenovým systémem (Pietrzykowski et al. 2015).

Současné způsoby mechanizace zalesňovacích prací

Sázení v současné realitě probíhá většinou ručně, někdy se používají sázeční stroje spojené s univerzálními traktory nebo ojedinele s použitím sazečů namontovaných na vysokovýkonných nosičích, přičemž sazenice jsou vždy ručně vyjímány z kazet a vkládány do zásobníků sázečního stroje. V případě ruční práce se používají různé typy sázečních holí pro výsadbu sazenic: vyseknutí otvoru do půdy ve tvaru kořenového obalu nebo otevření půdy před vložením sazenice (trubkové hole). Pracovníci musí nosit kazety se sazenicemi. Obvykle se plochy pro ruční obnovu upravují vcelku nebo v pásech, což obnáší vysokou pracnost spojenou s přípravou půdy. Poloautomatické sázeční stroje agregované s traktory se používají při pěstování rostlin s krátkou dobou rotace, na plochách udržovaných v kultuře (zemědělství, zahradnictví) a při současném vývoji technologií vyžadují stálý servis spojený s dodávkou a sběrem sadebních kazet

Sazečky určené do obtížného terénu, pro zakládání lesních kultur, se používají téměř výhradně pro prostokořenné sazenice a vyžadují také náročnou přípravu půdy. Funkčním, příležitostně používaným řešením, je poloautomatický sázeční stroj, namontovaný na výložníku bagru nebo plošině vyvázečního vozu (Ersson 2014). V závislosti na variantě je kapacita výsadby tohoto typu zařízení 140-350 sazenic za hodinu, ale jejich ekonomická rentabilita je sporná. Zařízení tohoto typu připravují objekt ve formě kopečka a možnost výsadby je obvykle omezena na malé sazenice borovice. Zásobník pojme několik desítek sazenic. Hlavu lze prodloužit karuselovým podavačem, čímž se zvětší objem nádoby, ale sazeničkám hrozí vyschnutí a mechanické poškození, protože nádoba se pohybuje společně

s přiklepovým sázecím mechanismem (Adamczyk et al. 2022b). Poněkud podobný koncept navrhuji Japonci. V této koncepci je základním vozidlem pásový kompaktní traktor. Poloautomatická hlava je namontována na výložníku. V první fázi práce tato hlavice připraví stanoviště pomocí dvou fréz, poté pomocí trubkové hole umístí sazenici v půdě. Třetí fázi je ztuhnutí půdy pneumaticky lisovaným razidlem. Nevýhodou tohoto řešení je ruční podávání sazenic obsluhou. Sazenice jsou umístěny ve sběrači uvnitř kabiny a pneumaticky dopravovány k sázecí hlavě (Tylek et al. 2023).

Dalším řešením je chodící robot na sázení lesa. Projekt však nepřekročil koncepční fázi a navržený tahový systém v podobě pochozích podpěr, navržený dříve jako platforma pro montáž víceoperačních strojů pro těžbu dřeva, zatím nenaplnil očekávání lesníků. Vyznačuje se jedinečnou komplikací trajektorie podpěr a rozšířením řídicího systému a také větší (ve srovnání s kolovými systémy) odporem proti pohybu. Instalace sázecí hlavy na výložník navíc snižuje efektivitu spojenou s nutností sahat pro další sazenice v kontejneru. Samotný zásobník vyžaduje ruční plnění.

Konstrukční předpoklady

Ruční práce v lesním hospodářství včetně výsadby jsou zatěžující a energetický výdej pracujících lidí je velmi vysoký. Je to monotónní práce. Monotónnost a značné procento statického zatížení při práci stále více ztěžují hledání pracovníků pro výkon této práce. Únava způsobená prací navíc způsobuje, že je vykonávána nedbale. Výše energetického výdeje ve vztahu k míře náročnosti fyzické práce vykonávané během pracovní směny řadí ruční výsadbu do skupiny těžké a velmi těžké práce. Únava je také příčinou plánovaných a skrytých přestávek v práci, což snižuje efektivitu lidské práce. Vysoký podíl přestávek v pracovní směně znamená, že míra využití směn v provozní době je u technicky nevyspělých technologií relativně nízká a činí cca 70 %. Nahrazení lidské práce automatizovanou strojní prací zvýší efektivitu zalesňovacích prací a zlepší kvalitu této práce.

V souvislosti s výše uvedeným rozhodnutím č. 196 generálního ředitele Státních lesů z roku 2018 byla Zemědělské univerzitě v Krakově pověřena výzkumnou úlohou s názvem „Pojízdný stroj pro obnovu lesa a zalesňování post-zemědělských a rekultivovaných ploch (RoboFoR)“. Cílem projektu bylo vyvinout konstrukci autonomního robota a inovativní technologii pro výsadbu lesních plodin a zalesňování rekultivované a post-zemědělské půdy. Na rozdíl od klasických metod výsadby, výhody navrhovaného inovativního automatizovaného systému jsou (Adamczyk et al. 2019, Tylek et al. 2020):

1. odstranění ruční práce - zaměstnanec pouze dálkově ovládá stroj,
2. zvýšení účinnosti - prodloužení provozních dob, výběr optimální trajektorie jízdy,
3. snížení energetických vstupů - odstranění povrchové přípravy půdy pro vytvoření jamek,
4. zkrácení technologického postupu - zakládání porostů se sazenicemi

- pěstovanými ve standardních kazetách,
5. zvýšení efektivity pěstování související se snížením stresu po výsadbě, eliminací dřívějšího vyjímání sazenic z kazet, které způsobuje vysychání a tříštění kořenového obalu, a optimalizace vertikalizace sazenice a zhutnění půdy vedle kořenového obalu,
 6. přizpůsobení pro práci v neupraveném a strmém terénu - použití družicových navigačních systémů a automatické nivelace sazečního stroje,
 7. potenciál rozšíření systému.

Podle předpokladů bude mít robot:

1. samonivelační trakční systém,
2. satelitní navigační systém, který podporuje autonomní navigaci v neobdělávaných oblastech a výběr míst pro výsadbu,
3. mechanismus pro přípravu půdy,
4. výsadbové zařízení,
5. inteligentní robotické rameno, tj. fungující podle algoritmických postupů, přivádějící sazenice z kazet do výsadbového zařízení,
6. sklad kazet s automatizovaným přepravníkem kazet,
7. kompaktní diesel-hydraulická pohonná jednotka s elektrohydraulickým řídicím systémem,
8. modul měření a řízení,
9. bezdrátový systém dálkového ovládní.

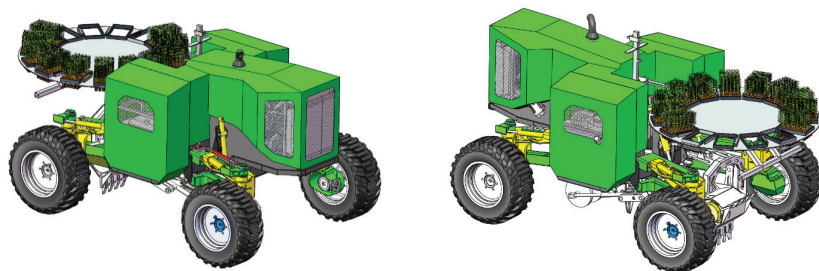
Virtuální CAD-3D model automatu

Vypracovaný koncepční model mobilního stroje pro práce při obnově lesa a zalesňování post-zemědělských a rekultivovaných ploch sazenicemi s krytým kořenovým systémem je na obr. 1.

Stroj se skládá z:

1. pojezdová plošina s inovativním systémem adaptivního odpružení a automatickým vyrovnávacím systémem;
2. pracovní jednotky stroje: příprava místa, výsadba a zatlačování kořenových balů;
3. jednotka pro podávání sazenic (manipulátor) se skladem sazenic (Adamczyk et al. 2022a).

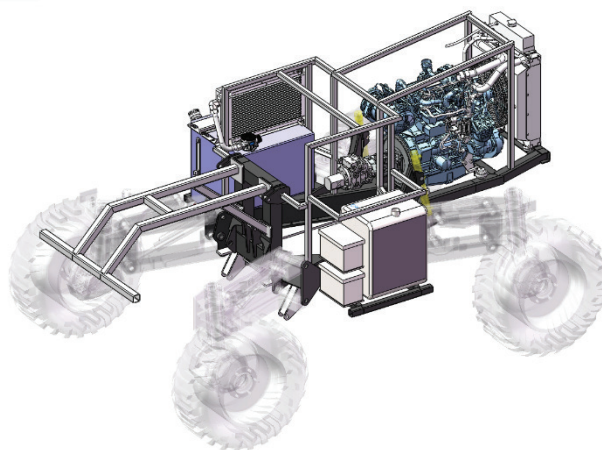
V rámci projektu byl vybrán a zpracován objemový model vyvinutý v rámci 1. etapy projektu a byly vypracovány detaily řešení konstrukčních uzlů. Výsledkem práce je model konstrukce mobilního automatu (obr. 1), který se nakonec skládá z těchto základních sestav: nosný rám, pojezd (obr. 2), pohonný systém (obr. 3), pracovní jednotky (obr. 4), sklad s podávacím systémem (obr. 5).



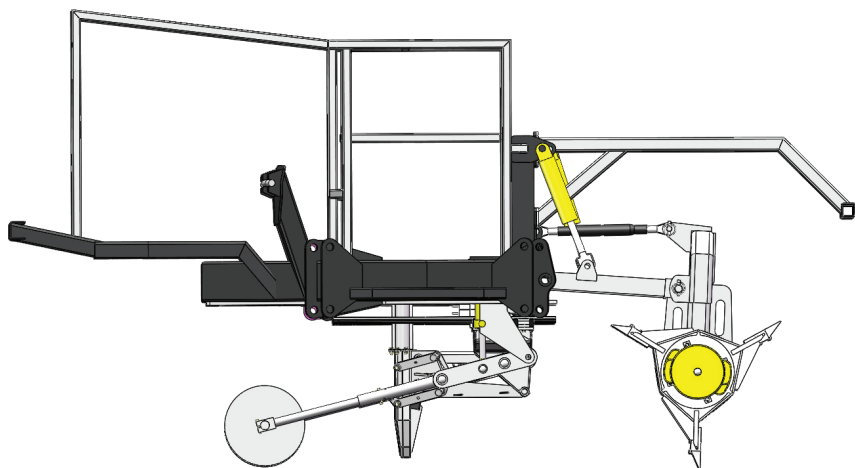
Obr. 1 CAD3D model mobilního automatu



Obr. 2 CAD3D model plošinového podvozku



Obr. 3 CAD3D model hnací plošiny - celkový pohled na hnací prvek



Obr. 4 CAD3D model pracovních modulů stroje

Sestavu pracovních modulů (Obr. 4.) tvoří: jednotka pro přípravu objektu, jejímž pracovním prvkem je třízubý val, namontovaný na závěsném systému nástroje umístěném v přední části stroje; sázečí jednotka sestávající z výkyvné sázečí tyče, připevněné pomocí dvojité vahadla k vozíku, pohybujícímu se podél lineárních vodítek; lisovací jednotka, která se skládá ze dvou nezávislých lisovacích kol na vahadlech otočně upevněných k rámu a ovládaných dvěma hydraulickými válci (Tylek et al. 2021).

Plošina stroje je vybavena čtyřmi nezávisle otočnými a nezávisle poháněnými koly, zajišťujícími možnost:

1. přímočarý pohyb - dopředu a dozadu;
2. zatáčení za jízdy otáčením dvou kol jedné nápravy;
3. ostré zatáčky za jízdy otáčením všech čtyř kol;
4. otáčení na místě otáčením čtyř kol proti sobě.

Podle předpokládané účinnosti stroj pracuje za jízdy (bez zastavení), s co nejlepší vertikalizací sazenice. Hlavním prvkem sázečí jednotky je trubka tvořená dvěma čelistmi kyvně připevněnými k válci a otevíranými akčním členem. Vozík s obsluhou je posuvně uložen na rámu plošiny stroje a posouván pomocí aktuátoru, který umožňuje horizontální posun sázečí jednotky vůči rámu při pohybu (pojezdu) celého stroje.

Jednotka, která po vložení do jamky přitlačí kořenový bal sazenice, se skládá z lisovacích kol, ramen a hydraulických válců. Kompaktní kola o průměru cca 400 mm, uspořádaná šikmo k zemi, způsobí nahrnování zeminy do místa, kde půda není utužena, se současným zhutněním spojeným s přitlačením kořenového balu sazenice k zemi. Přitlačná kola mohou pracovat samostatně, kopírovat terén, ale i pracovat synchronně. Spojkami lisovacích kol s nosným rámem jsou dvě ramena. Velikost upínací síly a zvedací funkce agregátu při jízdě bez sázení nebo přes překážku se provádí pomocí dvojitých hydraulických válců.



Obr. 5 Pohled na CAD-3D model sestavy manipulátoru namontované na vozidle

Manipulační tým provádí činnosti od uchopení sazenice umístěné v kazetě umístěné na otočném dávkovacím stole až po její vypuštění do sazečního potrubí. Sazenice zachycené rameny chapadla jsou zvednuty do výšky, která umožňuje vytažení celého kořenového balu z kazety. Sazenice vyjmuté z kazety jsou přeneseny do kanálů vyrovnávací jednotky. Kanály naplněné sazenicemi se pohybují směrem k vtoku do potrubí, kde se otevře vyrovnávací kanál a sazenice se gravitačně spustí (Tadeusiewicz et al. 2022).

Konstrukce funkčního modelu automatu

Z prvků vyrobených Střediskem lesnické techniky v Jarocine a zakoupených od externích výrobců, byla sestavena sázečí jednotka a plošina (obr. 6 a 7). V dalších krocích byla plošina vybavena pohonnou jednotkou spolu s příslušenstvím, kryty, dále hydraulickými a pneumatickými pohony spolu se systémem dálkového ovládání.



Obr. 6 Sestavený výzkumný model saze e se systémem silové hydrauliky



Obr. 7 Mobilní platforma automatického sázecího stroje při funkčních zkouškách



Obr. 8 Vjezd na přepravní přívěs

Vybudované výzkumné modely plošiny a pracovních jednotek stroje byly podrobeny provozním zkouškám v laboratorních i reálných podmínkách. Byl naprogramován ovladač adaptivního manipulátoru pro vybírání sazenic z kontejnerů a byly provedeny funkční a provozní zkoušky této jednotky a její spolupráce s mobilním strojem. Byly zkonstruovány a naprogramovány systémy dálkového ovládání a satelitní navigace. Posuzována byla ergonomie konstrukce stroje a uživatelské rozhraní. Pro ověření výpočtových modelů a posouzení životnosti konstrukce byly provedeny experimentální zkoušky platformy automatu s využitím odporových tenzometrických metod. Ovládání trakčního systému bylo testováno v různých polních podmínkách (obr. 8-10).

Provoz stroje byl testován v polních podmínkách na pozemcích udržovaných v kultuře a v podmínkách lesního pozemku: na povrchu s roztrášenými zbytky po těžbě a s větvemi ponechanými v silně zaplevelené oblasti.



Obr. 9 Jízda po zpevněné cestě



Obr. 10 Jízda na obnovovaném povrchu za ztížených povětrnostních podmínek

Na obrázcích 11-13 jsou znázorněny prvky zasobovacích a sázecích jednotek při polních pracích s využitím automatického režimu.



Obr. 11 Zaplněný sklad sazenic během zkoušek na ploše obnovy



Obr.12 Sazenice smrku odebrané z kazet systémem chapadel



Obr. 13 Smrkové sazenice umístěné v zásobníku

Výsledky prováděného základního výzkumu, výzkumu a vývoje a průmyslových prací dávají široké spektrum aplikačních aktivit. Zároveň je třeba poznamenat, že realizačním aktivitám musí předcházet řada předimplementačních prací, které umožní dovést řešení, které je předmětem projektu, do fáze, kdy je možné jej komercializovat:

1. podrobný průzkum domácího a zahraničního trhu,
2. vícenásobné hodnocení pěstitelské úspěšnosti obnov provedených s použitím nové technologie,
3. vývoj předvoleb (výchozích sekvencí) pro fungování stroje v závislosti na terénu a půdních podmínkách, vlhkosti půdy, terénu, typu sadebního materiálu, stáří a biometrických vlastnostech sazenic,
4. zjednodušení procesu ovládání a provozu, jakož i detekce abnormálních situací,
5. certifikace zařízení,
6. vypracování servisní příručky,
7. vypracování uživatelské příručky a příprava školicího cyklu pro potenciální uživatele konečného produktu.

Literatúra

- Adamczyk F., Wojciechowski J., Tylek P., Sowa J. M., Walczyk J., Tadeusiewicz R. 2019: The Concept of Construction of a Mobile Automatic Device for Forest Regeneration Tasks and Afforestation of Former Farmland and Reclaimed Areas, [w:] Farm Machinery and Processes Management in Sustainable Agriculture: X International Scientific Symposium FMPMSA 2019, Lorencowicz E., Uziak J., Huyghebaert B. (red.), ISBN 978-83-66017-74-0, ss. 13-18, DOI:10.24326/fmpmsa.2019.1
- Adamczyk F., Szychta M., Tylek P., Szewczyk G. 2022a. Automatyka wspiera uprawy leśne. Logistyka nr 1, 34–35.
- Adamczyk F., Szychta M., Wojciechowski J., Danielak M., Sobocki S., Szaroleta M., Kapela D., Szulc T., Tylek P., Walczyk J., Szewczyk G., Leszczyński K., Sowa J.M., Kielbasa P., Juliszewski T., Tadeusiewicz R., Bambrowicz M., Nieciąg S.: 2022b. Automatyzacja procesu sadzenia drzew leśnych z zakrytym systemem korzeniowym na przykładzie modelu badawczego automatycznego robota do zakładania upraw leśnych. Technika rolnicza, ogrodnicza, leśna nr 2: 25–30.
- Ersson B.T. 2014: Concepts for mechanized tree planting in southern Sweden, Acta Universitatis agriculturae Sueciae, 76, Faculty of Forest Sciences, Department of Forest Biomaterials and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå.
- Grodecki J. 2008: Usługi leśne – co dalej? Drwal, 1 (32): 14–16.
- Kocel J. 2013: Firmy leśne w Polsce. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Warszawa. ISBN 978-83-61633-94-5.
- Neruda i in. 2013: Technika a technologie v lesnictví. Lesnická a dřevařská fakulta. Mendelova univerzita v Brně.

- Pietrzykowski M., Socha J. and N. S. van Doorn: 2015: Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) site index in relation to physico-chemical and biological properties in reclaimed mine soils. *New Forests*, 46: 247–266.
- Tadeusiewicz R., Tylek P., Adamczyk F., Pietrzykowski M., Szewczyk G., Szychta, Kielbasa P., Sobacki S., Danielak M., Juliszewski T., Sowa J.M., Walczyk J., Gościańska-Łowińska J. 2022: RoboFoR - automat do sadzenia drzew. Podstawowe moduły i właściwości funkcjonalne. [w:] Seria wydawnicza AGH, Nauka - Technika - Technologia, tom 6, Wydawnictwa AGH, 119–136. ISBN 978-83-67427-15-9. DOI: <https://doi.org/10.7494/978-83-67427-15-9>
- Tylek P., Szewczyk G., Kormanek M., Walczyk J., M. Sowa J.M., Pietrzykowski M., Woś B., Kielbasa P., Juliszewski T., Tadeusiewicz R., Adamczyk F., Danielak M., Wojciechowski J., Szczepaniak J., Szychta M., Szulc T. 2023: Design of a planting module for an automatic device for forest regeneration. *Croatian Journal of Forest Engineering* 44 (1): 203–215. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2023.1722>
- Tylek P., Walczyk J., Sowa J. M., Szewczyk G., Kormanek M., Pietrzykowski M., Juliszewski T., Kielbasa P., Szychta M., Adamczyk F., Szczepaniak J., Szulc T., Tadeusiewicz R. 2020: Koncepcja automatycznej sadzarki do sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym. [w:] *Nowoczesne technologie i inżynieria w zrównoważonym użytkowaniu lasu*, Klamerus-Iwan A. (red.), 451–464. ISBN 978-83-66602-04-5.
- Tylek P., Wojciechowski J., Adamczyk F., Szychta M., Walczyk J., Szewczyk G., Kielbasa P., Kormanek M., Mateusiak Ł. 2021: Drive and hydraulic control of the planting module of the automatic forestry planter. [W:] *Mobilné energetické prostriedky – Hydraulika – Životné prostredie – Ergonómia mobilnych strojov*. Technická Univerzita vo Zvolene, 242–250. ISBN 978-80-228-3279-3

Kontakt

Assist. prof. Paweł Tylek, PhD

Prof. Józef Walczyk, PhD

Assist. prof. Mariusz Kormanek, PhD

Assist. prof. Grzegorz Szewczyk, PhD

Monika Gach, MSc

University of Agriculture in Cracow, Faculty of Forestry

Department of Forest Utilization, Engineering and Forest Techniques

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

e-mail: pawel.tylek@urk.edu.pl

Marek Szychta, MSc

Assist. prof. Florian Adamczyk, PhD

Łukasiewicz Research Network - Poznań Institute of Technology

Center of Agricultural and Food Technology

ul. Starołęcka 31, 60-963 Poznań, POLAND

VÝCHOVA PORASTOV AKO VÝZNAMNÝ NÁSTROJ OBHOSPODAROVANIA LESOV

Igor Štefančík

Abstrakt

Výchova lesných porastov patrí medzi najdôležitejšie pestovné opatrenia, ktorých cieľom je usmerňovanie ich rastu a vývoja pri súčasnom zabezpečení požadovaných funkcií lesa. V príspevku sa uvádzajú konkrétne príklady vplyvu výchovy na rôzne charakteristiky lesných porastov na základe vlastných výsledkov dlhodobého výskumu metódou trvalých výskumných plôch v nezmiešaných aj zmiešaných lesných porastoch Slovenska. Porovnávali sa hodnoty sledovaných kvantitatívnych a kvalitatívnych znakov a parametrov v porastoch s dvoma rozdielnymi spôsobmi dlhodober výchovy (silná podúrovňová prebierka, Štefančíkova úrovňová voľná prebierka) s porastami bez výchovy. Všeobecne sa potvrdili priaznivejšie výsledky na obidvoch plochách so systematickou dlhodobou výchovou (najlepšie pre Štefančíkovu úrovňovú voľnú prebierku) v porovnaní s kontrolnými plochami (bez výchovy).

Kľúčové slová

cieľové stromy, hodnotová produkcia, kvantitatívna produkcia, kvalitatívna produkcia, štruktúra porastov

Úvod

Každý les po svojom vzniku (prirodzenou, umelou alebo kombinovanou obnovou) rastie a vyvíja sa podľa určitých zákonitostí, ktoré podľa svojich predstáv a požiadaviek viac alebo menej usmerňuje človek zasahovaním do jeho vývoja. Možno to dosiahnuť takými opatreniami a činnosťami, v rámci ktorých sa systematicky a cielavedome ovplyvňujú (usmerňujú) rastové procesy stromov (časti porastu) alebo celého lesného porastu tak, aby sa bezpečne a hospodárne dosiahli prevádzkové ciele pri súčasnom zabezpečení požadovaných funkčných účinkov.

Uskutočňuje sa to prostredníctvom výchovy lesných porastov, ktorá je jednou z najdôležitejších činností v rámci obhospodarovania lesa, resp. má kľúčový význam pre vývoj každého lesného porastu, lebo spravidla zaberá viac ako polovicu rubného veku porastu, t.zn. 60 až 70 rokov, pri jeho predpokladanej 100 až 120 ročnej existencii. Prakticky sa výchova lesných porastov uskutočňuje výchovnými zásahmi, ktoré sa vykonávajú podľa určitých zásad, metód a postupov. Dôležitá je

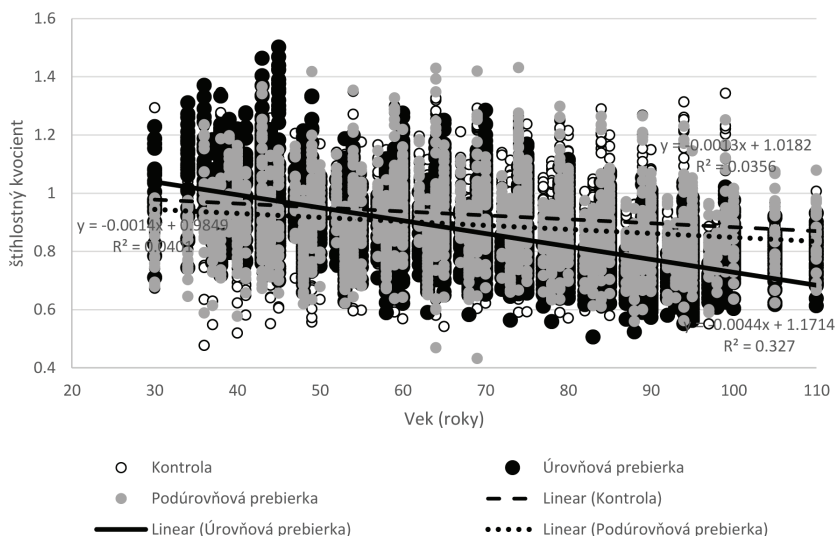
skutočnosť, že lesné porasty na zmenu podmienok prostredia najúčinnšie reagujú v mladom veku, resp. v počiatočných fázach svojho rastu a vývoja. Preto aj výchova porastov má svoj osobitný význam najmä v mladších rastových fázach, kedy sa rozhoduje napr. o statickej stabilite porastov (najmä pri ihličnatých drevinách), ktorú je už veľmi ťažko významnejšie ovplyvniť neskôr. Okrem statickej stability sa výchovou významne usmerňuje vývoj porastov aj z ďalších aspektov. Z tých najdôležitejších možno spomenúť:

- Vplyv výchovy na štruktúru porastov
- Vplyv výchovy na vývoj korún stromov
- Vplyv výchovy na kvalitatívnu a hodnotovú produkciu porastov
- Vplyv výchovy na rast, vývoj a produkciu porastov
- Vplyv výchovy na obnovu porastov
- Vplyv výchovy na biodiverzitu zmiešaných porastov
- Vplyv výchovy na prirodzenú mortalitu porastov
- Vplyv výchovy na zdravotný stav porastov a rozsiahle hynutie smrečín
- Vplyv výchovy na rekonštrukcie smrekových porastov
- Vplyv výchovy na prebudovu k prírode blízkeho hospodáreniu v lesov (PBHL)

Vplyv výchovy na statickú stabilitu

Cieľom výchovy porastov je zabezpečiť statickú stabilitu, aby porasty odolali nepriaznivým abiotickým škodlivým činiteľom (najčastejšie vetru alebo snehu). Včasná a systematická výchova je osobitne dôležitá v smrekových (ihličnatých) porastoch (Konôpka et al. 1987), ktoré sú abiotickými škodlivými činiteľmi viac ohrozené v porovnaní s listnatými drevinami (Stolina et al. 1985). Dokazujú to údaje o náhodných ťažbách na Slovensku za posledných 20 rokov (Kunca et al. 2019). Statická stabilita sa posudzuje prostredníctvom rôznych parametrov, ale najčastejšie sa charakterizuje hodnotou štíhlostného kvocientu ako pomeru výšky stromu k hrúbke $d_{1,3}$ (Slodičák, Novák 2003, 2006; Bošeľa et al. 2014; Sharma et al. 2016).

Dôležitou skutočnosťou pri výchove porastov je metóda, ktorou možno dosiahnuť priaznivú statickú stabilitu porastu. V tejto súvislosti sme vyhodnotili výsledky dlhoročného výskumu statickej stability bukových porastov. Sledovali a porovnali sme vplyv silnej podúrovňovej prebierky (C – stupeň podľa Nemeckých výskumných ústavov lesníckych 1902), Štefančíkovej úrovňovej voľnej prebierky (Štefančík 1984) a kontrolných plôch (bez zásahov) v závislosti od veku (obr.1). Z uvedeného obrázku vyplýva, že najnižšie hodnoty štíhlostného kvocientu sa dosiahli aplikovaním úrovňovej voľnej prebierky od veku 60 rokov. To znamená, že dovtedajšia systematická výchova sa prejavila vo veku zvyšujúceho sa až kulminujúceho hrúbkového prírastku.

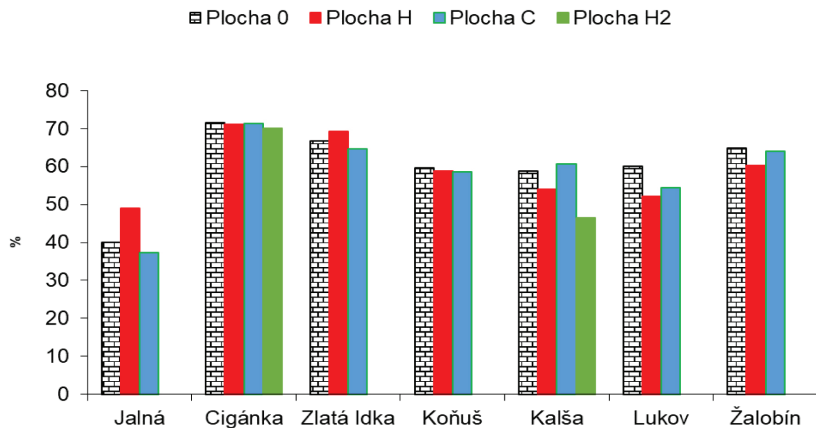


Obr.1: Závislosť štrhlostného kvocientu od veku bukových porastov

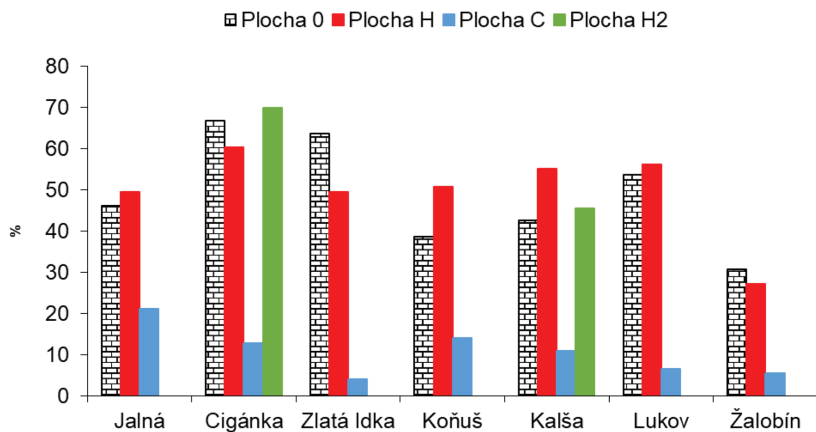
Vplyv výchovy na štruktúru porastov

Štruktúru porastu reprezentuje súhrn všetkých kvantitatívnych alebo kvalitatívnych znakov, ktoré charakterizujú jeho vnútorné zloženie. V pestovaní lesov sa najčastejšie rozlišuje štruktúra veková, drevinová, výšková, hrúbková a priestorová. Všeobecne sa pokladá za významný ukazovateľ vývoja porastov. Štruktúre porastu sa venuje značná pozornosť aj z hľadiska biodiverzity (v zmiešaných porastoch), ale najmä z pohľadu stability (statickej i ekologickej). Štruktúra (osobitne výšková a hrúbková) lesných porastov závisí od viacerých faktorov ako sú druh dreviny (slnné, polotienne a tienne), kvalita stanovišta (živné, kyslé), pôvod jedinca (semenný, výmladkový), postavenie jedinca v poraste (nadúrovňový, podúrovňový), klimatických podmienok a tiež poškodenia biotickými a abiotickými činiteľmi (Šebík, Polák 1990). Okrem toho je štruktúra porastu ovplyvnená aj zásahmi (výchovou), ktoré majú rozdielny dopad podľa druhu a intenzity. V dôsledku toho je aj štruktúra človekom manažovaných porastov zvyčajne odlišná od prírodných lesov, aj keď v ostatnom období prevláda snaha o priblíženie štruktúry uvedenému etalónu.

Výškovú štruktúru sme dlhodobo sledovali na 7 trvalých výskumných plochách (TVP) v bukových porastoch Slovenska (rovnako ako pri statickej stabilite) (Obr.2 a 3). Štruktúru sme vyhodnotili zaradením každého jedinca do stromovej (vzrastovej) triedy a vyjadrili sme ju ako relatívny podiel úrovne porastu (1. a 2. vzrastová trieda), resp. podúrovne porastu (3. až 5. vzrastová trieda). Opäť sme porovnali 3 spôsoby manažmentu (0 – kontrola, H a H2 – Štefančíkova úrovňová voľná prebierka, C – silná podúrovňová prebierka, C stupeň podľa Nemeckých výskumných ústavov lesníckych 1902).

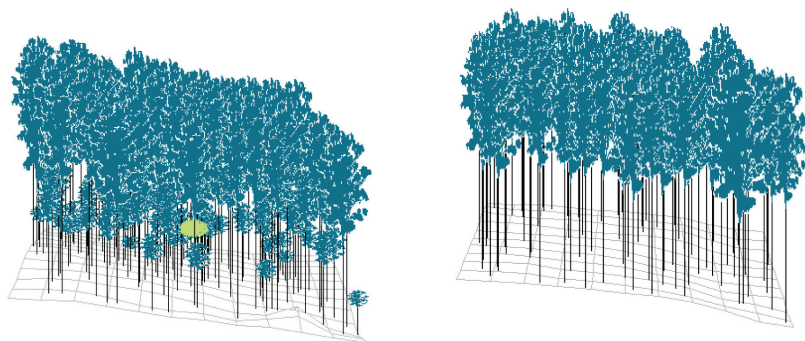


Obr.2: Podiel jedincov v podúrovni porastov na začiatku výskumu



Obr.3: Podiel jedincov v podúrovni porastov pri poslednom meraní

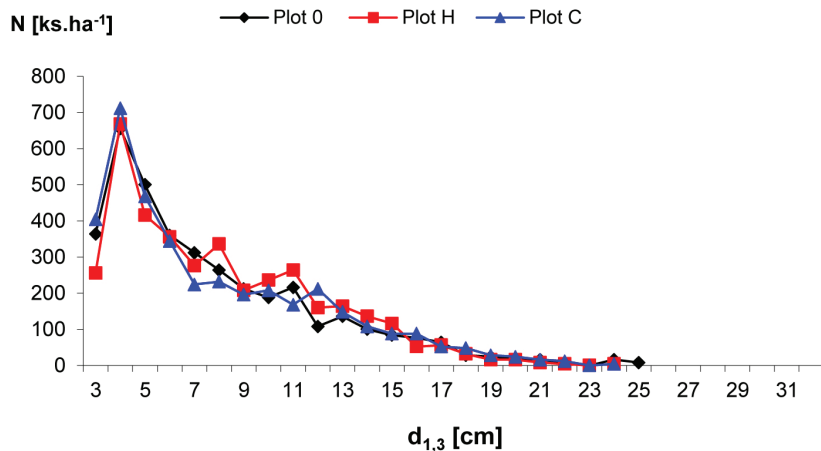
Na začiatku výskumu boli rozdiely medzi jednotlivými TVP minimálne (obr.2), lebo dovtedy sa na nich nevykonávali prakticky žiadne zásahy zo strany prevádzky. Z uvedených výsledkov vyplývajú podstatné zmeny vo výškovej štruktúre porastov po dlhodobej (vyše 50 ročnej) výchove (obr.3) v neprospech silnej podúrovňovej prebierky, kde je zastúpenie podúrovne niekoľko násobne nižšie (prípadne chýba úplne) v porovnaní s kontrolou a plochou s úrovňovou voľnou prebierkou, čo vedie k výškovej nivelizácii porastov (obr.4). Treba pripomenúť, že aj v bukových porastoch má podúroveň značný význam z ekologického i pestovateľského aspektu. Jej výskyt prispieva k požadovanej výškovej diferenciacii a jej paušálne odstraňovanie najmä v mladších rastových fázach (tzv. pucovky) považujeme v bukových porastoch za nežiaduce a zbytočné. Zaujímavá je skutočnosť, že na plochách s dlhodobou výchovou Štefančíkovou úrovňovou voľnou prebierkou sa výšková štruktúra len málo odlišovala od kontrolných plôch bez zásahu, ktoré možno v istom zmysle považovať za „prírodný les“.



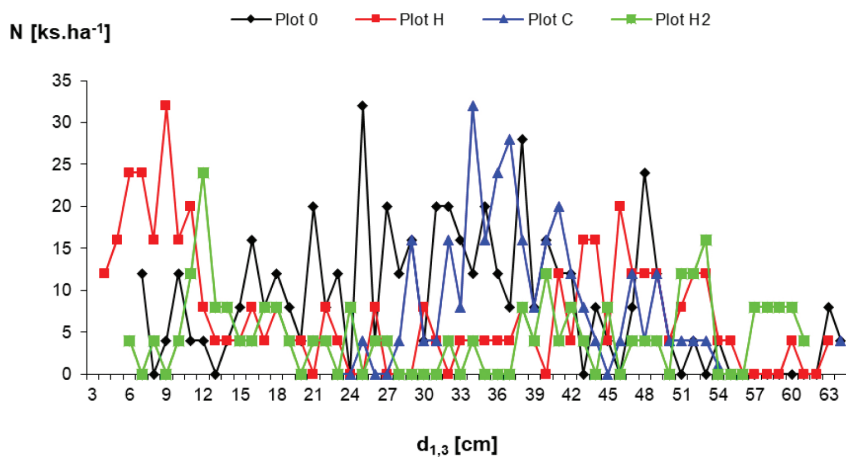
Obr.4: Porastová štruktúra na ploche so Štefančíkovou úrovňovou prebierkou (vľavo) a silnou podúrovňovou prebierkou (vpravo) po 53 ročnej výchove.

Rovnaké zistenie sa prejavilo aj pri analýze hrúbkovej štruktúry na predmetných TVP, ktoré predstavujú rozdielne spôsoby výchovy, resp. manažmentu. Pri úrovňovej prebierke a kontrole sú zastúpené prakticky všetky hrúbkové stupne na rozdiel od silnej podúrovňovej prebierky, kde sa vyskytujú len hrubšie jedince (obr.5), resp. tenšie podúrovňové chýbajú. Vidno, že hrúbková štruktúra pri Štefančíkovej úrovňovej voľnej prebierke i kontrole sa vyznačuje oveľa lepšou hrúbkovou diferenciaciou ako pri silnej podúrovňovej prebierke.

TVP Kalša 1961



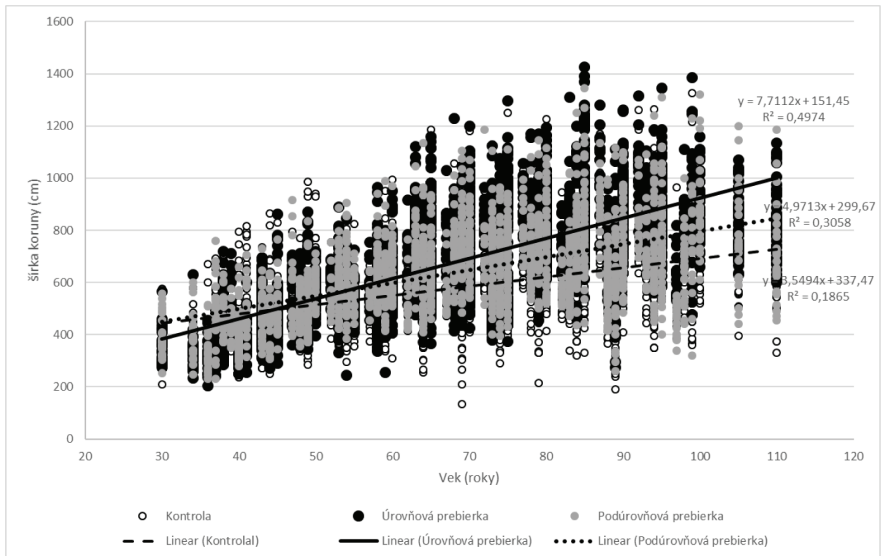
TVP Kalša 2019



Obr.5: Hrúbkové početnosti na TVP Kalša na začiatku výskumu a pri poslednom meraní

Vplyv výchovy na vývoj korún stromov

Koruna stromov je ďalším významným ukazovateľom výchovy osobitne listnatých porastov. Zásahmi v úrovni porastu ovplyvňujeme veľkosť korún tým, že odstraňujeme konkurenčné jedince tak, aby sa formovala primerane veľká, ale najmä pravidelná koruna. To má zásadný význam pri regulovaní hrúbkového prírastku jedincov. Všeobecne platí, že čím je väčšia koruna tým väčší je asimilačný aparát, čo je predpokladom väčšieho hrúbkového prírastku stromu. Okrem toho je tiež známy poznatok o väčšom hrúbkovom prírastku na hrubších jedincoch (Šmelko et al. 1992). S tým súvisí vek porastov, čo pri správnej výchove potvrdzujú výsledky dlhodobých výskumov (obr.6). Pri porovnaní troch režimov manažmentu (bez výchovy, silná podúrovňová prebierka, úrovňová voľná prebierka) sme opäť najlepšie výsledky zistili pri Štefančíkovej úrovňovej voľnej prebierke.



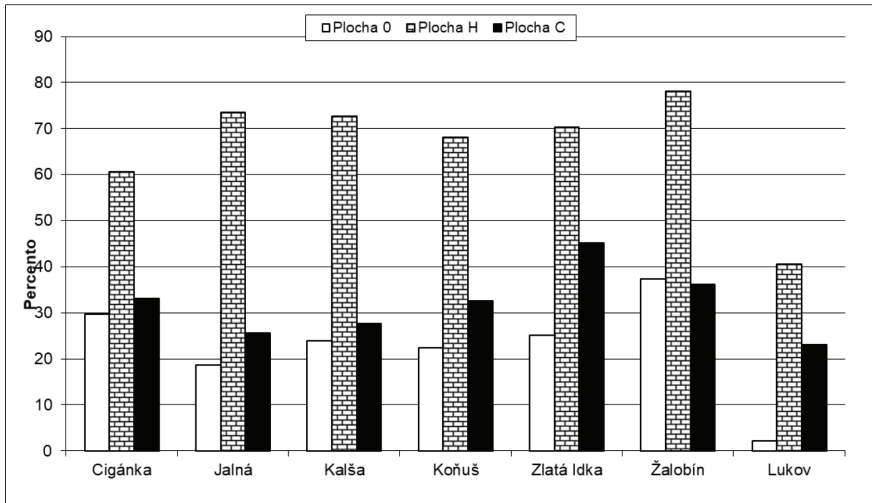
Obr.6: Závislosť šírky korún bukového porastu od veku

Vplyv výchovy na kvalitatívnu a hodnotovú produkciu

V tejto súvislosti kľúčovú úlohu zohrávajú tzv. **cieľové stromy (CS)**, ktoré sú hlavným nositeľom kvantitatívnej a predovšetkým kvalitatívnej produkcie v prebierkových porastoch. Ide o najkvalitnejšie a spravidla aj najhrubšie jedince porastu, ktoré sa vyberajú (určujú) podľa presných kritérií (Štefančík 1984). Teória rozlišuje najskôr kategóriu tzv. nádejných stromov vo fáze žrdkovín, resp. neskôr v žrdovinách až kmeňovinách kategóriu cieľových stromov. Počet nádejných stromov je približne dvojnásobný ako počet cieľových stromov, nakoľko tvoria akúsi rezervu, lebo nie každý nádejný strom sa stane aj cieľovým.

Možno konštatovať, že práve počet cieľových stromov na hektár je dôležitým ukazovateľom kvalitatívnej produkcie, pretože z týchto jedincov sa získajú

najkvalitnejšie sortimenty s najvyššou predajnou cenou, resp. hodnotovou produkciou porastu. Podiel CS z hlavného porastu buka lesného podľa objemu hrubiny (Obr.7) zisteného pri poslednom meraní potvrdil najvyššie percento pre Štefančíkovú úrovnňovú voľnú prebierku (Plocha H) a najmenší podiel pre kontrolnú plochu 0 (bez zásahov).

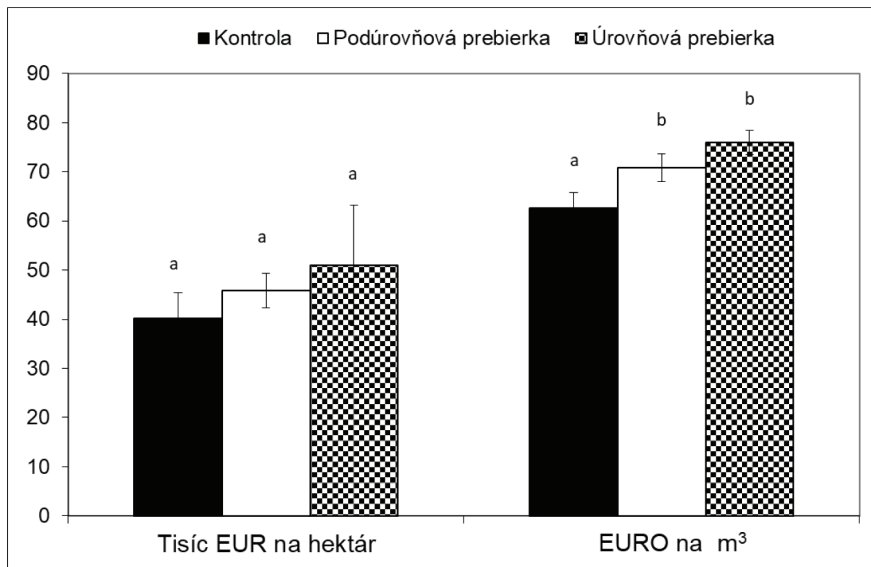


Obr.7: Podiel cieľových stromov buka lesného z hlavného porastu podľa objemu hrubiny vo veku 83 až 105 rokov



Obr.8: Priestorové rozmiestnenie cieľových stromov tvorí kostru porastu významnú z hľadiska statickej stability porastu

Počet a pestovanie CS nie je samoúčelné, ale má veľký význam jednak z hľadiska statickej stability, keďže CS fungujú ako kostra porastu, nakoľko ju tvoria najhrubšie a najvyššie jedince (Obr.8). Okrem toho nie je zanedbateľná tiež finančná stránka vyjadrená **hodnotovou produkciou**, ktorá je opäť najvyššia pri Štefančíkovej úrovňovej voľnej prebierke (Obr.9). Dopestovanie vyššieho počtu CS znamená aj vyšší finančný efekt z predaja najcennejších sortimentov, ktoré spravidla CS dosahujú.



Obr.9: Hodnotová produkcia podľa rozdielneho manažmentu (Štefančík et al. 2018)
Poznámka: Rozdielne písmená znamenajú štatisticky významný rozdiel ($p < 0.05$)

Vplyv výchovy na biodiverzitu zmiešaných porastov

V zmiešaných porastoch výchovnými zásahmi regulujeme drevinové zloženie, ktoré by malo byť v súlade s cieľovým drevinovým zložením v zmysle aktuálneho Programu starostlivosti o lesy (PSL). Totiž prirodzený vývoj drevinového zloženia, t.zn. bez výchovných zásahov sa môže viac-menej odchyľovať od toho požadovaného (modelového). V tab.1 uvádzame zmeny drevinového zloženia na sérii trvalých výskumných plôch (kontrolné plochy bez zásahov) v zmiešaných smrekovo-jedľovo-bukových porastoch za obdobie 45 až 50 rokov, ktoré sme porovnali s výhľadovým cieľom pre konkrétny lesný typ podľa Hančínskeho (1972) a modelmi obhospodarovania lesa podľa Rizmana et al. (2007).

TVP	Vek	Smrek	Vek	Jedľa	Vek	Buk	Vek	Javor horský	Ostatné
Stará Píla I	17	16,1	17	33,9	15	50,0	-	-	-
	63	5,1	63	18,9	61	75,5	-	-	0,5
Stará Píla II	17	19,6	19	60,1	15	19,6	-	-	0,7
	63	26,8	65	30,1	61	31,1	-	7,9	4,1
Motyčky	46	15,7	41	50,9	48	23,5	-	7,3	2,6
	91	18,8	86	20,8	93	47,8	-	11,0	1,6
Korytnica I	58	24,3	50	25,3	50	46,2	-	3,3	0,9
	108	30,6	100	17,8	100	48,0	-	3,6	-
Korytnica III	58	16,3	50	17,1	50	55,7	-	10,9	-
	108	22,6	100	10,5	100	54,4	-	12,5	-
Hrable	80	3,0	82	24,3	74	59,8	-	-	12,9
	130	-	132	17,9	124	80,5	-	0,7	0,9

Tabuľka 1: Percentuálne zastúpenie drevín podľa kruhovej základne na sledovaných kontrolných trvalých výskumných plochách (TVP)

Na všetkých TVP sme zistili určité odchýlky od požadovaného drevinového zloženia, najmä vyšším zastúpením buka lesného na úkor smreka obyčajného, a na niektorých plochách aj na úkor jedle bielej a cenných listnáčov (javor horský, brest horský). Zistené zmeny v zastúpení drevín potvrdili známu skutočnosť o celkovom ústupe jedle bielej z lesných porastov v ostatných desaťročiach. Ďalšou príčinou je tiež silná konkurenčná schopnosť buka voči iným drevinám v oblastiach svojho rastového optima (živné stanovišťa, nadmorská výška 400-700 m). K rozdielnej tolerancii drevín prispievajú tiež účinky klimatickej zmeny. Uvedené zmeny drevinového zloženia možno ovplyvňovať jedine cieľavedomou výchovou tak, aby sa čo najviac priblížili k modelom cieľového drevinového zloženia lesných porastov.

Záver

Z porovnania štruktúry (výškovej a hrúbkovej), vývoja šírky korún, kvalitatívnej a hodnotovej produkcie na TVP bez výchovy, so silnou podúrovňovou prebierkou a systematicky vychovávaných viac ako pol storočia úrovňovou voľnou prebierkou vyplýva, že najlepšie výsledky sa po dlhodobej a systematickej výchove dosiahli na ploche so Štefančíkovou úrovňovou voľnou prebierkou. Dlhodobou realizáciou touto prebierkovou metódou možno pripraviť bukové porasty na prestavbu na prírode blízke hospodárenie lesov (PBHL) oveľa skôr a lepšie ako pri aplikácii podúrovňových prebierok, ktoré niekde ešte v nedávnej minulosti viac-menej prevládali. Stále platí, že ak chceme uplatňovať princípy PBLH v budúcnosti, prvým krokom je zmena štruktúry lesa z vekových tried na les hrúbkových tried, čo možno najlepšie dosiahnuť iba systematickou výchovou úrovňovými prebierkami.

Vzhľadom na to, že prebudova väčšiny súčasných lesov vekových tried na trvalo etážové porasty, resp. lesy hrúbkových tried pri aplikácii PBLH je záležitosť vyžadujúca si dlhšie časové obdobie, je nanajvýš žiaduce začať s vhodnou výchovou v porastoch čo najskôr. Zároveň sa potvrdila nenahraditeľná úloha systematickej výchovy lesných porastov pri plnení nielen produkčných funkcií lesa, ale tiež pri ostatných funkčných účinkoch lesných porastov, najmä s ohľadom na pôsobenie klimatickej zmeny.

Podakovanie

Tento článok vznikol vďaka podpore projektu FOMON financovaného EÚ a štátnym rozpočtom SR, ďalej projektu EPRIBLES (2022-2026) financovanom z rozpočtovej kapitoly MPRV SR a z Agentúry na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-15-0032 a č. APVV-17-0416.

Literatúra

- Bošeľa M., Konôpka B., Šebeň V., Vladovič J., Tobin B. 2014: Modelling height to diameter ratio – An opportunity to increase Norway spruce stand stability in the Western Carpathians. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 60: 71-80.
- Hančinský L. 1972: Lesné typy Slovenska. Bratislava, *Príroda*: 307 s.
- Konôpka J., Petráš R., Toma R. 1987: Štíhlostný koeficient hlavných drevín a jeho význam pri statickej stabilite porastov. *Lesníctví*, 33 (10): 887-904.
- Kunca A., Zúbrik M., Galko J., Vakula J., Leontovych R., Konôpka B., Nikolov Ch., Gubka A., Longauerová V., Maľová M., Rell S., Lalík M. 2019: Salvage felling in the Slovak Republic's forests during the last twenty years. *Central European Forestry Journal*, 65: 3-12.
- Rizman I., et al., 2007: Poznatková báza o zastúpení drevín v lesných typoch Slovenska, základný predpoklad pre tvorbu modelov TUOL. In: *Lesnícka typológia a zisťovanie stavu lesa. Zborník zo seminára. Zvolen 3. 2. 2007. NLC, CD. ISBN 978-80-8093-033-2.*
- Sharma R.P., Vacek Z., Vacek S. 2016: Modelling individual tree height to diameter ratio for Norway spruce and European beech in Czech Republic. *Trees – Structure and Function*, 30 (6): 1969-1982.
- Slodičák M., Novák J. 2003: Thinning experiments in Norway spruce stands after 40 years of investigation – 1st series. *Journal of Forest Science*, 49 (2): 45-73.
- Slodičák M., Novák J. 2006: Silvicultural measures to increase the mechanical stability of pure secondary Norway spruce stands before conversion. *Forest Ecology and Management*, 224 (3): 252-257.
- Stolina M., et al. 1985: Ochrana lesa. Bratislava, *Príroda*: 480 s.
- Šebík L., Polák L. 1990. *Náuka o produkcii dreva. Bratislava, Príroda*: 322 s.
- Šmelko Š., Wenk G., Antanaitis V. 1992: Rast, štruktúra a produkcia lesa. Bratislava, *Príroda*: 342 s.
- Štefančík I., Bošeľa M., Petráš R. 2018: Effect of different management on quality and value production of pure beech stands in Slovakia. *Central European*

Forestry Journal, 64 (1):24-32.

Štefančík L. 1984: Úrovňová voľná prebierka – metóda biologickej intenzifikácie a racionalizácie selekčnej výchovy bukových porastov. In: Vedecké práce VÚLH vo Zvolene, 34, Bratislava, Príroda: 67-112.

Kontakt

doc. Ing. Igor Štefančík, CSc.

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav

Odbor pestovania lesa

T. G. Masaryka 22, 960 01 Zvolen

e-mail: igor.stefancik@nlcsk.org

OCHRANA

SEMENNÉ SADY NA ZVÝŠENIE ODOLNOSTI JASEŇA VOČI CHRADNUTIU

Roman Longauer, Valéria Longauerová, Robert Ondrejčík

Abstrakt

Na základe údajov zo semenných sadov a pokusov s jaseňom štíhlým a úzkolistým sme analyzovali rolu vnútrodruhovej variability pri chradnutí jaseňov. Vo veku 10 rokov sme hodnotili polosesterské potomstvá zo semenných sadov jaseňa štíhleho (57 potomstiev) a j. úzkolistého (52 potomstiev), spoločne so súborom 14 proveniencií j. štíhleho z rôznych častí Slovenska. Preukázali sme, že fenotypové rozdiely v raste, intenzite infekcie *Hymenoscyphus fraxineus*, vegetačnej fenológie (doby rašenia), kvalite kmeňa a prežívania sú ovplyvnené genetickými faktormi, v našom prípade príslušnosťou k potomstvu, semennému sadu a proveniencii. U jaseňa úzkolistého sme našli negatívnu koreláciu medzi rýchlosťou rašenia a intenzitou infekcie *Hymenoscyphus fraxineus* a u oboch druhov potvrdili nepriaznivý vplyv infekcie na rast a kvalitu kmeňov mladých jaseňov. Naše výsledky potvrdzujú, že založenie nových semenných sadov tvorených jedincami tolerujúcimi *Hymenoscyphus fraxineus* je vhodným riešením problému chradnutia jaseňov.

Kľúčové slová:

Fraxinus excelsior, *F. angustifolia*, *Hymenoscyphus fraxineus*, fenotypové charakteristiky, potomstvá, proveniencie

Úvod

Hynutie jaseňov spôsobované hubou *Hymenoscyphus fraxineus* bolo prvýkrát pozorované v roku 1992 na severovýchode Poľska a postupne sa stalo vážnym problémom jaseňa štíhleho v severnej, západnej a strednej časti jeho areálu, vrátane Slovenska a ČR. Prítomné je vo všetkých vekových triedach. Pôvodca ochorenia chradnutia bol popísaný v roku 2006 ako *Chalara fraxinea*. Neskôr bolo jeho pohlavné štádium určené ako ako *Hymenoscyphus albidus*, potom *H. pseudoalbidus* až po v súčasnosti platný názov *Hymenoscyphus fraxineus* – čiašočka jaseňová. Ide o invázny druh pôvodom z Ďalekého východu. Vo svojej domovine nie je patogénom v užšom zmysle slova, jeho infekcia obvykle spôsobuje stratu olistenia prípadne predčasný opad listovviacerých tamojších druhov jaseňov vo vlhkejších rokoch. Predpokladá sa, že jeho zavlečenie do Európy súvisí s introdukciou okrasných ďalekovýchodných jaseňov v niekoľkých etapách do Litvy v po r. 1980.

Aj keď má chradnutie jaseňov vplyvom infekcie *H. fraxineus* všeobecný charakter, v populáciách hostiteľa sú prítomné relatívne odolné, infekciu tolerujúce

jedince. Ich podiel je však len okolo 1% v severnej a severozápadnej Európe (McKinney et al. 2014;) až 3 – 7% v strednej Európe (Enderle et al. 2019). Vysoké hodnoty koeficientu dedivosti (Lobo et al. 2015) v potomstvách takýchto jedincov podporujú názor, že aktívna identifikácia odolných jedincov, ich podchytenie v prebierkach a predržanie v porastoch za účelom prirodzenej obnovy a na zber semien umožní postupne problém chradnutia jaseňov vyriešiť (McKinney et al. 2014). Pri nízkom podiele tolerantných, jedincov sa však znižuje populačná hustota jaseňov, čo môže viesť v ďalších generáciách k spríbuzneniu/inbrídingu/ a ochudobneniu genofondu populácií. Z tohto dôvodu sa považuje za vhodnejšie zakladanie semenných sádov. Buď klonových sádov, tvorených podľa možnosti vrúbľovancami 100 a viac infekciu tolerujúcich jedincov, alebo generatívnych sádov tvorených ich potomstvami.

Závažným sprievodným problémom chradnutia jaseňov sú straty jedincov odolných voči *Hymenoscyphus fraxineus* v dôsledku koreňových hnilôb spôsobených podpňovkou (*Armillaria*), často v kombinácii s lykokazom jaseňovým (*Leperisinus fraxini*). Okrem selekcie sú preto dôležité vhodné opatrenia na ochranu a aktívny manažment chorôb a škodcov jaseňov.

Redukovaná výmera jaseňov v lesoch Slovenska z 15 100 ha v r. 1953 na 20 700 ha v r. 1993 až na 32 500 ha v r. 2014, čo je približne 1,6 % podiel na drevinovom zložení. Zastúpenie okolo 1% majú jasene aj v ďalších štátoch strednej Európy. Ich hospodársky význam sa síce nedá porovnávať s hlavnými drevinami, nesporný je však ich ekologický a krajnotvorný význam.

Cieľom príspevku je poskytnúť prehľad doterajších výsledkoch, týkajúcich sa významu genetických faktorov - typu zdroja reprodukčného materiálu, príslušnosti k potomstvu a proveniencii jaseňov, v chradnutí jaseňov. Prezentujeme tiež súvisiace aktivity zamerané na vytvorenie zdrojov semenných sádov a semenných porastov, vyznačujúcich sa zvýšenou odolnosťou voči infekcii *H. fraxineus*.

Materiál a metodika

Ešte pred rozšírením chradnutia boli na Slovensku založené 2 klonové semenné sady. Jeden pre nížiny a pahorkatiny a druhý pre stredné polohy. Sad pre nížiny a pahorkatiny tvoria vrúbľovance 49 klonov (výberových stromov), z ktorých 27 bolo dodatočne identifikovaných ako jaseň štíhly a 22 ako jaseň úzkolistý. Rozdielna doba kvitnutia jaseňa štíhleho a úzkolistého umožnila tento sad evidovať ako 2 samostatné uznané jednotky. Semenný sad pre stredné a vyššie polohy (nad 400 m n. m.) pozostáva z vrúbľovancov 50 výberových stromov.

V dobe nástupu chradnutia v r. 2009-2011 sme založili sériu 4 pokusov s potomstvami jaseňa štíhleho a úzkolistého a provenienciami j. štíhleho: Pavlovec nad Uhom vo Východoslovenskej nížine, Černík v Podunajskej nížine, Hertník pri Bardejove (450 m n. m.) na SV Slovensku a Čadca-Husárik (850 m n. m.) na SZ Slovensku. V každom sú na parcelách so znáhodneným usporiadaním v 3 opakovaníach (blokoch) vysadené potomstvá z voľného opelenia j. štíhleho a j. úzkolistého zo semenných sádov a 14 proveniencií j. štíhleho z rôznych lesných

oblastí Slovenska. Veľkosť parciel (10 jedincov v spone 2 m x 1,5 m) a vnútorné usporiadanie pokusov po redukcii počtu jedincov zdravotným a zušľachtujúcim výberom dovoľí ich uznanie za jadrové semenné sady prípadne semenné porasty-zdroje semien kategórie EÚ/OECD kvalifikovaný.

Na posúdenie intenzity chradnutia a relatívnej odolnosti vrúbľovancov klonov v semenných sadoch sme použili mieru defoliácie v kombinácii s intenzitou usychania vetiev a prítomnosťou nektróz na vetvách. V pokusoch s vysadenými potomstvami a provenienciami sme vo veku 10 rokov použili klasifikačný systém klasifikáciu Pliuru et al. (2011), ktorý zohľadňuje intenzitu odumierania vetiev, výskyt nektróz kôry a súvisiace rastové deformácie jedincov. V pokusoch sme tiež zmerali výšku, posúdili fenotypovú kvalitu v 2 termínoch hodnotili jaré rašenia všetkých jedincov. Pri vyhodnotení sme sa zamerali na druhové rozdiely v odolnosti, raste a kvalite potomstiev jaseňa štíhleho a j. úzkolistého. U jaseňa štíhleho sme posúdili rozdiely medzi súborom potomstiev semenných sadov a provenienciami, ktoré reprezentujú lesné porasty. V súbore proveniencií sme korelačnou analýzou hľadali možný vzťah medzi miestom pôvodu materského porastu (zem. šírka, zem. dĺžka, nadm. v.) a intenzitou infekcie *H. fraxineus*.

Na štatistické vyhodnotenie pokusov sa použila analýza variancie použitím programového balíka SAS - Procedúra GLM. Štatistická významnosť vzťahov fenotypových charakteristík sa hodnotila použitím Pearsonových korelačných koeficientov v procedúre CORR programového balíka SAS.

Výsledky a diskusia

Inventarizácia a hodnotenie zdravotného stavu semenných sadov

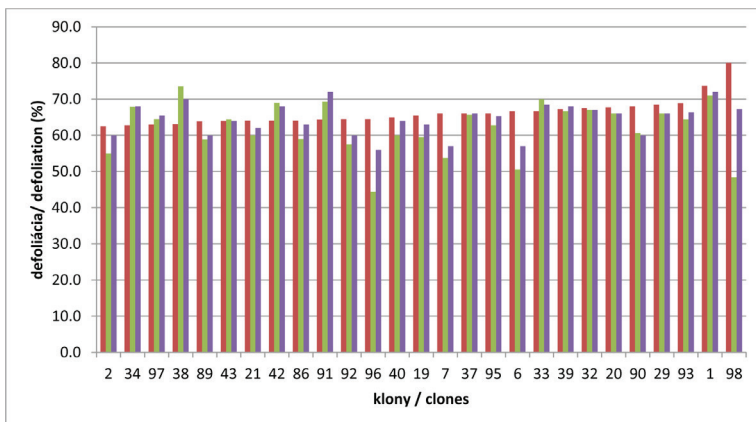
V sade jaseňa štíhleho Trstice sa priemerná defoliácia klonov (v troch rokoch po sebe sa hodnotili všetky vrúbľovance) pohybovala v rozmedzí 44,4 – 73,6 %. Maximálny rozdiel medzi jednotlivými klonmi predstavoval v rôznych rokoch 30 – 35 %.

V sade jaseňa úzkolistého Trstice sa defoliácia pohybovala v rozmedzí 47 – 71 %. Maximálny rozdiel defoliácie medzi jednotlivými klonmi predstavoval 25 %. V oboch sadoch bolo na zhruba 10% jedincov prítomné poškodenie lykokazom, poškodenie územkov hubami sa nezistilo.

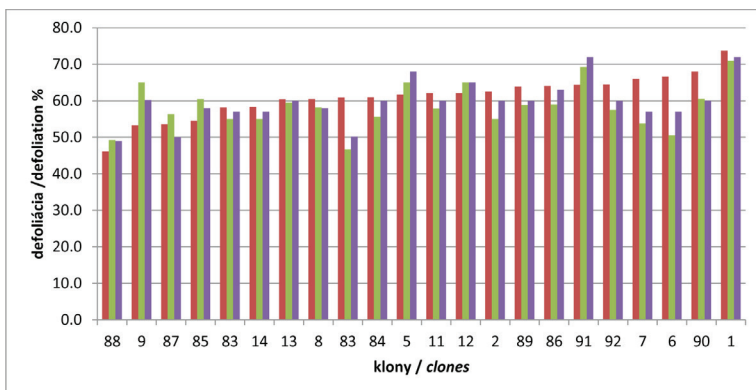
V semennom sade jaseňa štíhleho Zbojská sa priemerná defoliácia klonov pohybovala v rozmedzí 56 až 100 %. Maximálny rozdiel medzi jednotlivými klonmi predstavoval 45 %. Infekciu územkov vrúbľovancov podpňovkou sme zistili u 28 z 50 klonov. Celkovo sa podpňovky vyskytli na 6 živých a na 34 odumretých stojacich jedincoch. Pomocou DNA analýzy sme identifikovali druhy *Armillaria cepistipes* a *Armillaria galica*.

Hodnotenie defoliácie a miery poškodenia klonov v semenných sadoch založených pred nástupom chradnutia ukázalo, že toleranciou k infekcii *H. fraxineus* sa v nich vyznačuje len 15 – 20 % klonov.

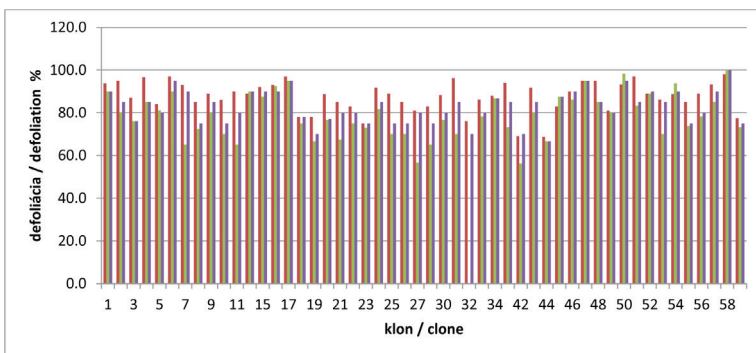
Hodnotenie jaseňa štíhleho a úzkolistého v pokusoch s potomstvami



Obr. 1: Priemerná defoliácia klonov jaseňa štíhleho v semennom sade Trstice v r. 2016-2018 (červený stĺpec pre r. 2016, zelený pre r. 2017, modrý pre r. 2018).



Obr. 2: Priemerná defoliácia klonov jaseňa úzkolistého v semennom sade Trstice v r. 2016-2018 (červený stĺpec pre r. 2016, zelený pre r. 2017, modrý pre r. 2018).



Obr. 1: Priemerná defoliácia klonov jaseňa štíhleho v semennom sade Trstice v r. 2016-2018 (červený stĺpec pre r. 2016, zelený pre r. 2017, modrý pre r. 2018).

a provenienciami v Černíku (Podunajská nížina) a Pavlovciach nad Uhom (Východoslovenská nížina)

Výsledky merania, hodnotenia fenotypových charakteristík a informáciu o prežívaní súborov potomstiev jaseňa štíhleho a j. úzkolistého zo semenných sádov a proveniencií j. štíhleho v pokusných výsadbách vo veku 10 rokov uvádzame v Tabuľkách 1 a 2.

a) Černík, Podunajská nížina		J. štíhly potomsvá ¹	J. úzkolistý - potomstvá ²	J. štíhly - proveniencie ³
Počet hodnotených jedincov ⁴ :		1 182	1179	312
Priemerná výška ⁵	cm	238,8	247,5	205,2
Intenzita infekcie <i>H. fraxineus</i> ⁶	min.= 1 max.= 5	2,54	2,40	2,59
Koeficient tvaru ⁷	max.= 1 min.= 5	2,41	2,44	2,41
Rašenie 1. termín ⁸	min.= 0 max.= 4	1,87	1,83	1,59
Rašenie 2. termín ⁹	min.= 0 max.= 4	3,42	3,54	3,31
Rašenie priemer ¹⁰	min.= 0 max.= 4	2,63	2,68	2,44
Prežívanie ¹¹	%	74,7	74,6	67,4

b) Pavlovce nad Uhom, Východoslovenská nížina		J. štíhly potomsvá ¹	J. úzkolistý - potomstvá ²	J. štíhly - proveniencie ³
Počet hodnotených jedincov ⁴ :		1157	1281	315
Priemerná výška ⁵	cm	292,5	312,1	212,0
Intenzita infekcie <i>H. fraxineus</i> ⁶	min.= 1 max.= 5	2,04	1,97	2,36
Koeficient tvaru ⁷	max.= 1 min.= 5	2,41	2,44	2,32
Rašenie 1. termín ⁸	min.= 0 max.= 4	1,93	1,85	1,60
Rašenie 2. termín ⁹	min.= 0 max.= 4	3,17	3,45	3,05
Rašenie priemer ¹⁰	min.= 0 max.= 4	2,55	2,65	2,32
Prežívanie ¹¹	%	79,5	71,6	59,7

Tabuľka 1a, 1b: Priemerné výšky, hodnoty fenotypových koeficientov a prežívanie potomstiev semenných sádov jaseňa štíhleho a úzkolistého a proveniencií jaseňa štíhleho v pokuse a) Černík, Podunajská nížina a b) Pavlovce nad Uhom na Východoslovenskej nížine vo veku 10 rokov

Analýzou variancie sme zistili významný vplyv druhu jaseňa len v pokuse Pavlovce nad Uhom, a to väčšiu priemernú výšku a rýchlejšie ukončenie rašenia (2. termín hodnotenia) jaseňa úzkolistého. U jaseňa štíhleho však potomstvá zo semenného sadu dosiahli štatisticky významne väčšiu výšku a vyznačovali sa rýchlejšim priebehom rašenia a vývoja listov než súbor proveniencií z rôznych častí Slovenska (v nížine väčšinou nepôvodných).

V prežívani, ktoré je kvalitatívnym znakom, sme pomocou chí-kvadrát testu rozdiely medzi súbormi potomstiev semenného sadu jaseňa štíhleho a semenného sadu jaseňa úzkolistého nezistili, Súbor proveniencií jaseňa štíhleho však v porovnaní s potomstvami semenných sadov prežíva významne horšie.

V rámci hodnotených súborov potomstiev a proveniencií ANOVA je u všetkých fenotypových charakteristík štatisticky vysoko významný ($P > 99\%$) vplyv genetických faktorov, t.j. príslušnosti ku konkrétnemu potomstvu jaseňa štíhleho a úzkolistého, a tiež príslušnosti k proveniencii j. štíhleho.

Korelácie medzi hodnotenými znakmi v súbore potomstiev zo semenných sadov v pokuse Černík indikujú vyššiu mieru infekcie u jedincov jaseňa, ktoré začínajú rašiť skôr a naopak nižšiu mieru infekcie u jedincov, ktoré dosiahnu skôr štádium rozvinutých listov. Toto zistenie do istej miery korešponduje s prácou Nielsen *et al.* (2017) o vzťahu jarných fenofáz a intenzity infekcie. Zmieňujú však intenzívnejšiu infekciu u neskôr rašiacich jedincov tým, že u nich sa obdobie vyzrievania listov a letorastov prekrýva so sporuláciou *H. fraxineus*.

Vzťah medzi provenienciou (miestom pôvodu) a fenotypovými znakmi jaseňa štíhleho

Vzťahy medzi priemernými hodnotami fenotypových charakteristík a zemepisnými súradnicami miest pôvodu sme analyzovali v súbore 14 proveniencií (plus potomstvá semenných sadov ako samostatné proveniencie). V tomto relatívne malom súbore hladinu významnosti 95% dosiahla len negatívna korelácia medzi dobou rašenia a zemepisnou dĺžkou miesta pôvodu ($r = -0,65$), ktorá indikuje neskoršie rašenie jaseňov z východnejšie položených oblastí rašia.

Pomerne vysoké hodnoty dosiahli korelačné koeficienty medzi zem. dĺžkou miesta pôvodu a priemernou výškou proveniencií ($r = -0,46$), a tiež zem. šírkou miesta pôvodu a intenzitou infekcie ($r = 0,40$) a koeficientom tvaru ($r = -0,44$). Naznačujú, že proveniencie z východnejšie položených oblastí miest rastú pomalšie a proveniencie zo severnejšie položených oblastí sa vyznačujú vyššou intenzitou infekcie aj deformáciami kmeňov a korún.

Súradnice: ⁷	Priem. výška ¹	Intenzita infekcie ²	Rašenie 1. termín ³	Rašenie 2. termín ⁴	Rašenie priemer ⁵	Tvar ⁶
- zem. šírka ⁸	-0,31	0,40	-0,04	-0,12	-0,06	-0,44
- zem. dĺžka ⁹	-0,46	0,23	-0,65*	-0,27	-0,54*	-0,01
- nadm. výška ¹⁰	-0,27	0,14	-0,09	0,01	-0,03	-0,34

Tabuľka 3: Koeficienty korelácie medzi priemernými hodnotami fenotypových charakteristík a zemepisnými súradnicami pôvodu 14 proveniencií jaseňa štíhleho na pokusnej ploche Černík v Podunajskej nížine vo veku 10 r. (* - $P > 95\%$)

Záver

Pri porovnaní typu zdroja lesného reprodukčného materiálu sa potvrdil lepší rast, prežívanie a nižšia miera infekcie potomstiev zo semenných sadov v porovnaní s provenienciami, ktoré sú potomstvom lesných porastov. Semenné sady sú tvorené vrúblovancami výberových stromov, identifikovaných pomocou individuálneho výberu. Provenencie sú potomstvom uznaných porastov (zdroje LRM kategórie selektovaný) prípadne porastov (kategória LRM identifikovaný) identifikovaných len hromadným výberom založeným na fenotypovej klasifikácii.

Analýza, intenzity infekcie, doby rašenia a priemernej výšky jednoznačne potvrdila význam genetických faktorov. Uvedené charakteristické znaky boli v nami hodnotených pokusoch vždy ovplyvnené u jaseňa štíhleho aj j. úzkolistého príslušnosťou k potomstvu a príslušnosťou k proveniencii.

Analýza vzájomných vzťahov (párových korelácií) priemernej výšky, intenzity infekcie, doby rašenia a ukázala, že jasene s nižšou mierou napadnutia *H. fraxineus* dosahujú vyššiu priemernú výšku a vyznačujú sa lepšou fenotypovou kvalitou.

Naše výsledky potvrdzujú, významnú úlohu genetických faktorov v tolerancii jaseňov voči infekcii *H. fraxineus*. V našom prípade sú to rola materského jedinca, typu zdroja a proveniencie reprodukčného materiálu. Vzhľadom k silnej genetickej kontrole tolerancie k infekcii je najefektívnejším spôsobom zmiernenia chradnutia jaseňov identifikácia a podpora reprodukcie tolerantných jedincov hostiteľskej dreviny. Z nich môžu byť odobrané vrúbky na založenie klonových semenných sadov. Po uznaní za rodičovské stromy tiež semená na dopestovanie sadenic a založenie generatívnych semenných sadov či semenných porastov.

Z dôvodu nedostatočného počtu perspektívnych jedincov v existujúcich semenných sadoch jaseňov sme prikrčili k vyhľadaniu ďalších pre založenie nových klonových semenných sadov. Ich identifikácia vychádzala z klasifikácie Pliúra (Pliúra et al. 2011), podľa ktorej sú tolerantné jedince schopné prežiť infekciu a úspešne sa reprodukovať:

1. Bez príznakov infekcie: bez poranení a suchých vetiev v korune, okrem prirodzeného odumierania zatienených vetiev. Nie sú na nich vidieť ani nové, ani staršie nekrózy.
2. S miernou infekciou: stratou do 10 % koncových vetiev v dolnej časti koruny, bez nových ani starších podkôrných nekróz.

S podporou Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka a LESY SR š.p. bolo vyhľadaných a uznaných 91 výberových stromov jaseňa štíhleho a 22 jaseňa úzkolistého. Z nich pracovníci odštepného závodu Semenoles LESY SR odobrali vrúbky a pestujú vrúblovance na založenie semenných sadov. Potomstvá ktorých sa budú vyznačovať vyššou toleranciou k infekcii *H. fraxineus*.

Literatúra

- Enderle, R., Stenlid, J., Vasaitis, R. 2019: An overview of ash (*Fraxinus* spp.) and the ash dieback disease in Europe. CAB Reviews 14(25):1-12.
- Kjaer, E. D., McKinney, L. V., Nielsen, L. R., Hansen, L. N., Hansen, J. K. 2012: Adaptive potential of ash (*Fraxinus excelsior*) populations against the novel emerging pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Evol. Appl.* 5, 219–28.

- Kučera A., Vavříček, D., Smrček S., Rozsypálek J., Dundek P., Pacháček J., Petružálková, L. 2017: Možnosti tlumení a revitalizace chřadnoucích porostů s jasanem ztepilým ohrožených chorobou *Chalara fraxinea* s využitím organických přípravků s fungicidními vlastnostmi a minerálních hnojiv na bázi dusíku a síry. Certifikovaná metodika, léčebný a památkový postup. Mendelova univerzita v Brně, 116 s. Dostupné na <https://starfos.tacr.cz/cs/result/RIV%2F62156489%3A43410%2F17%3A43911615>
- Longauerová, V., Kunca, A., Longgauer, R., Mařová, M., 2017: The ash and ash dieback in Slovakia. In: R. Vasaitis & R. Enderle (eds.). Dieback of European Ash (*Fraxinus* spp.): Consequences and Guidelines for Sustainable Management, Uppsala: SLU Service/Repro, s 209 – 219.
- Lobo, A., McKinney, L. V., Hansen, J. K., Kjaer, E. D., Nielsen, L. R. 2015. Genetic variation in dieback resistance in *Fraxinus excelsior* confirmed by progeny inoculation assay. *Forest Pathology* 45(5): 379-387.
- McKinney, L. V., Nielsen, L. R., Collidge, D. B., Thomsen, I. M., Hansen, J. K., Kjaer, E. D. 2014. The ash dieback crisis: genetic variation in resistance can prove a long-term solution. *Plant Pathology* 63, 485–499.
- Nielsen, L.R., McKinney, L. V., Kjaer, E.D., 2017. Host phenological stage potentially affects dieback severity after *Hymenoscyphus fraxineus* infection in *Fraxinus excelsior* seedlings. *Baltic Forestry* 23(1): 229-232.
- Pliura, A., Lygis, V., Suchockas, V., Bartkevičius, E. 2011. Performance of twenty four European *Fraxinus excelsior* populations in three Lithuanian progeny trials with a special emphasis on resistance to *Chalara fraxinea*. *Baltic Forestry* 17(1): 17–34.
- Stener, L.G., 2013: Clonal differences in susceptibility to the dieback of *Fraxinus excelsior* in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 28(3): 205-216.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol vďaka podpore:

Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Centrum excelentnosti lesnícko-drevárskeho komplexu LignoSilva; (kód ITMS: 313011S735), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

APVV-19-0601 Rekonštrukcie nepôvodných smrečín zamerané na podporu druhovej a štruktúrnej diverzity lesa;

Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky, Bratislava, cez projekt PROMOLES financovaný z rozpočtovej kapitoly – prvok 08V0301

Kontakt

Ing. Roman Longauer, CSc.1

Ing. Valeria Longauerová, PhD.1. Valeria.Longauerova@nlcsk.org.

Ing. Robert Ondrejčík2

1 NLC Zvolen , T. G. Masaryka 22, 960 01 Zvolen

2 MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika

OCHRANA VÝSADEB LESNÍCH DŘEVIN PŘED POŠKOZOVÁNÍM DIVOKÝMI PRASATY

Jarmila Nárovcová

Abstrakt

The contribution describes a run of project focused on damage of forest woody plantations due to wild boars and ways reducing the damage. There are presented motives for the damage to the plantations (“hunger damage” and “unintentional harm”) and ways how to prevent such damage. There are given results of analyzes covering an attractiveness of particular components of growing substrates related to damage by boars. The contribution gives examples of repellent preparations efficiency tests when plantations were treated against the boars pulling the plants up.

Klíčová slova

poškození výsadeb lesních dřevin, prase divoké

Úvod

Prase divoké (*Sus scrofa*) je v současnosti nejpočetnějším druhem lesní zvěře, s tímto je spojená i narůstající výše škod černou zvěří na lesních či zemědělských kulturách. V zemědělské i lesní krajině nachází prase příhodné podmínky, dostatek kvalitní stravy, absenci predátorů. Navzdory navyšujícím se odstřelům divokých prasat jsou jejich stavy, díky výjimečné populační dynamice, absenci přirozených nepřátel, nabídky bohatého žíru v průběhu celého roku i vysoké sociální organizovanosti, stále vysoké. Nesporná inteligence prasat divokých je základem jejich úspěšného přežití.

V posledních letech bylo zaznamenáno zvýšené poškození výsadeb lesních dřevin černou zvěří. V některých případech prasata kompletně zlikvidují nově vysazené sazenice lesních dřevin bezprostředně po výsadbě. Vzhledem k současným úkolům obnovy lesa jde o aktuální problematiku.

Poškození výsadeb lesních dřevin prasaty

Prasata poškozují výsadby lesních dřevin vytažením, popř. vyrytím vysazených stromků z půdy, přičemž kořeny nemusí být dále poškozovány (např. rozžvýkáním). Při vyhledávání potravy v půdě (larev hmyzu, drobných hlodavců, bukvic a žaludů aj.) prasata lesní půdu vyrývají na malých či větších plochách. K poškození výsadeb lesních dřevin prasaty dochází nejčastěji v intervalu 14 dnů od výsadby (maximálně do 30 dnů od výsadby) bez ohledu na druh dřeviny (poškozovány jsou jehličnaté i listnaté druhy v celém jejich spektru) či způsob pěstování sazenic v lesních školkách (prostokořenné a krytokořenné výpěstky). Škody prasaty mohou být výraznější na

vlhčích lokalitách, na pozemcích připravovaných drčením klestu či v houštinatých okrajích lesa. Ztráty na výsadbách lesních dřevin po poškození prasaty se pohybují od několika procent po úplné zničení nově založených výsadeb.

V průběhu řešení projektu byly definovány dva hlavní důvody poškození vysazovaných sazenic lesních dřevin prasaty.

1. Získání potravy, kdy vysazované sazenice lesních dřevin využívají jako zdroj potravy. Prasata sazenice dřevin vytahují či vyrývají a požírají kořeny, případně i rašelinový substrát. Nacházíme pak sazenice s ukousnutými kořeny a vyplivnuté zbytky rozžvýkané rostlinné hmoty. Tato poškození byla pozorována pouze v ojedinělých případech, obvykle na konci zimy, kdy jsou omezené zdroje potravy – „škody z hladu“.
2. Přirozená zvědavost a hravost prasat, kdy čerstvě nakypřenou půdu v okolí vysazené sazenice prorývají a vyryté sazenice nechávají bez povšimnutí ležet na zemi – „necílené škody“. Sazenice vytažené ze země zasychají. Tato poškození se vyskytují v krátkém časovém období po výsadbě (do 4 týdnů).

Soudobé možnosti předcházení poškození prasaty

Prakticky jediným významným regulačním mechanismem použitelným na snížení populace černé zvěře je lov, nicméně i přes mnohaleté snahy o snížení jejich počtu vykazuje populace černé zvěře rostoucí trend. Odstřel divočáků slouží nejen ke snížení stavu černé zvěře, ale také jako dočasná prevence vzniku škod na dané lokalitě. Výskyt divočáků na lokalitě po provedeném odstřelu je po určité období zcela eliminován. Výsadby lesních dřevin jsou před poškozením prasaty chráněny stavbou oplocenek. Je možno využít postřik pachovými ohradníky (přípravek Antifer) či postřik Bitrexem.

Realizace výsadeb krytokořenných výpěstků listnatých dřevin v průběhu let 2019 – 2022

Pro účely sledování poškození výsadeb prasetem divokým i pro ověření účinnosti nově navrhovaných přípravků probíhaly v podzimním i jarním období let 2019-2022 výsadby krytokořenných výpěstků listnatých dřevin. Realizovány byly v podhůří Orlických hor, na Českomoravské a Dražanské vrchovině, České tabuli aj. Celkem bylo pro účely sledování poškození prasaty a ochrany výsadeb lesních dřevin před vyrýváním prasaty vysázeno, ošetřeno a vyhodnoceno více než 100 tis. ks krytokořenných výpěstků listnatých dřevin.

Atraktivita dílčích složek pěstebních substrátů pro divoká prasata

Krytokořenné výpěstky buku lesního a dubu letního byly v letech 2019-2022 napěstovány v různých typech pěstebních substrátů doplněných o běžně v praxi používané komponenty (rašelina, kokosová vlákna, perlit, jíly, zeolity, křemitý písek, minerální hnojiva, smáčedla, hydroabsorbenty aj.). **Opakovaná šetření atraktivity**

pěstebních substrátů byla ukončena závěrem, že poškození krytokořenných výpěstků vyrýváním či ukousnutím prasaty nebylo v souvislosti se složením pěstebních substrátů prokázáno. Atraktivita těchto výpěstků pro prasata přímo nesouvisí se složením pěstebních substrátů při pěstování krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin.

Pokusně bylo také prokázáno, že na intenzitu poškození vyrýváním prasaty nemá žádný vliv přítomnost kořenového systému sazenic. Prasata v experimentech vyrývala zasazené vrbové kolíky bez kořenového systému a rozrývala prázdné prokopané jamky ve větší míře, než pokud v připravených jamkách byly zasazeny sazenice lesních dřevin.

Návrh přípravků pro ošetření výsadeb proti vyrývání prasaty s vyhodnocením jejich účinnosti

Navrženy, připraveny a ověřovány byly přípravky tvořené směsí zeolitu s účinnými látkami kapsaicin, amoniak, acetylen, eugenol či piperin. Aplikace těchto směsí nezabránila poškozování výsadeb prasaty. Následně, ve spolupráci s firmou ECOLAB Znojmo, spol. s r.o. (výrobce pomalu rozpustných minerálních hnojiv SILVAMIX®), byla navržena další účinná látka – karbid vápníku (acetylid vápenatý, dikarbid vápenatý). Přípravky na bázi této chemické látky jsou v současné době povolené k ochraně proti krtkům (po aplikaci ve vlhkém prostředí se uvolňuje silně zapáchající plyn). Výpěstky lesních dřevin ošetřené tímto přípravkem nebyly prasaty poškozovány (popř. byly poškozeny minimálně).

Karbid vápníku

– účinnost a dávkování

Aplikace karbidu vápníku byly prováděny nasypáním přípravku do oblasti kořenového krčku vysazovaných výpěstků lesních dřevin.

Pro ověření možného poškození (rostlinných pletiv v oblasti kořenového krčku, průběhu rašení, délkového růstu výhonů či zvýšení mortality výpěstků lesních dřevin) byly zvoleny dávky 10 g, 30 g a 60 g karbidu vápníku posypem do oblasti kořenového krčku modelových lesních dřevin (buk lesní, dub letní a třešeň ptačí), viz obr. 1. Dávka 60 g představuje dvojnásobek doporučeného dávkování a byla zvolena tak, aby se případné poškození rostlin prokázalo. Detail kořenových krčků po aplikaci 60 g karbidu vápníku přípravku zobrazují obr. 2.

Po aplikacích přípravku karbid vápníku ve výše uvedených dávkách nedocházelo k popraskání kůry, ke vzniku jizev nebo jiným známkám poškození výpěstků lesních dřevin v oblasti kořenového krčku (v oblasti aplikace přípravku). Vliv aplikace různých dávek karbidu vápníku (10 g, 30 g a 60 g) na průběh rašení či délkový růst výhonů nebyl prokázán, aplikace karbidu vápníku neovlivňují dobu rašení ani délkový růst terminálních výhonů ošetřených výpěstků lesních dřevin. Po aplikaci karbidu vápníku v dávkách 10 a 30 g k sazenici dřeviny nevykazují rozdíly v mortalitě. Po aplikaci 60 g karbidu vápníku k sazenici byla pouze v případě buku lesního zjištěna zvýšená mortalita výpěstků.



Obr. 1: Aplikace 30 g karbidu vápníku na povrch půdy do oblasti kořenového krčku vysazených rostlin (experimentální plochy na lesních majetcích).



Obr. 2: Detail kůry dřevin v oblasti kořenového krčku (jarní aplikace 60 g karbidu vápníku) na konci vegetačního období.

Pokud aplikujeme karbid vápníku na vodou zaplaveném stanovišti, okamžitě dochází k prudké reakci doprovázené uvolněním tepla, které zahřeje vodu v okolí sazenice až na teplotu varu. V těchto případech může být mortalita výpěstků lesních dřevin zvýšena.

Výsadby lesních dřevin byly ošetřovány v lokalitách s vysokým zastoupením černé zvěře, kde bylo poškození prasaty předpokládáno. Pro ošetření v podzimním i jarním období bezprostředně po výsadbě byly aplikovány dávky 30 g karbidu vápníku na sazenici a tyto ochránily vysazené výpěstky lesních dřevin proti poškození (vyrývání) prasaty. Na částech pozemků, kde docházelo k plošnému rozrývání půdy prasaty, nebyly rostliny ošetřené karbidem vápníku z půdy vytaženy, i když půda kolem nich byla zcela rozryta (obr. 3). Do určité míry jsou dávkou 30 g karbidu vápníku chráněny i neošetřené sazenice v okolí. Dle uvážení je možné ošetřovat pouze širší okraje založených kultur či např. každý druhý vysazený výpěstek lesních dřevin.



Obr. 3: Rozrytí části ověřovací plochy prasaty, rostliny ošetřené karbidem vápníku nejsou vytaženy.

Hnojivý účinek aplikace přípravků na bázi karbidu vápníku

Výsledky půdních rozborů dokladují zvýšení pH půdy po aplikaci účinné látky. Se zvyšující se dávkou se pH půdy zvyšuje a výsledky souběžně potvrzují vyšší obsahy Ca v půdě, z úrovně obsahů nízkých až po obsahy vysoké.

V rámci řešení problematiky byla navržena průmyslová hnojiva s obsahem karbidu, která slučují příznivé působení karbidu na půdní vlastnosti (úprava pH, doplnění Ca) a omezují poškození výsadeb lesních dřevin prasaty. Hnojiva mohou být doplněna o další živiny (N, K, P a Mg), které na jejich repelentní účinek nemají ani pozitivní, ani negativní vliv. Z výzkumu vyplynuly návrhy dvou typů těchto hnojiv, a to s obsahem dusíku pro aplikace v jarních výsadbách a bez dusíku pro ošetření podzimních výsadeb lesních dřevin. Tato hnojiva procházejí schvalovacím procesem a jejich aplikace a dávkování se bude řídit doporučením výrobce (ECOLAB Znojmo, spol. s r.o.).

Dedikace

Publikace vznikla v rámci podpory na rozvoj výzkumné organizace č. MZE-RO0123. Příspěvek je implementací výstupů projektu TH04030444 „Nástroje a opatření pro minimalizaci poškození kořenů školkařských výpěstků po výsadbě prasetem divokým“, který finančně podpořila Technologická agentura České republiky v letech 2019-2022. Na řešení projektu se podíleli řešitelé z Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumné stanice Opočno a Mendelovy univerzity v Brně, dále pak producenti sadebního materiálu Dendria, s.r.o., a LST, a.s., a výrobce pomalu rozpustných minerálních hnojiv SILVAMIX®, společnost ECOLAB Znojmo, spol. s r.o.

Literatura

- Kamler J., Skoták V. 2023. Škody způsobené divočáky na výsadbách: co zatím víme o příčinách a prevenci. *Lesnická práce*, 102 (3): 156–158.
- Skoták V., Drimaj J., Kamler J. 2021. Evaluation of damage to Forest tree plantations by wild boar in the Czech Republic. *Human-Wildlife Interactions*, 15 (1): 13.
- Skoták V., Kamler J. 2021. Prase divoké, škůdce na polních plodinách i lesních výsadbách. *Selská revue*, 7: 120–121.

- Skoták V., Kamler J., Drimaj J. 2021. Černá zvěř v lese neškodí? Vyrýváním sazenic ano a značně! Myslivost, 69 (12): 34-36.
- Skoták, V., Kamler, J., Nárovcová, J. 2022. Metodika preventivních opatření proti škodám prasetem divokým na sazenicích dřevin. Certifikovaná metodika. 1. vydání. Brno, Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta: 24 s.
- Terén, J., Martinů, T., Kamler, J., Skoták, V., Nárovcová, J. 2023. Repelentní přípravky proti okusu a ohryzu lesních porostů a poškozování kořenů lesních výsadeb zvěří. Užitný vzor č. 37024.

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

KALKULAČKA NA VÝPOČET A EVIDENCIU ŠKÔD ZVEROU A MOŽNOSTI JEJ PRAKTICKÉHO VYUŽITIA V OCHRANE LESA

**Andrej Gubka, Marián Slamka, Marcel Dubec, Jozef Bučko, Christo Nikolov,
Michal Lalík, Jozef Vakula, Vladimír Šebeň, Ivan Barbierik, Andrej Kunca**

Abstrakt

Škody zverou sú v mnohých Slovenských lesoch vážnou prekážkou pre ich efektívne obhospodarovanie. Problémom je, že nemáme dostatočné informácie kde a v akom rozsahu sa tieto škody vyskytujú. Aby sme pomohli riešiť danú situáciu, vytvorili sme na NLC metodiku na zisťovanie a oceňovanie škôd zverou a taktiež kalkulačku a evidenčný systém pre efektívnejšie používanie. Kalkulačka je jedným z modulov informačného systému ochrany lesa nachádzajúcim sa na stránkach www.e-los.sk. Kalkulačka prepája systém ochrany lesa s databázami ISLHP a pripravuje sa prepojenie s poľovníckym systémom POLOVSTAT. Sme presvedčený, že len dostatočné informácie o škodách zverou môžu pomôcť cielene zasiahnuť v oblastiach, kde škody zverou ovplyvňujú nielen ciele pestovania lesa, ale môžu narúšať biodiverzitu lesných porastov.

Kľúčové slová:

evidencia, kalkulačka, ochrana lesa, poľovníctvo, škody, zver

Úvod

Slovensko je krajina s vysokou lesnatosťou a dlhou lesníckou tradíciou. V posledných rokoch sa však stále častejšie a vo väčšom rozsahu objavujú oblasti, kde je takmer nemožné obnovovať a vychovávať lesné porasty. Jeden z najčastejších dôvodov je vysoký tlak zveri na lesy alebo poľnohospodárske pozemky. Problém so škodami zverou však nevznikol zo dňa na deň, vznikal postupne a mnoho rokov a má viacero príčin. Mohli by sme začať zmenou klímy, cez nesprávne postupy v poľovníckom manažmente až po nechotu lesníkov priznávať škody na lesných porastoch. Odborné hospodárenie v lesoch by však malo vychádzať okrem iného aj z reálneho zhodnotenia stavu a vývoja škôd spôsobovaných zverou. Dôvodom je, že v mnohých oblastiach je vplyv zveri natolko silný, že tam nie je možné efektívne hospodáriť.

Pre možnosť objektívneho a dlhodobého zaznamenávania vplyvu raticovej zveri na lesné porasty, spracovalo Národné lesnícke centrum (ďalej NLC) v roku 2020 „Metodiku pre zisťovanie poškodenia lesných porastov zverou a oceňovanie škôd“. Pre zjednodušenie výpočtov škôd spôsobených zverou v lesných porastoch a tvorbu

evidencie sme na NLC vytvorili on-line systém, ktorý by mal tieto činnosti čo najviac zjednodušiť.

Vstup do kalkulačky

Kalkulačka rozširuje ponuku modulov elektronického systému ochrany lesa prostredníctvom ktorého sa snažíme sprístupniť a zjednodušiť evidenčné činnosti a prácu na úrovni ochrany lesa. Informačný systém sa nachádza na stránkach www.e-los.sk. Jednotlivé moduly sú na stránke usporiadané v prehľadných „dlaždiciach“, kde je možné si vybrať aktuálne potrebný systém. Kalkulačka sa nachádza v časti „Výpočet škôd spôsobených zverou“. Systém sa presmeruje na hlavnú stránku systému e-LOS, ktorá je venovaná zveri a škodám spôsobovaným zverou. Na stránke stále pracujeme no zatiaľ je tam možné nájsť metodiku pre výpočet škôd, príručku k metodike, manuál a video-manuál ku kalkulačke a samotnú kalkulačku na výpočet škôd zverou.

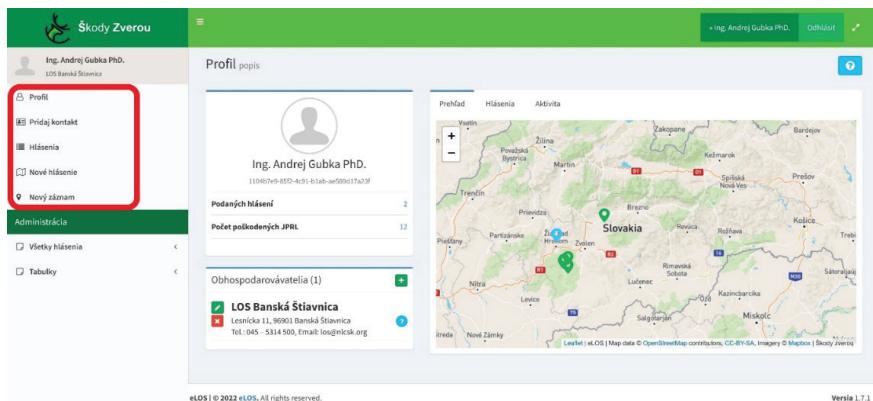
Obrázok 1: Hlavná stránka venujúca sa problematike škôd zverou v lesnom hospodárstve (www.e-los.sk/Zver).

Pred použitím kalkulačky je nevyhnutné sa najprv prihlásiť do systému. Pri prihlasovaní je možnosť vybrať si medzi prihlásením prihlasovacími údajmi pre e-LOS alebo prihlasovacími údajmi cez ISLHP (LGIS). Dôvodom je, že kalkulačka prepája systémy ISLHP a e-LOS, čím umožňuje prístup prostredníctvom oboch prihlasovacích údajov. Vďaka tomuto prepojeniu môže kalkulačka využívať výhody oboch databáz a významne tak zjednodušiť výpočty.

Vytvorenie profilu a kontaktov

Hlavná stránka kalkulačky obsahuje stručné informácie o obhospodarovateli, krátku štatistiku o hláseniach a mapu Slovenska. V ľavej časti sú na výber položky profil, pridaj kontakt, hlásenia, nové hlásenie a záznamy škôd.

Pri prvom použití kalkulačky je potrebné najskôr vyplniť štandardné údaje o organizácii a o odbornom lesnom hospodárovi. Pokiaľ OLH vyplňa hlásenia za viac obhospodarovateľov, je vhodné aby vytvoril (skontroloval a upravil) profil za každého obhospodarovateľa. Vďaka tomu je možné vykonať opravy, ak sa zistí nejaká chyba pri zadávaní dát – napríklad nahodenie poškodenia do porastu, ktorý nepatrí do pôsobnosti obhospodarovateľa a pod. Tieto informácie je možné vyplniť prostredníctvom pokynu „Pridaj kontakt“ v hlavnom menu. Pri ďalšom používaní kalkulačky stačí tieto údaje len skontrolovať, či sú stále aktuálne a platné.



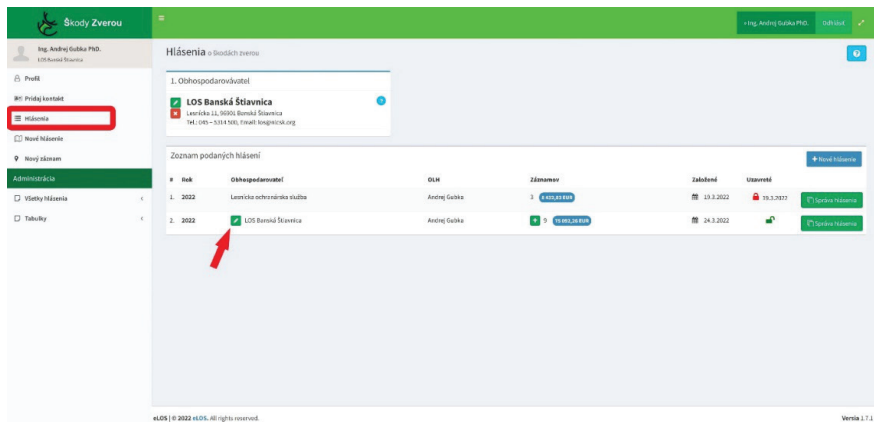
Obrázok 2: Úvodná stránka kalkulačky pre výpočet škôd zverou. Zobrazené sú základné údaje z profilu zadávateľa, orientačná mapa a v ľavej časti je hlavné menu pre výber činnosti.

Vytvorenie hlásenia

Cez voľbu „Nové hlásenie“ v hlavnom menu vytvoríme hlásenie, ktoré slúžia ako zložka pre údaje o jednotlivých porastoch za obhospodarovateľa. Pre lepšiu orientáciu a prehľadnosť je lepšie vytvárať jedno hlásenie za subjekt do roka, ale systém umožňuje vytvoriť viac hlásení. Pri tvorbe hlásenia je potrebné vybrať obhospodarovateľa, ktorý obhospodaruje poškodené porasty, ktoré budú v hlásení vykazované. Systém automaticky vyplní všetky potrebné údaje o obhospodarovateli, pričom preberie údaje vyplnené pre daný subjekt v profile. Týmto krokom sa urýchľuje práca pretože, nie je potrebné znovu vyplňať údaje za obhospodarovateľa, ale systém si údaje sám stiahne z údajov uvedených v profile. Do nového hlásenia sa vkladajú aj informácie o vykonaných ochranných opatreniach za obhospodarovateľa za príslušný rok (podobne ako tomu bolo pri hláseniach L115). Tieto informácie dávajú pri prípadnom vyhodnocovaní údajov lepší obraz o ochrane pred škodami zverou a zároveň dávajú

aj informáciu, že daný obhospodarovateľ vo svojich porastoch vykonáva opatrenia na zníženie škôd spôsobených zverou.

Pri voľbe „Hlásenia“ v hlavnom menu je možné nájsť všetky hlásenia, ktoré boli vytvorené. Pokiaľ nebolo hlásenie uzavreté a odovzdané, je možné ho upravovať, dopĺňať, prípadne úplne zrušiť. Po kliknutí na bielu ceruzku v zelenom poli, pri mene obhospodarovateľa na príslušnom hlásení, je možné vykonať nielen zmenu obhospodarovateľa v príslušnom hlásení, ale aj vykonať úpravu údajov o vykonaných ochranných opatreniach.



Obrázok 3: Stránka s prehľadom vytvorených hlásení, ich úpravu a správu.

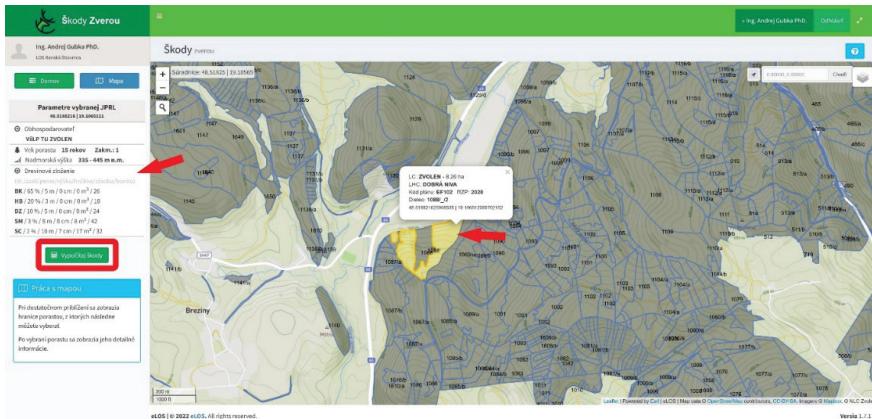
Evidencia a výpočet škôd

Vkladanie údajov o škodách v jednotlivých porastoch do hlásenia je relatívne jednoduché. Prvou možnosťou je vybrať v hlavnom menu voľbu „Nový záznam“, alebo v zozname hlásení kliknúť pri konkrétnom hlásení na symbol plus v zelenom poli.

Mapa na ktorú nás systém presmeruje uľahčuje orientáciu a lokalizáciu v teréne. Pri priblížení sa zobrazí vrstva s hranicami a číslami porastov, pričom porast nad ktorom je kurzor sa vysvieti do žltá. Po kliknutí na porast sa v ľavej časti zobrazia základné informácie o poraste ako je obhospodarovateľ, vek porastu, nadmorská výška alebo drevinové zloženie so základnými informáciami o drevinách. Všetky tieto údaje sú preberané z databáz systému ISLHP, preto sa v niektorých oblastiach stane, že tieto údaje nezobrazia. Dôvodom je aktualizácia programov starostlivosti o les a databáz ISLHP. Na samotnú činnosť kalkulačky to však nemá zásadný vplyv.

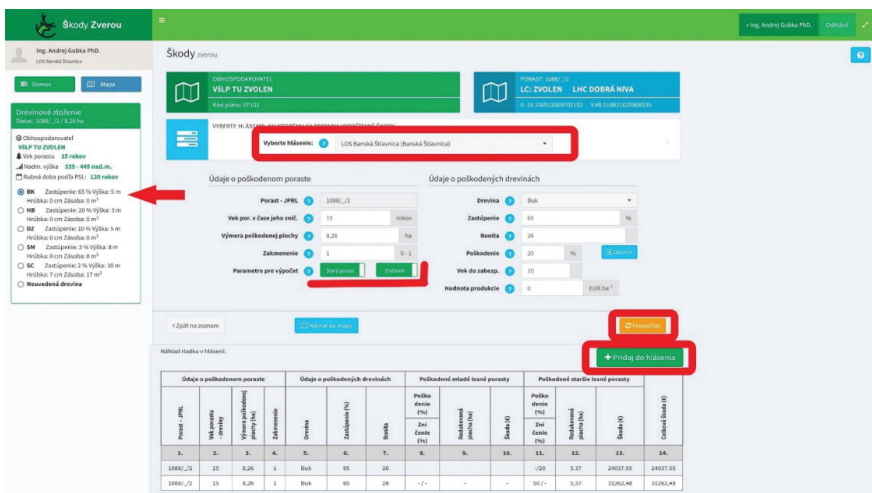
Po kliknutí na vybraný porast vyberieme možnosť vypočítaj škody. Objaví sa obrazovka pre zadávanie údajov potrebných pre výpočet.

V ľavej časti je možnosť vybrať pre ktorú drevinu sa bude vykonávať výpočet. Po výbere dreviny si systém automaticky stiahne údaje o danej drevine v danom poraste a vyplní väčšinu políček v kalkulačke. Môžu sa vyskytnúť prípady kedy drevina, ktorá bola v poraste zaznamenaná, nie je zapísaná v programe starostlivosti o les. V takom prípade je dobré zakliknúť neuvedenú drevinu a drevinu vybrať z ponuky drevín na obrazovke s výpočtom.



Obrázok 4: Po priblížení mapy sa zobrazia hranice porastov s ich označením podľa PsOL a po kliknutí na porast aj základné informácie o poraste.

Pred výpočtom je potrebné si skontrolovať, do ktorého hlásenia sa údaje o poškodení majú zapísať. K dispozícii sú len aktívne hlásenia, no ak je vytvorených viac aktívnych hlásení treba vybrať to, ktoré je pre daný porast relevantné. Samotný výpočet je rozdelený na štyri kategórie podľa formy a rozsahu poškodenia. Dôvodom je, že sú rozdielne vzorce pre mladý porast, primárne poškodzovaný odhryzom a pre starší porast, primárne poškodzovaný odhryzom a lúpaním. Taktiež je rozdiel či je potrebné vypočítať náhrady za poškodenie dreveniny alebo za zničenie. Keďže tieto údaje nie je možné jednoznačne ohraničiť vekom je nevyhnutné vybrať manuálne, či sa majú počítať škody pre mladší alebo starší porast.



Obrázok 5: Pre správny výpočet je potrebné zvoliť drevinu, vybrať zložku hlásenia, kam sa majú údaje o poškodení uložiť.

Takmer všetky údaje o poraste a drevine systém vyplní z databáz ISLHP. Môže sa však stať že údaje sú už neaktuálne, preto je možné všetky údaje upraviť podľa potreby užívateľa. Potrebné je ešte doplniť % poškodenia dreviny a v prípade výpočtu zničenia staršieho porastu aj hodnotu produkcie čo zodpovedá hodnote celkovej produkcie v eur dreviny vo veku zničenia (hodnota CPT v metodike). V prípade výpočtu zničenia mladého alebo staršieho porastu je potrebné manuálne uviesť údaj veku porastu, no maximálne do zabezpečenia dreviny (tz). Tento údaj je potrebné prevziať z PSOL. Pokiaľ sa jedná o porast nezabezpečený, kde vek porastu je menší ako predpísaný vek zabezpečenia dreviny, uvedie sa sem vek porastu. Pokiaľ sa však jedná o starší už zabezpečený porast, uvedie sa sem predpísaný vek, v ktorom malo dôjsť k zabezpečeniu porastu.

Pre vykonanie výpočtu je potrebné kliknúť na oranžové tlačidlo „Prepočítať“. Systém automaticky vypočíta výslednú hodnotu a zobrazí údaje v náhľade riadku v hlásení. Nakoniec stačí kliknúť na pokyn pridať do hlásenia a systém vykonaný výpočet zapíše do zvoleného hlásenia. Následne je možné pokračovať vo výpočtoch pre ďalšie kategórie poškodenia dreviny prípadne pre iné druhy drevín v poraste. Pokiaľ bol výpočet pre daný porast ukončený, môžeme sa pomocou tlačidla návrat do mapy vrátiť na mapu s porastami, vybrať ďalší porast a pokračovať vo výpočtoch.

Kontaktné údaje

Organizácia: LOS Banká Sítavnica
 Adresa: 95001 Banká Sítavnica, Lesnícka 11
 Email: los@nicak.org Tel: 045 - 5314 500

Meno Otv: Andrej Guška
 Adresa: 95001 Banká Sítavnica, Lesnícka 11
 Email: andrej.guska@nicak.org Tel: 045 - 5314 500

Operácie: [Zobraziť] [Upraviť] [Vytvoriť] [Znovu vypočítať] [Znovu vypočítať] [Znovu vypočítať]

Rozsah a náklady na ochrana lesa proti zveri

Individuálna mechanická ochrana	Plocha: 2 ha	Náklady: 500 €
Reparatúry	Plocha: 3 ha	Náklady: 500 €
Isol (Odrezavováň)	Plocha: 1 ha	Náklady: 300 €
Opálky (reзах в ha aj v km)	Plocha: 3 ha (km)	Náklady: 3600 €
Pezenímka:		
Celková suma hlásenia:		130 354,74 EUR

Tabuľka záznamov k hláseniu škôd

Údaje o poškodenom poraste				Údaje o poškodených drevinách				Poškodené mladé lesné porasty				Poškodené staršie lesné porasty				Celková škoda (€)
Porast ID	Wk porastu	Vek porastu	Zaťaženie (%)	Druh dreviny	Zaťaženie (%)	Stav	Stav	Plocha dreviny (%)	Wk dreviny (%)	Wk dreviny (%)	Wk dreviny (%)	Plocha dreviny (%)	Wk dreviny (%)	Wk dreviny (%)		
k.	z.	s.	h.	k.	h.	h.	h.	h.	h.	h.	h.	h.	h.	h.		
95w/2	35	6,15	0,9	Smrek	40	42						30,7	1,49	1142,04	1142,04	
95w/2	35	6,15	0,9	Smrek	40	42						-7,2	1,49	1033,82	1033,82	
95w/7	35	6,15	0,5	Zverou horšák	30	34						2,1	0,37	54,91	54,91	
95w/2	7	0,24	1	Jaseň líboň	20	26	35,1	0,17	4,07						4,07	
95w/2	7	0,24	1	Jaseň líboň	20	26	-7,2	0,17	261,38						261,38	
281w/0	65	13,5	6,7	Smrek	15	38						-7,2	6,47	6029,02	6029,02	
572w/1	80	25,32	0,7	Smrek	40	10						23,1	6,19	1461,03	1461,03	
246w/0	15	5,31	1	Buk	75	26						-7,0	3,98	5524,53	5524,53	
246w/2	15	5,31	1	Trnab obyčajný	75	18						-7,0	3,98	9664,36	9664,36	
108w/1	15	8,26	1	Buk	65	26						50,1	5,37	31202,48	31202,48	

Obrázok 6: Stránka na kontrolu a odoslanie hlásení.

Správa hlásení

Po zadaní všetkých poškodených porastov do hlásenia je možné si v časti „hlásenia“ údaje ešte skontrolovať, prípadne chybné záznamy vymazať. Taktiež je možné vytvoriť PDF súbor, alebo odoslať PDF súbor s rozpracovaným hlásením na ľubovoľnú e-mailovú adresu. Systém ponúka aj možnosť previesť údaje z hlásenia do formátu excelovskej tabuľky. Táto možnosť môže byť užitočná v prípade, že si obhospodarovateľ potrebuje spracovať údaje z viacerých hlásení.

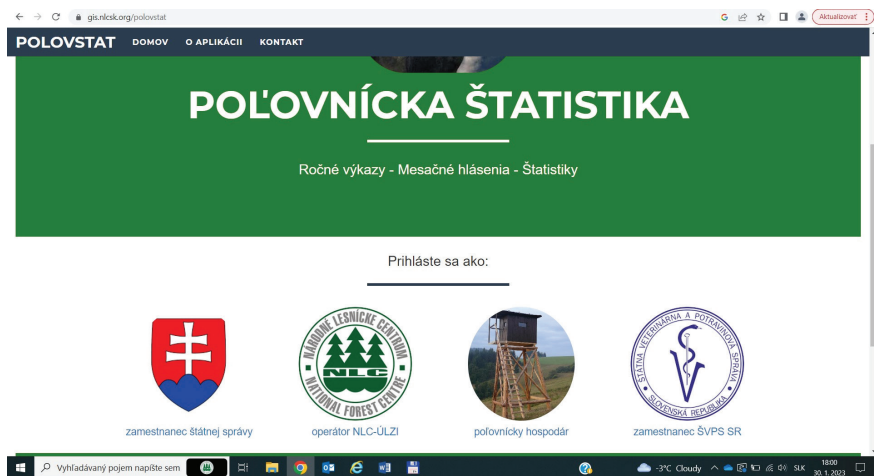
Samotné uzavretie hlásenia vykonáme kliknutím na políčko „Uzavrieť hlásenie“. Hlásenie bude uzavreté a odoslané na stredisko LOS Banská Štiavnica, v prípade záujmu je možné po zadaní Emailovej adresy zaslať na túto adresu kópiu hlásenia.

Uzavreté hlásenie sa automaticky uloží do databáz NLC a je považované za odovzdané. Nie je preto potrebné vytvárať PDF súbory a odosielať na NLC Zvolen alebo LOS Banská Štiavnica.

Predložená kalkulačka, alebo celý systém výpočtu a evidencie náhrad za škody spôsobené zverou v lesných porastoch je systém, na ktorom neustále pracujeme a snažíme sa ho postupne upravovať a vylepšovať tak, aby bol užívateľsky čo najprívetivejší, no zároveň funkčný a užitočný pre lesnícku prax. V budúcnosti plánujeme systém dobudovať aj o niektoré grafické a štatistické výstupy podľa potrieb užívateľov lesa a štátnej správy. Upravujeme systém prihlasovania a pridávame vrstvu poľovných revírov.

Praktické využitie údajov z kalkulačky

Samotný výpočet hodnoty poškodenia drevín v porastie však nie je jedinou podstatou kalkulačky. Pokiaľ bude kalkulačka využívaná lesníckou prevádzkou, budeme získavať informačnú databázu o poškodení porastov v jednotlivých oblastiach. Je to prvý krok k riešeniu problému so škodami zverou v lesnom hospodárstve.



Obr. 7: Aplikácia PolovStat môže v budúcnosti poskytovať veľmi dôležité prepojenie evidencie škôd zverou a poľovníckeho plánovania.

V nasledujúcom období plánujeme výstupy z kalkulačky sumarizovať na určité oblasti a prepojiť ich so systémom PolovStat. Jedná sa o aplikáciu na vedenie mesačnej evidencie lovu zveri v elektronickej podobe a na generovanie ročného výkazu o revíri a stavoch zveri (Poľov 12-01). Prináša úplne nové kategórie využiteľných údajov, ako je napríklad pohlavná štruktúra lovu mláďat, porovnanie vývoja lovu v jednotlivých mesiacoch a aj porovnanie s predchádzajúcimi sezónami, sledovanie presunov populácie v rámci regiónov, zmenu populačnej hustoty v priebehu sezóny, identifikáciu revírov s nízkou aktivitou pri love zveri a naopak revírov najlepších, obmedzenie len papierovo vykazovaného lovu (efektívnejšia kontrola), obmedzenie nesprávne vykazovaných kategórií zveri a pod. Po spracovaní údajov z kalkulačky tak budú údaje o škodách zverou v lesných porastoch k dispozícii príslušným úradom, ktoré už pri súčasnej legislatíve majú právomoci k úprave plánov chovu a lovu. Budú sa môcť cielenejšie zamerať na poľovné revíri, v ktorých sú vysoké škody a hľadať príčiny a možnosti ich riešenia.

Záver

Problematika škôd zverou je mimoriadne komplikovaná najmä preto, že nemáme dostatočné vierohodné informácie o rozsahu a intenzite škôd v lesných porastoch. Oficiálne dáta z lesnej hospodárskej evidencie sú značne podhodnotené a neposkytujú dostatočný obraz o probléme. Údaje z národnej inventarizácie lesov síce poskytujú nezávislé údaje, avšak časový interval inventarizácie a ani hustota bodov nám neposkytuje údaje, ktoré by bolo možné efektívne použiť. Určitý náhľad do rozsahu škôd zverou poskytuje databáza pri obnove programov starostlivosti o les. Aj tu je však potrebné zohľadniť, že vykonané práce nie sú primárne určené k zisťovaniu škôd zverou a aj časový interval desiatich rokov nie je najideálnejší. Kalkulačka na výpočet škôd zverou na stránkach www.e-los.sk však môže poskytnúť pravidelné a relatívne presne zamerané údaje o rozsahu a intenzite poškodzovania lesných porastov zverou. Zároveň po prepojení so systémom PolovStat, určenom pre poľovnícku evidenciu a plánovanie, môže poskytnúť dostatočné podklady na riešenie problému škôd zverou v lesných porastoch. V konečnom dôsledku tak môžeme povedať, že kto chce aby sa v jeho lesoch riešil problém so škodami zverou, bude využívať ponúkané systémy a škody zverou ich prostredníctvom evidovať.

Podakovanie

Tento článok bol vytvorený realizáciou projektu „Podpora trvalo udržateľného lesného hospodárstva v Srbsku prostredníctvom využívania moderných nástrojov manažmentu poľovnej zveri“ realizovaný od novembra 2022 do júna 2024 bol podporený z fondov Slovenskej agentúry pre medzinárodnú a rozvojovú spoluprácu (číslo projektu SAMRS/2022/ZB/1). Realizáciou projektu koncepčných prác financovaného MPRV SR: „Polovstat - príprava platformy pre zapracovanie informácií o škodách na LPF a PPF a ich transformácia do štandardizovaných výstupov potrebných pre proces modernizácie poľovníckeho plánovania a riadenia z úrovne Štátnej správy.“ a vďaka finančnej podpore v rámci projektu “Promoles“

– projekt financovaný z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301). , tiež realizáciou projektu „Výskum a vývoj bezkontaktných metód pre získavanie geopriestorových údajov za účelom monitoringu lesa pre zefektívnenie manažmentu lesa a zvýšenie ochrany lesov“, ITMS 313011V465 na základe podpory operačného programu integrovaná infraštruktúra financovaného z európskych štrukturálnych a investičných fondov.

Literatúra

- Gubka, A., Bučko, J., Šebeň, V., Barbierik, I. 2021: Metodika pre zisťovanie poškodenia lesných porastov zverou a oceňovanie škôd, NLC 2021, 19 strán.
- Gubka, A., Bučko, J., Šebeň, V., Barbierik, I., Slamka, M., Dubec, M., Kunca, A., Nikolov, Ch., Lalík, M. 2022: Príručka k metodike pre zisťovanie poškodenia lesných porastov zverou a oceňovanie škôd, NLC 2022 .pdf verzia, 83 strán
- Gubka, A., Dubec, M., Bučko, J., Šebeň, V., Barbierik, I., Nikolov, Ch., Lalík, M., Vakula, J., Kunca, A., Rell, S., Zúbrik, M., Leontovych, R. 2022: On-line kalkulačka pre evidenciu a výpočet náhrad za poškodzovanie lesných pozemkov zverou, Výstupy pre lesnícku prax, NLC Zvolen str. 30-39

Kontakt

Ing. Andrej Gubka, PhD., Ing. Marián Slamka, PhD., Ing. Marcel Dubec, Ing. Jozef Bučko, PhD., Ing. Christo Nikolov, PhD., Ing. Michal Lalík, PhD., Ing. Jozef Vakula, PhD., Ing. Vladimír Šebeň, PhD., Ivan Barbierik, Ing. Andrej Kunca, PhD.
Národné lesnícke centrum, T.G. Masaryka 2175/22, 96901 Zvolen
andrej.gubka@nlcsk.org, marian.slamka@nlcsk.org, marcel.dubec@nlcsk.org,
jozef.bucko@nlcsk.org, christo.nikolov@nlcsk.org, michal.lalik@nlcsk.org jozef.vakula@nlcsk.org, vladimir.seben@nlcsk.org, ivan.barbierik@nlcsk.org, andrej.kunca@nlcsk.org

PRÍPRAVKY NA OCHRANU RASTLÍN NA SLOVENSKU

**Andrej Kunca, Andrej Gubka, Roman Leontovyč, Milan Zúbrik, Juraj Galko,
Jozef Vakula, Michal Lalík, Slavomír Rell, Valéria Longauerová, Bohdan
Konôpka, Christo Nikolov, Marcel Dubec**

Úvod

Vlastník alebo správca lesa, odborný lesný hospodár (ďalej OLH), lesník alebo lesný robotník môže pri niektorých činnostiach pri spravovaní lesov byť usmerňovaný aj právnymi predpismi ovplyvňujúcimi zdravie rastlín, v prípade lesa zdravie lesných drevín. Ide o povinnosti súvisiace s aplikáciou prípravkov na ochranu rastlín a pomocných prípravkov, ich evidenciou a s obmedzením ich aplikácie v chránených územiach a certifikovaných lesoch.

Odborná spôsobilosť na prácu s prípravkami na ochranu rastlín

Profesionálny používateľ prípravkov na ochranu rastlín a pomocných prípravkov musí byť držiteľom osvedčenia o odbornej spôsobilosti (§ 32 zákona č. 405/2011 Z. z. o rastlinolekárskej starostlivosti (ďalej „zákona o rastlinolekárstve“)). Toto osvedčenie vydáva napr. Národné lesnícke centrum – Centrum transferu poznatkov a lesnej pedagogiky vo Zvolene ako poverená inštitúcia organizačným zabezpečením vzdelávania a vydávaním osvedčení. Osvedčenie sa s celoštátnou platnosťou vydáva na dobu určitú t.j. na 10 rokov a to tomu, kto absolvoval odborné vzdelávanie a zároveň vykonal testy odbornej spôsobilosti.

Národné lesnícke centrum (ďalej NLC) zabezpečuje odborné vzdelávanie na základe poverenia Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR (ďalej MPRV SR) a to v dvoch moduloch:

- Modul 02: Odborné vzdelávanie v oblasti prípravkov na ochranu rastlín pre vedúcich pracovníkov v poľnohospodárskej a lesníckej praxi. Ide o manažérov, ktorí prípravky nakupujú, sú zodpovední za skladové priestory, alebo odovzdávajú pracovisko, kde sa budú aplikovať prípravky na ochranu rastlín a pod.
- Modul 04: Odborné vzdelávanie v oblasti prípravkov na ochranu rastlín pre aplikátorov v lesníctve. Tento modul musia mať ľudia, ktorí napr. fyzicky berú postrekovač na chrbát a aplikujú prípravky v lese, teda ktorí realizujú fyzicky ťažkú a zdraviu nebezpečnú prácu.

Odborná spôsobilosť nie je potrebná pri aplikácii prípravkov na ochranu rastlín, ktoré sú určené na osobnú spotrebu. Odbornú spôsobilosť musí mať aj predajca prípravkov, aby bolo pri predaji zabezpečené odborné poradenstvo tým, čo si kupujú prípravky na ochranu rastlín, ktoré sú určené na osobnú spotrebu.

Zároveň je zakázaný samoobslužný predaj takýchto prípravkov na ochranu rastlín (§ 32 ods. 8 zákona o rastlinolekárstve).

Kto takéto osvedčenie má, môže pracovať t.j. manipulovať a aplikovať prípravky a to tie, ktoré sú uvedené vo výnose MPRV SR, v ktorom sa raz ročne aktualizuje tento zoznam prípravkov na ochranu rastlín a pomocných prípravkov. Tento zoznam existuje aj v elektronickej podobe na stránke Ústredného kontrolného a skúšobného ústavu poľnohospodárskeho (ďalej „ÚKSÚP“) <http://pripravky.uksup.sk/pripravok/search>.

Držiteľia osvedčenia na prácu s prípravkami na ochranu rastlín, ktoré sú uvedené v „zozname prípravkov“ vydávaných vo výnose MPRV SR, však nie sú oprávnení pracovať s prípravkami, ktoré sú uvedené v zozname vydávanom Úradom verejného zdravotníctva (zákon č. 103/2015 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravotníctva, § 15), napr. na <https://www.ccsk.sk/databio/PovoleneBV.html>. Na prácu s týmito prípravkami (zvyčajne sú to „veľmi toxické prípravky“), je potrebné školenie, ktoré organizačne zabezpečuje regionálny úrad verejného zdravotníctva. Trvanie takéhoto osvedčenia je na dobu neurčitú. Ide zvyčajne o aplikáciu ľudskému zdraviu nebezpečnejších prípravkov, ktoré sa používajú v blízkosti obydľí na napr. dezinfekciu, dezinsekciu a deratizáciu (ďalej „DDD“).

Evidencia a odpočet spotreby prípravkov

Spotrebu prípravkov na ochranu rastlín a pomocných prípravkov spotrebovaných v lesnom hospodárstve je potrebné evidovať a súhrnné údaje zasielať na NLC, Lesnícku ochranársku službu do Banskej Štiavnice do 15.2. za predchádzajúci rok (§ 35, ods. 3 zákona o rastlinolekárstve).

Spotreba sa eviduje:

- priebežne (je podrobná) a táto evidencia sa uchováva 3 roky pre prípadné kontroly,
- sumárne (je jednoduchá) a táto evidencia sa zasiela na LOS Banská Štiavnica do 15.2. za predchádzajúci rok.

Súhrnnú spotrebu je možné odpočítavať aj cez stránku:

- <http://www.los.sk/spotreba.html>, kde sú zverejnené tabuľky vo formáte Excel
- <https://www.e-los.sk//Pripravky/Pesticidy/Navod>, kde je umožnený interaktívny výber obhospodarovateľa a prípravkov, čím sa znižuje chybovosť hlásení. Údaje sa zapisujú priamo do elektronickej databázy a nie je potrebné zasielať údaje poštou alebo mailom.

Obmedzenia pre aplikáciu prípravkov na ochranu rastlín

Okrem obmedzení týkajúcich sa aplikácie prípravkov na ochranu rastlín podľa zákona 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny (2.-5. st. ochrany prírody) existuje aj obmedzenie na aplikáciu prípravkov v územiach NATURA2000 vyplývajúce z vyhlášky vydanej k rastlinolekárskeho zákonu. Ide o vyhlášku č. 488/2011 Z. z. o ochrane zdravia, kde v § 7 sa uvádza, že ak niekto chce aplikovať

prípravky na ochranu rastlín v územiach NATURA2000, tak je potrebné žiadať o súhlas resp. výnimku (podľa § 28 zákona 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny), kde sa posudzuje riziko škodlivého pôsobenia pre aplikáciu vybraného prípravku na jednotlivé skupiny biocenózy ako sú.

- vodné stavovce a bezstavovce, vodné rastliny (Vo)
- vtáky (Vt)
- cicavce (Z)
- suchozemské bezstavovce (Vč)
- pôdne makro a mikroorganizmy,
- vyššie a nižšie rastliny

Podobné obmedzenie je uvedené aj v tabuľke Prílohy č. 11 k vyhláske č. 477/2013 Z. z., ktoré týmto upravuje aplikáciu pomocných prípravkov v územiach NATURA2000.

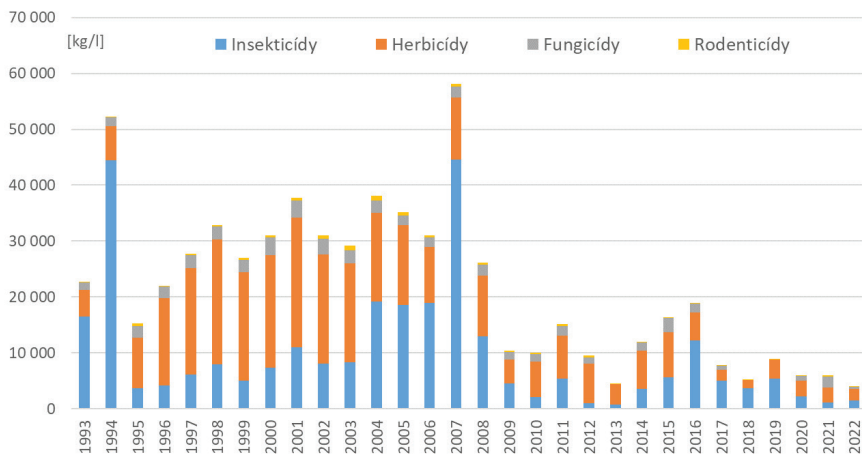
Spotreba prípravkov

Prípravkov na ochranu rastlín pre použitie v lesoch každým rokom klesá. Súvisí to najmä s vyradovaním účinných látok z registrácie na európskej úrovni. Nové autorizácie prípravkov nepribúdajú, resp. len ďaleko pomalšie, ako sú vyradované. Pri autorizácii prípravkov sa často využíva inštitút „vzájomného uznávania“ prípravkov autorizovaných v zahraničí. Taktiež je možné autorizovať prípravky do lesov cez inštitút „menej významného použitia“, a to u tých prípravkov, ktoré sú už autorizované na Slovensku, ide o ochranu rastliny rastúcej na výmere menšej ako 10 tis. ha alebo ide o lokálne sa vyskytujúceho škodcu. Aktuálne je na Slovensku do lesov autorizovaných 101 prípravkov s 22 účinnými látkami.

2023	Počet	
	prípravkov	účinných látok
Insekticídy	17	4
Herbicídy	53	4
Fungicídy	11	5
Rodenticídy	3	2
Repelenty	4	2
Feromóny	13	5
Spolu		

Tabuľka 1. Počet autorizovaných prípravkov na ochranu rastlín a pomocných prípravkov a počet účinných látok k 23.5.2023.

S poklesom dostupných prípravkov a s nárastom chránených území a lesov certifikovaných v schéme FSC a PEFC klesá aj spotreba prípravkov. Prípravkov je málo a plocha, kde je možné ich použiť, neustále klesá.



Obr. 1: Vývoj spotreby vybraných skupín prípravkov na ochranu rastlín za obdobie 1993-2022 na Slovensku

Záver

Pravidlá pre používanie prípravkov na ochranu rastlín sú prísne. Avšak takáto prísna regulácia prípravkov na ochranu rastlín vyplýva zo smerníc a nariadení Európskej komisie a Rady. Následné transponovanie pravidiel EÚ do národných právnych predpisov sa tieto pravidlá aj premietajú na územia Slovenska.

Z rôznych dôvodov spotreba prípravkov posledných 15 rokov klesá, okrem spotreby repelentov. Na túto situáciu sa lesníctvo bude musieť prispôbiť tým, že väčší dôraz sa bude klásť na nechemické metódy ochrany lesov.

Podakovanie

Tento článok 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, ďalej vďaka projektu „Výskum a vývoj bezkontaktných metód pre získavanie geopriestorových údajov za účelom monitoringu lesa pre zefektívnenie manažmentu lesa a zvýšenie ochrany lesov“ (FOMON), ITMS 313011V465 na základe podpory operačného programu integrovaná infraštruktúra financovaného z Európskych štrukturálnych a investičných fondov. Publikácia vznikla vďaka podpore Agentúry na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-19-0116 „Aplikácia entomopatogénnych húb z rodu *Beauveria* proti inváznym druhom hmyzu, č. APVV-19-0119 Potenciál huby *Entomophaga maimaiga* regulovať početnosť mnišky veľkohlavej *Lymantria dispar* (L.) na Slovensku a APVV-21-0131 Vývoj a testovanie biologicko-mechanických spôsobov ochrany ihličnatých sadeníc pred hmyzími škodcami v lesoch poškodených

veľkoplošnými kalamitami“ a projektu „Znižovanie environmentálnej záťaže pri pôsobení ozbrojených síl – výskum nových ekologických metód boja so škodcami lesa na území v správe podniku Vojenské lesy a majetky SR, š.p.“, ktorý je realizovaný s finančnou podporou Ministerstva obrany Slovenskej republiky. Práca vznikla aj vďaka finančnej podpore v rámci projektu “PROMOLES“ - projekt financovaný z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301).

Kontakt

Ing. Andrej Kunca, PhD., Ing. Andrej Gubka, PhD., Ing. Roman Leontovyč, PhD., Ing. Milan Zúbrik, PhD., Ing. Juraj Galko, PhD., Ing. Jozef Vakula, PhD., Ing. Michal Lalík, Ing. Slavomír Rell, PhD., Ing. Valéria Longauerová, PhD., Doc. Ing. Bohdan Konôpka, Ing. Christo Nikolov, PhD., Ing. Marcel Dubec
 Národné lesnícke centrum, T. G. Masaryka 2175/22, 969 01 Zvolen
 andrej.kunca@nlcsk.org, andrej.gubka@nlcsk.org, roman.leontovyc@nlcsk.org, milan.zubrik@nlcsk.org, juraj.galko@nlcsk.org, jozef.vakula@nlcsk.org, michal.lalik@nlcsk.org, slavomir.rell@nlcsk.org, valeria.longauerova@nlcsk.org, bohdan.konopka@nlcsk.org, christo.nikolov@nlcsk.org, marcel.dubec@nlcsk.org

PRÍLOHY

Tabuľka 1. *Herbicídy pre lesy a lesné škôlky autorizované k 23.5.2023:*

Obchodný názov	Účinná látka	Plodiny	Doba autorizácie	Predaj a distribúcia
AGIL 100 EC	Propaquizafop (100,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky, topol	30.11.2023	30.5.2024
AGROKLASIK GREEN	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky, ihličnaté dreviny, listnaté dreviny, borovica, jedľa, smrek	31.12.2023	30.6.2024
ALIGRAM	Propaquizafop (100,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky	30.11.2023	30.5.2024
AMEGA	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	úhorované plochy, lesné škôlky, lesné neprodukčné plochy	31.12.2023	30.6.2024
AMEGA 360	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	úhorované plochy, lesné škôlky, lesné neprodukčné plochy	31.12.2023	30.6.2024
A-propaN-I	Propaquizafop (100,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky	30.11.2022	30.5.2023
A-propaN-II	Propaquizafop (100,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky, topol	30.11.2022	30.5.2023
A-propaN-III	Propaquizafop (100,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky, topol	30.11.2023	30.5.2024
A-propaN-IV	Propaquizafop (100,000 g/l)	lesné škôlky, topol	30.11.2023	30.5.2024

BARBARIAN SUPER 360	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty	31.12.2023	30.6.2024
BARCLAY GALLUP HI-AKTIV	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (490,000 g/l)	lesné porasty	31.12.2023	30.6.2024
BOOM EFEKT	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky, ihličnaté dreviny, listnaté dreviny, borovica, jedľa, smrek	31.12.2023	30.6.2024
BRONCO	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky	31.12.2023	30.6.2024
CLINIC FREE	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	všetky plodiny, lesné škôlky, lesné porasty	15.12.2023	15.6.2024
CLINIC TF	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	úhorované plochy, lesné porasty, lesné škôlky	31.12.2023	30.6.2024
CLINIC UP	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty	31.12.2023	30.6.2024
COSMIC	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky	31.12.2023	30.6.2024
DOMINATOR	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty	31.12.2023	30.6.2024
DOMINATOR MAX	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (480,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky	31.12.2023	30.6.2024
FIGARO 360	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty	31.12.2023	30.6.2024
GALLUP SUPER 360	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty	31.12.2023	30.6.2024
GARLAND FORTE	Propaquizafop (100,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky	30.11.2023	30.5.2024
GLYBELLA 360 SL	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty	31.12.2023	30.6.2024
GLYFOGAN SUPER	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky, nepoľnohospodárska pôda	15.12.2024	15.6.2025
GLYFOMAX 480 SL	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty	31.12.2023	30.6.2024

KAPAZIN	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky	31.12.2023	30.6.2024
KAPUT GREEN	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	borovica, jedľa, smrek, ihličnaté dreviny, lesné porasty, lesné škôlky, listnaté dreviny	31.12.2023	30.6.2024
KAPUT HARVEST TF	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	úhorované plochy, lesné porasty, lesné škôlky	31.12.2023	30.6.2024
KAPUT HARVEST UP	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty	31.12.2023	30.6.2024
KLEAN G	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty	31.12.2023	30.6.2024
LEOPARD 5 EC	Quizalofop-P-ethyl (50,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky	30.11.2024	30.5.2025
LIGA	Propaquizafop (100,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky	30.11.2022	31.5.2023
LONTREL 300	Clopyralid (300,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky	30.4.2028	30.10.2028
MASTER GLY	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty	31.12.2023	30.6.2024
MJM DESICATE	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	úhorované plochy, lesné škôlky, lesné neproduktívne plochy	31.12.2023	30.6.2024
MONOSATE G	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty	31.12.2023	30.6.2024
PROFOP-3 100 EC	Propaquizafop (100,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky, topol	30.11.2023	30.5.2024
PROFOP-4 100 EC	Propaquizafop (100,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky, topol	30.11.2023	30.5.2024
PROFOP-I 100 EC	Propaquizafop (100,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky	30.11.2022	30.5.2023
PROFOP-II 100 EC	Propaquizafop (100,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky, topol	30.11.2022	30.5.2023
READY	Propaquizafop (100,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky, topol	30.11.2024	30.5.2025
ROSATE GREEN TF	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky, ihličnaté dreviny, listnaté dreviny, borovica, jedľa, smrek	31.12.2023	30.6.2024
ROSATE TF	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty	31.12.2023	30.6.2024

ROUNDUP BLAKTIV	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky, borovica, jedľa, smrek	31.12.2023	30.6.2024
ROUNDUP BLAKTIV PLUS	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	borovica, jedľa, smrek, lesné škôlky, lesné porasty	31.12.2023	30.6.2024
ROUNDUP FLEX	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (480,000 g/l)	borovica, jedľa, smrek, lesné škôlky, lesné porasty	31.12.2023	30.6.2024
ROUNDUP KLASIK PRO	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	borovica, jedľa, smrek, lesné škôlky, lesné porasty, nepoľnohospodárska pôda	15.12.2023	15.6.2024
ROUNDUP RAPID	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (450,000 g/l)	borovica, jedľa, smrek, lesné škôlky, lesné porasty, nepoľnohospodárska pôda	15.12.2023	15.6.2024
RWA GLYFO 360	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty	31.12.2023	30.6.2024
SHYFO	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	okrasné rastliny, lesné porasty, lesné škôlky, úhorované plochy	15.12.2023	15.6.2024
TOUCH- DOWN SYSTEM 4	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (360,000 g/l)	lesné porasty, ihličnaté dreviny, lesné škôlky, listnaté dreviny, borovica, jedľa, smrek	31.12.2023	30.6.2024
TRUSTEE HI- AKTIV	Glyphosate (incl trimesium aka sulfosate) (490,000 g/l)	lesné porasty	31.12.2023	30.6.2024
ZETROLA	Propaquizafop (100,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky	30.11.2023	30.5.2024

Tabuľka 2. Fungicídy pre lesy a lesné škôlky autorizované k 23.5.2023:

Obchodný názov	Účinná látka	Plodiny	Doba autorizácie	Predaj a distribúcia
ALIETTE 80 WG	Fosetyl (248,600 g/kg)	bukvica	30.4.2024	30.10.2024
CELEST EXTRA FORMULA M	Difenoconazole (25,000 g/l), Fludioxonil (25,000 g/l)	buk, dub	31.10.2023	30.4.2024
GREEN DOCTOR	Pythium oligandrum M1 (1,000 x10 ⁶ oospores/g)	semeno ihličnatých drevín (smrek; borovica; smrekovec), semenáčky ihličnanov	30.4.2024	30.10.2024
KUMULUS WG	Sulphur (800,000 g/ kg)	dub	31.12.2023	30.6.2024

POLY-DRESSER	Pythium oligandrum M1 (1,000 x10 ⁶ oospores/g)	semeno ihličnatých drevín (smrek; borovica; smrekovec)	30.4.2024	30.10.2024
POLY-VERSUM	Pythium oligandrum M1 (1,000 x10 ⁶ oospores/g)	semeno ihličnatých drevín (smrek; borovica; smrekovec), semenáčky ihličnanov	30.4.2024	30.10.2024
POLY-VERSUM-BIOGARDEN	Pythium oligandrum M1 (1,000 x10 ⁶ oospores/g)	semeno ihličnatých drevín (smrek; borovica; smrekovec), semenáčky ihličnanov	30.4.2024	30.10.2024
SCALA	Pyrimethanil (400,000 g/l)	lesné a okrasné škôlky	30.4.2024	30.10.2024
SÍRA BL	Sulphur (796,000 g/kg)	dub	31.12.2022	30.6.2023
SULFURUS	Sulphur (796,000 g/kg)	dub	31.12.2023	30.6.2024
THIOVIT JET	Sulphur (800,000 g/kg)	dub	31.12.2023	

Tabuľka 3. Insekticídy pre lesy a lesné škôlky autorizované k 23.5.2023:

Obchodný názov	Účinná látka	Plodiny	Doba autorizácie	Predaj a distribúcia
ALVISOID	Tefluthrin (15,000 g/kg)	lesné dreviny, lesné škôlky	31.12.2025	30.6.2026
FORCE 1,5 G	Tefluthrin (15,000 g/kg)	lesné dreviny, lesné škôlky, okrasné dreviny	31.12.2025	30.6.2026
KARATHE ZEON 5CS	lambda-Cyhalothrin (50,000 g/l)	lesné porasty, smrek, borovica, ihličnany – sadenice	31.10.2026	30.4.2027
LAMBDO	lambda-Cyhalothrin (50,000 g/l)	lesné porasty, smrek, borovica, ihličnany – sadenice	31.12.2021	20.6.2022
NINJA ZEON 5 CS	lambda-Cyhalothrin (50,000 g/al)	lesné porasty, smrek, borovica, ihličnaté dreviny	31.10.2026	30.4.2027
NIRANUT	Tefluthrin (15,000 g/kg)	lesné dreviny, lesné škôlky	31.12.2025	30.6.2026
OMNAFTIC	Tefluthrin (15,000 g/kg)	lesné dreviny, lesné škôlky	31.12.2025	30.6.2026
QUICKPHOS TABLETS 56 GE	Aluminium phosphide (560,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky, nepoľnohospodárska pôda, drevo v prepravných kontajneroch	31.8.2024	28.2.2025
SENTINEL	lambda-Cyhalothrin (50,000 g/l)	lesné porasty, smrek, borovica, ihličnany – sadenice	31.10.2026	30.4.2027

STRIKE 1.5 G	Tefluthrin (15,000 g/kg)	lesné dreviny, lesné škôlky	31.12.2025	30.6.2026
TAIFREE	Tefluthrin (15,000 g/kg)	lesné dreviny, lesné škôlky	31.12.2025	30.6.2026
TEFLIX	Tefluthrin (15,000 g/kg)	lesné škôlky, sadenice okrasných a lesných drevín	31.12.2025	30.6.2026
TEXLA	Tefluthrin (15,000 g/kg)	lesné dreviny, lesné škôlky, okrasné dreviny	31.12.2025	30.6.2026
TOFINO	Tefluthrin (15,000 g/kg)	lesné škôlky, sadenice okrasných a lesných drevín	31.12.2025	30.6.2026
TREBON 30 EC	Etofenprox (287,500 g/l)	smrek, borovica, dub, lesné porasty	31.12.2023	30.6.2024
VAZTAK PRO	lambda-Cyhalothrin (50,000 g/l)	lesné porasty, smrek, borovica, ihličnany – sadenice	31.10.2026	30.4.2027
VIGILEX	Tefluthrin (15,000 g/kg)	lesné dreviny, lesné škôlky	31.12.2025	30.6.2026

Tabuľka 4 Rodenticídy pre lesy a lesné škôlky autorizované k 23.5.2023:

Obchodný názov	Účinná látka	Plodiny	Doba autorizácie	Predaj a distribúcia
QUICKPHOS PELLETS 56 GE	Aluminium phosphide (560,000 g/l)	lesné porasty, lesné škôlky, nepoľnohospodárska pôda, drevo v prepravných kontajneroch	31.8.2024	28.2.2025
RATRON GW	Zinc phosphide (25,000 g/kg)	nepoľnohospodárske plochy, lesné porasty	30.4.2025	30.10.2025
STUTOX-II	Zinc phosphide (25,000 g/kg)	ihličnaté dreviny, listnaté dreviny	30.4.2025	30.10.2025

Tabuľka 5 Repelenty pre lesy a lesné škôlky autorizované k 23.5.2023:

Obchodný názov	Účinná látka	Plodiny	Doba autorizácie	Predaj a distribúcia
CERVACOL EXTRA	Quartz sand (251,000 g/kg)	ihličnaté dreviny, listnaté dreviny	31.8.2024	28.2.2025
TRICO	Repellents by smell of animal or plant origin/ sheep fat (64,600 g/l)	lesné porasty, baza čierna	31.8.2024	28.2.2025
VERSUS EXTRA	Quartz sand (300,000 g/kg)	ihličnaté dreviny, listnaté dreviny	31.8.2024	28.2.2025
WAM EXTRA	Quartz sand (300,000 g/kg)	ihličnaté dreviny, listnaté dreviny	31.8.2024	28.2.2025

Tabuľka 6 Feromóny pre lesy a lesné škôlky autorizované k 23.5.2023:

Obchodný názov	Účinná látka	Plodiny	Doba autorizácie	Predaj a distribúcia
DELTA STOP ZG	(E)-9-Dodecen-1-yl acetate (0,160 %)	lesné porasty	15.10.2028	15.4.2029
CHALCO-PRAX A	chalcogran (2-Ethyl-1,6-dioxaspiro (4,4) nonan) (6,150 %)	lesné porasty	14.4.2030	14.10.2030
ID-ECOLURE	ipsdienol (1,780 w/w)	lesné porasty	19.12.2028	19.6.2029
IT-ECOLURE	(S)-cis-verbenol (4,6,6-Trimethyl-bicyclo[3.1.1]hept-3-en-ol) (3,900 w/w)	lesné porasty	17.12.2028	17.6.2029
IT-ECOLURE EXTRA	(S)-cis-verbenol (4,6,6-Trimethyl-bicyclo[3.1.1]hept-3-en-ol) (33,000 g/l)	lesné porasty	14.12.2028	14.6.2029
IT-ECOLURE MEGA	(S)-cis-verbenol (4,6,6-Trimethyl-bicyclo[3.1.1]hept-3-en-ol) (3,900 w/w)	lesné porasty	18.12.2028	18.6.2029
IT-ECOLURE TUBUS	(S)-cis-verbenol (4,6,6-Trimethyl-bicyclo[3.1.1]hept-3-en-ol) (33,000 g/l)	lesné porasty	4.12.2028	4.6.2029
PC-ECOLURE	chalcogran (2-Ethyl-1,6-dioxaspiro (4,4) nonan) (40,000 g/l)	lesné porasty	14.12.2028	14.6.2029
PC-ECOLURE TUBUS	chalcogran (2-Ethyl-1,6-dioxaspiro (4,4) nonan) (40,000 g/l)	lesné porasty	7.12.2028	7.6.2029
PCIT-ECOLURE	(S)-cis-verbenol (4,6,6-Trimethyl-bicyclo[3.1.1]hept-3-en-ol) (3,800 %), chalcogran (2-Ethyl-1,6-dioxaspiro (4,4) nonan) (1,200 %)	lesné porasty	19.12.2028	19.6.2029
PCIT-ECOLURE TUBUS	(S)-cis-verbenol (4,6,6-Trimethyl-bicyclo[3.1.1]hept-3-en-ol) (32,000 g/l), chalcogran (2-Ethyl-1,6-dioxaspiro (4,4) nonan) (10,000 g/l)	lesné porasty	30.11.2028	31.5.2029
PHEROPRAX A	(S)-cis-verbenol (4,6,6-Trimethyl-bicyclo[3.1.1]hept-3-en-ol) (3,560 %), ipsdienol (0,360 %)	smrek	14.8.2028	14.2.2029
XL-ECOLURE	(IR)-1,3,3-Trimethyl-4,6-dioxatricyclo[3.3.1.0 ^{2,7}]nonane (lineatin) (9,000 g/kg)	lesné porasty	14.12.2028	14.6.2029

RÔZNE

VYUŽITÍ BIOTECHNOLOGIÍ V LESNÍM HOSPODÁŘSTVÍ ČR

**Pavína Máchová, Helena Cvrčková,
Martina Komárková, Olga Trčková, Jiří Čáp**

Abstrakt

Cílem lesnického šlechtitelství je zajistit generativní i vegetativní reprodukci i u těch populací, u nichž, ať už z důvodů průmyslových imisí, poškození hmyzem, houbovými chorobami nebo nepřiměřené těžby, nedochází k přirozené obnově. Generativní a klasické metody vegetativní reprodukce u řady druhů dřevin z mnoha důvodů selhávají. Jednou z možností vegetativní reprodukce je stále více se uplatňující využití biotechnologických postupů in vitro, kterými lze rychle a ekonomicky výhodně namnožit kvalitní sadební materiál z vybraných dárcovských jedinců. Pro naplnění cíle zachovat genetické zdroje lesních dřevin ex situ v co nejširší genetické variabilitě pro jejich budoucí reprodukci jsou využívány i DNA analýzy, např. mikrosatelitové markery, které jsou vhodné i pro ověřování klonální identity. Moderní biotechnologické postupy představují nové alternativy ve šlechtění lesních dřevin.

Klíčová slova

borovice kleč, mikropropagace, mikrosatelity, organogeneze

Úvod

Vedle ochrany a reprodukce genetických zdrojů lesních dřevin v podmínkách in situ využívaných všude tam, kde jsou předpoklady uchování genetických zdrojů v místě původního výskytu, je další možností chránit genetické zdroje v podmínkách ex situ. Tímto způsobem jsou zálohovány části genofondu pro případy zničení genetického zdroje v podmínkách in situ působením abiotických či biotických činitelů včetně antropogenní činnosti. Kvalitní reprodukční sadební materiál lze získávat pomocí tradičních postupů generativní i vegetativní reprodukce, ale lze využívat i biotechnologické postupy.

Mikropropagace je vhodnou technologií pro konzervaci ohrožených genotypů i rychlé získání dostatečného množství klonového sadebního materiálu pro případnou repatriaci ohrožených druhů rostlin na původní stanoviště. První práce dokazující možnost vypěstování kompletních rostlin z primárních explantátů (výhony, pupeny, listy, zygotická embrya, kotyledony) v podmínkách in vitro se u listnatých dřevin datují do 30. let (Gautheret 1934, *Ulmus campestris*), u jehličnanů o něco později (Ball 1950, *Sequoia sempervirens*; Reinert, White 1956, *Picea glauca*). Problematiku mikropropagace a její využití v lesním hospodářství zavedl v ČR profesor V. Chalupa počátkem sedmdesátých let 20. století, a to na pracovišti

VÚLHM. Vypracoval postupy organogeneze a somatické embryogeneze pro řadu našich jehličnatých a většinu listnatých lesních dřevin, jako příklad lze uvést práce týkající se mikropropagace smrku (*Picea abies*) a douglasky (*Pseudotsuga menziesii*) (Chalupa, Durzan 1973).

Mikropropagační technologie lesních dřevin jsou zaměřeny na dva základní cíle, a to na reprodukci lesních dřevin za účelem zachrany genových zdrojů ohrožených druhů lesních dřevin a na šlechtění lesních dřevin a rychlé rozmnožování cenných odrůd a populací s vynikajícími vlastnostmi.

Nespornou výhodou mikropropagačních technologií je, že umožňují pracovat při zakládání explantátových kultur s velmi malým množstvím rostlinného materiálu, takže jeho odběr dárcovský strom nepoškozuje. Nabízí se proto jejich využití zvláště tam, kde jde o záchranu silně ohroženého druhu, nebo se dárcovská dřevina vyskytuje už jen sporadicky. Z ekonomického hlediska je nepřehlédnutelné, že mikropropagovaný rostlinný materiál, který se dále uchovává v archivu explantátů nebo bance explantátů, lze kdykoliv použít pro další namnožení neomezeného počtu jedinců v relativně krátkém časovém období. Shromažďování co největšího počtu klonů od jednotlivých druhů je předpokladem zajištění genetické variability množného druhu. Další výhodou mikropropagačního postupu je reprodukce rostlin z meristematických pletiv, která jsou prostá patogenních zárodků, takže získaný sadební materiál může napomoci při ozdravování napadených lesních biotopů.

Mikropropagační technologie

Jako explantáty se obecně označují různé části rostlin, které jsou sterilně pěstovány v in vitro podmínkách na definovaných živných médiích. Výchozím materiálem pro explantáty jsou menší části rostlin, mohou být využity prakticky všechny rostlinné části, a to i části, které se při klasickém vegetativním způsobu množení nepoužívají (generativní pletiva, orgány, buňky, protoplasty a kalusy). U lesních dřevin se jako zdrojové rostlinné části obvykle používají zralá i nezralá embrya, hypokotyly, kotyledony, vrcholky výrůstků, apikální meristémy z apikálních i axilárních pupenů, celé výhony a orgány, jehličí nebo svazky jehličí (brachyblasty) a listy, ale také kambiální pletiva ze starších výhonů a dokonce jednotlivé buňky nebo protoplasty.

Úspěšnost mikropropagace určují kvalita zdrojového materiálu (volba vhodného dárce, jeho stáří a zdravotní stav, doba odběru), manipulace s rostlinným materiálem pro přípravu explantátů (způsob a délka skladování, účinnost sterilizace vůči patogenům a její šetrnost k pletivům explantátu), výběr kultivačních postupů in vitro a stanovení podmínek pro aklimatizaci dopěstovaných kompletních rostlin podle odlišných růstových požadavků jednotlivých druhů (chemické složení živného média, teplota, délka a intenzita osvětlení).

Prozatím nejúspěšnější metodou mikropropagace, používanou zejména u listnatých dřevin, je organogeneze. Je vhodná pro klonové množení vyselektovaných dílčích populací stromů (např. při nedostatečné fruktifikaci nebo zničení semena hmyzem).

Prvotní fáze mikropropagačního procesu je založení (indukce) explantátové kultury. Při indukci organogeneze jsou hormonálně nastartovány morfogenetické pochody podmiňující diferenciaci pletiv v primárním explantátu. V jejich průběhu se vytvářejí výhony, které se použijí k další multiplikaci (množení) nebo k indukci zakořeňování.

Od každého reprodukovatelného klonu (stromu) se v předjaří odebírá minimálně 30 pupenů, které jsou podrobeny sterilizačnímu procesu. Ve sterilním prostředí se odstraní vnější šupiny pupenů (Obr. 1) a extirpované vzrostlé vrcholy se umístí na indukční agarové živné médium se specifickým složením makro i mikroelementů, obsahem fytohormonů a ztužujícího agens (Obr. 2). Explantátové kultury jsou udržovány v definovaných klimatizovaných podmínkách a proliferace nasazených explantátů v prýty trvá přibližně 4 - 6 týdnů.



Obr. 1: Extirpace pupenu jeřábu břeku



Obr. 2: Indukce růstu explantátové kultury jeřábu břeku

Je obecně známo, např. Caboni et Tonelli (1999), Welander et Maheswaran (1992), že optimální kultivační podmínky se liší nejen mezi druhy, ale v rámci druhu i mezi jednotlivými genotypy. Proto je nutné pro každý multiplikovaný druh i klon stanovit nejhodnější kultivační podmínky, především složení kultivačního média a nejhodnější koncentrace a typy fytohormonů. Rozdíly v multiplikaci se mohou projevit i při kultivaci různých částí explantátu, např. bazální a vrcholové části adventivního výhonu (Malá 2003).

Po založení primární kultury nastupuje pro dosažení dostatečného počtu výhonů žádaného klonu lesní dřeviny stadium multiplikace (Obr. 3 – Obr. 6). Toto stadium představuje vlastní namnožení rostlinných jedinců ovlivněné především nutričními a hormonálními podmínkami kultivace. U některých druhů jsou tyto podmínky stejné jako při zakládání primární kultury, u druhých je naopak nutná pasáž primární kultury na médium jiného složení. Také požadavky na podmínky kultivace se mohou buď shodovat, nebo lišit v obou stádiích mikropropagace. Přenos na čerstvé médium lze několikrát opakovat a stále získávat proliferační prýty nebo celé rostliny (Novák 1990). Ve VÚLHM jsou kontinuálně udržovány vybrané klony v multiplikační fázi již od 80 let 20. století.

Optimalizací kultivačních podmínek, především vhodným poměrem fytohormonů, lze dosáhnout vysokého množitelského koeficientu výhonů. U

listnatých lesních stromů byla dosažena regenerace z explantátů pěstovaných na živných médiích již u většiny našich významných druhů dřevin. U různých druhů stromů jako u dubu, lípy, jeřábu, jasanu, jilmu, habru, akátu, třešně ptačí, osiky, topolů a vrb bylo dosaženo rychlého rozmnožování. Rychlého množení bylo dosaženo stimulací růstu axilárních pupenů. Koefficient množení prýtů těchto dřevin pěstovaných in vitro byl značný, během jednoho roku je možno z jednoho explantátu vypěstovat více než 104 až 108 prýtů (Chalupa 1996).



Obr. 3: Explantátová kultura jeřábu
břeku



Obr. 4: Explantátová kultura třešně
ptačí



Obr. 5: Explantátová kultura lípy



Obr. 6: Explantátová kultura topolu
šedého

Po fázi namnožení následuje zakořeňovací fáze (rhizogeneze). Namnožené mikrořízky se zakořeňují v agarových živných médiích (Obr. 7) nebo v různých rašelino-perlitových substrátech. Tvorba kořenů se navozuje úpravou kultivačních podmínek, především složením kultivačního média a nevhodnější koncentrací vybraných fytohormonů auxinového typu. Pro získání kvalitních sazenic původu in vitro jsou vedle postupů rhizogeneze důležité i postupy aklimatizace. Rostliny se musí během přechodu z kultivace v in vitro podmínkách se 100% relativní vzdušnou vlhkostí, optimálními světelnými podmínkami, vysokým stupněm sterility vyrovnat s přenosem do venkovního prostředí (Preece, Read 2003). Pro úspěšné dopěstování výsadbyschopných výpěstků in vitro byl ve VÚLHM vypracován systém, který spočívá v indukci rhizogeneze v agarovém médiu, přesazením zakořeňovaných mikrořízků do perlitu (kde dochází již k funkční strukturalizaci kořenového systému) a přesazením sazenic do zahradnického substrátu (Obr. 8). Současně je snižována vzdušná vlhkost na 70 %. Pro úspěšnou aklimatizaci rostlin se ukázala nezbytná konstantní teplota (22 °C) a vysoká intenzita osvětlení (Malá 2001).



Obr. 7: Rhizogeneze břízy trpasličí



Obr. 8: Aklimatizace jeřábu břeku

Po vytvoření kořenového systému a aklimatizaci se kompletní rostliny určené pro výsadbu vysazují na venkovní záhony k dopěstování. Růst, vývoj a životaschopnost výpěstků in vitro jsou dlouhodobě ověřovány na testovacích plochách. Pro výsadbu jsou použity pouze výpěstky, které odpovídají standardům kvality sadebního materiálu.

Od roku 1996 jsou ve VÚLHM vypěstované sazenice vysazovány na demonstrační objekty, v současné době se pravidelně hodnotí růst výpěstků in vitro na 16 demonstračních plochách zřízených v různých přírodních lesních oblastech ČR (Obr. 9). Biometrická měření přírůstků a celkový morfologický vývoj ukazují, že výpěstky in vitro se vyvíjejí srovnatelně se semenáčky, a ani jejich mortalita není vyšší.

Ve VÚLHM byly zpracovány optimalizace postupů mikropropagace pro více než třicet druhů lesních dřevin (třešeň ptačí, jeřáb břek, jeřáb oskeruše, jeřáb spp., jabloň lesní, hrušeň polnička, jilm spp. topol šedý, duby spp., smrk ztepilý) a ohrožených druhů rostlin (hořec jarní, lýkovec vonný, bříza trpasličí). Metodické postupy jsou dostupné ve formě certifikovaných metodik na www.vulhm.cz/aktivity/vydavatelska-cinnost/lesnicky-pruvodce/.

Metodické postupy mikropropagace jsou využívány pro zajištění činností Národní banky osiva a explantátů lesních dřevin, která byla zřízena v rámci Národního programu ochrany a reprodukce genofondu lesních dřevin. Jedná se o trvalé účelové zařízení dlouhodobě uchováující osivo a explantáty lesních dřevin ve specifických podmínkách s cílem zachovat genetické zdroje lesních dřevin v podmínkách ex situ v co nejširší genetické variabilitě pro jejich budoucí reprodukci. V rámci Národního programu jsou využívány i DNA analýzy, konkrétně SSR (mikrosatelitové) markery, které jsou vhodné pro ověřování klonální identity.

Genetická rozmanitost a heterozygotnost populací lesních dřevin je zásadní podmínkou pro přizpůsobení se probíhajícím změnám klimatu. Pro ověřování polymorfismu a diverzity populací lesních dřevin se využívají rozdílné techniky DNA analýz, v laboratořích VÚLHM se primárně využívají analýzy mikrosatelitových markerů. Dosud byly zpracované postupy SSR analýz pro 23 druhů lesních dřevin: smrk ztepilý, borovice lesní, duby spp., buk lesní, jilmy spp., jedle bělokora, lípa srdčitá, třešeň ptačí, javor klen, tis červený, jeřáb břek, jeřáb oskeruše, jeřáb ptačí, modřín opadavý, borovice kleč, douglaska tisolistá, bříza bělokora, bříza pýřitá, olše lepkavá, topol černý, topol bílý, topol osika, topol šedý. Metodické postupy jsou dostupné ve formě certifikovaných metodik na www.vulhm.cz/aktivity/vydavatelska-cinnost/lesnicky-pruvodce/.



Obr. 9: Výpěstky *in vitro* (jilm vaz) na demonstrační ploše č. 409 Oldřichov ve věku 15 let

Využití analýz SSR markerů pro genetickou charakterizaci vybraných porostů borovice kleče na území KRNAP a TANAP

Ve spolupráci s pracovníky správy KRNAP bylo vytipováno 12 lokalit pro prvotní odběry rostlinného materiálu určených pro následné genetické analýzy. Těchto 12 lokalit bylo rozděleno na 6 lokalit v západní a 6 lokalit ve východní části Krkonoš.

V každé části Krkonoš byly vybrány 2 lokality s historicky doloženým původním výskytem kleče, dvě lokality se zaručeným nepůvodním výskytem a dvě lokality, u nichž je původ porostů neznámý, či ne zcela zaručený. Do studie byly dále zahrnuty dva porosty borovice kleče z lokalit nacházejících se v západní a východní části Tater. Z každého porostu bylo z 50 jedinců odebráno vždy po 3 - 5 narašených, nezdrěvnatělých prýtů. Vzdálenost mezi donorovými jedinci byla předem stanovena na 40-60 m. Označení porostů pro genetické analýzy je uvedeno v Tab. 1.

Označení	Lokalita	Původ
VT_A	Východní Tatry	původní
ZT_A	Západní Tatry	původní
KR_L1_?	Labská bouda	neurčeno
KR_L2_A	Labská bouda	původní
KR_L3_I	Labská bouda	nepůvodní
KR_L4_?	Labská bouda	neurčeno
KR_V1_A	Vrbatova bouda	původní
KR_V2_I	Vrbatova bouda	nepůvodní
KR_LU7_?	Luční bouda	neurčeno
KR_LU8_I	Luční bouda	nepůvodní
KR_V9_A	Výrovka	původní
KR_LI10_I	Liščí hora	nepůvodní
KR_MS11_?	Modré sedlo	neurčeno
KR_SN12_A	Sněžka	původní

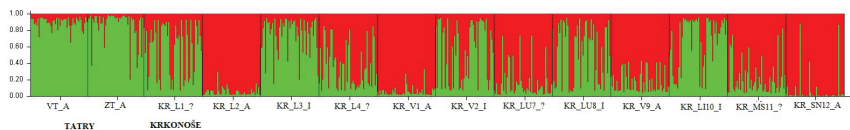
Tabulka 1: Přehled, lokalizace a původnost sledovaných porostů borovice kleče

Pro izolaci DNA byl použit lyofilizovaný rostlinný materiál, DNA byla získána pomocí izolačního kitu DNeasy Plant Mini Kit. Množství a kvalita vyzolované DNA byla měřena pomocí spektrofotometru MaestroNano Pro (MaestroGen). Na základě studia literatury bylo pro účely výzkumné práce vytipováno 20 mikrosatelitových (SSR) lokusů. Testování polymerázové řetězové reakce (PCR) proběhlo se specifickými primery k osmi markerům z publikace Żukowska Wachowiak (2017). Dále se otestovalo 12 markerů původně vyvinutých pro *Pinus taeda* z publikace Zhou et al. (2002) a z publikace Elsik et al. (2000). Pro získání amplifikačních produktů testovaných lokusů byly optimalizovány reakční směsi a teplotní cykly polymerázové řetězové reakce. PCR probíhaly v termocyklerech Veriti Thermal cycler. Předběžné hodnocení získaných amplifikačních produktů bylo provedeno po proběhlé elektroforéze na 2% agarózových gelech v 0,5 x TBE pufru (Tris borate EDTA pufr, Duchefa Biochemie B. V.) a vizualizováno pomocí GelRed Nucleic Acid Gel Stain (Biotium) pod UV zářením. Pro provedenou studii bylo z důvodu vyšší polymorfnosti

a dobré zhodnotitelnosti výsledků vybráno 12 vhodných lokusů. Amplifikace s ohledem na velikosti alel a charakter reakčních podmínek PCR probíhaly ve 4 multiplexech. Sestavení většího počtu markerů do multiplexů, ve kterých je PCR amplifikace provedena společně redukuje náklady na prováděné analýzy a urychluje zhodnocení velikosti lokusů. Primery poskytující hodnotitelné polymorfní amplifikační produkty se nechaly fluorescenčně označit (6-FAM, NED, VIC, PET) a u získaných amplifikačních produktů byla provedena fragmentační analýza na genetickém analyzátoru Applied Biosystems 3500. K analýze výsledků fragmentační analýzy byl použit softwarový program sekundární analýzy dat GeneMapper® 4.1 (Applied Biosystems). Pro možnost srovnání genetických struktur sledovaných porostů borovice kleče se velikosti alel hodnocených lokusů statisticky zpracovávali pomocí statistických programů GenAlEx 6.503 (Peakall, Smouse 2006, 2012) a STRUCTURE 2.3.4. (Pritchard et al. 2000; Falush et al. 2003, 2007; Hubisz et al. 2009).

Pro možnost porovnání populační struktury sledovaných porostů s využitím multilokusových genetických dat se využívá Bayesiánská metoda implementovaná v softwaru STRUCTURE 2.3.4. U borovice kleče vzhledem k nízkým hodnotám FST (vzájemné diference mezi porosty) se v programu nastavil model Lock prior. Optimální hodnota K (počet klastřů) se dále zjistila pomocí programu STRUCTURE HARVESTER (Earl, Holdt 2012), optimální počet klastřů byl stanoven pomocí Evannovy metody na $K = 2$ na základě nejvyšší hodnoty delta K.

Podobnost sledovaných souboru vzorků byla zjištěna porovnáním barevně odlišných proporcí jednotlivých klastřů získaných jako výsledek populační analýzy Structure (grafické vyjádření Bar plot). Jednotlivé stromy všech souborů vzorků byly zastoupeny ve všech klastrech, ale s různým poměrem jejich zastoupení. Struktura klastřů byla pro každý soubor vzorků (porost) odlišná. U souborů vzorků z Tater (VT_A, ZT_A) měl převahu zelený klastř (89,6 a 87,1 %), u souborů vzorků z autochtonních porostů z Krkonoš měl převahu červený klastř (KR_L2_A – 94,6 %, KR_V1_A – 94,2 %, KR_V9_A – 82,7, KR_SN12_A – 93,9).



SSR analýzy byly provedeny u 697 jedinců BOKL pomocí 12 SSR markerů. Získané profily 14 sledovaných porostů z rozdílných lokalit byly mezi sebou odlišitelné. Na základě zjištěných dat analyzovaných lokusů se původní porosty z Tater a Krkonoš lišily. Introdukované porosty v Krkonoších se geneticky odlišily od původních porostů, některé porosty neznámého původu a nepůvodní porosty byly geneticky podobné porostům z Tater.

Poděkování

Príspevek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO0123.

Literatura

- Ball E. 1950: Differentiation in callus of *Sequia sempervirens*. *Growth*, 14: 295-325.
- Caboni E., Tonelli M.G. 1999: Effect of 1,2-benzisoxazole-3-acetic acid on adventitious shoot regeneration and in vitro rooting in apple. *Plant Cell Rep.*, 18: 985-988.
- Earl D.A., vonHoldt B.M. 2012: STRUCTURE HARVESTER: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. *Conservation Genet Resour* 4, 359–361. doi: 10.1007/s12686-011-9548-7.
- Elsik C.G., Minihan V.T., Hall S.E., Scarpa A.M., Williams C.G. 2000: Low-copy microsatellite markers for *Pinus taeda* L. *Genome* 43, 550–555.
- 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.
- Gautheret R. 1934: Culture du tissu cambial. *CR Acad. Sci. Paris*, 198: 2195-2196.
- 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.
- Chalupa V., Durzan D.J. 1973: Growth and development of resting buds of conifers in vitro. *Can. J. For. Res.*, 3: 196-208.
- Chalupa V. 1996: Současný stav a perspektivy množení lesních stromů metodami in vitro. In: *Perspektivy použití vegetativně množného sadebního materiálu v podmínkách lesního hospodářství*. Sborník z konference. 13-18 s.
- Malá J. 2001: Zpracování a aktualizace biotechnologických metod množení a šlechtění lesních dřevin. *Výroční zpráva*.
- Malá J. 2003: Zpracování a aktualizace biotechnologických metod množení a šlechtění lesních dřevin. *Výroční zpráva*.
- Novák F.J. 1990: Explantátové kultury a jejich využití ve šlechtění rostlin. Praha, Academia 1990.
- 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: GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research – an update. *Bioinformatics*, 28: 2537–2539.
- Preece J.E., Read P.E. 2003: Novel methods in micropropagation. *Acta Horticulturae* 616: 71–76
- Pritchard J.K., Stephens M., Donnelly P. 2000: Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155 (2): 945–959.
- Reinert J., White P.R. 1956: The cultivation in vitro of tumor tissues and normal tissues of *Picea glauca*. *Physiol. Plant.*, 9: 177-789.
- Welander M., Maheswaran G. 1992: Shoot regeneration from leaf explants of dwarfing apple rootstocks. *J. Plant Physiol.*, 140: 223-228.

- Zhou Y., Bui T., Auckland L.D., Williams C.G. 2002: Undermethylated DNA as a source of microsatellites from a conifer genome. *Genome* 45, 91–99. doi: 10.1139/g01-119.
- Żukowska W.B., Wachowiak W. 2017: Nuclear microsatellite markers reveal the low genetic structure of *Pinus mugo* Turra (dwarf mountain pine) populations in Europe. *Plant Systematics and Evolution* 303, 641–651.

Kontakt

Ing. Pavlína Máchová, Ph.D.

Ing. Helena Cvrčková, Ph.D.

Mgr. Martina Komárková, Ph.D.

Ing. Olga Trčková

Ing. Jiří Čáp

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

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

e-mail: machova@vulhm.cz

HOSPODÁRENIE V ŠTÁTNO M PODNIKU LASY PAŃSTWOWE S OHLADOM NA NEPŌVODNÉ DRUHY.

Adam Biernat

Abstrakt

Rozloha lesov v Poľsku je 9,2 milióna ha, čo predstavuje lesnatosť 29,6 %. Štátny podnik Lasy Państwowe (ďalej len Štátne lesy) je najväčšou organizáciou obhospodarujúcou verejné lesy v Európskej únii. Každý rok sa vysadí cca 500 miliónov nových stromov. Hospodárenie v lesoch prebieha trvalo udržateľným spôsobom, pričom sa zabezpečuje obnova lesných zdrojov a trvalá udržateľnosť prírodných procesov. Dreva sa ťaží menej ako je ročný prírastok, vďaka čomu sa zdroje tejto suroviny každoročne zvyšujú o cca 25 mil. m³. Pri hospodárení v lesoch sa Štátne lesy usilujú o to, aby druhové zloženie lesov bolo v súlade s prírodnými podmienkami. Štátne lesy zamestnávajú cca 26 000 ľudí v celom Poľsku. Pokiaľ ide o nepôvodné druhy, vo väčšine prípadov sa do lesných porastov nevňasajú a proti mnohým z nich je potrebné intenzívne zasahovať.

Kľúčové slová:

lesníctvo, nepôvodné druhy, pestovanie lesa

V súčasnosti je rozloha lesov v Poľsku 9,2 milióna ha (k 31. decembru 2021), čo zodpovedá lesnatosti 29,6 %. Lesnatosť Poľska v roku 2020, vypočítaná podľa medzinárodného štandardu, predstavovala 30,9 % a bola nižšia ako európsky priemer 34,9 %.

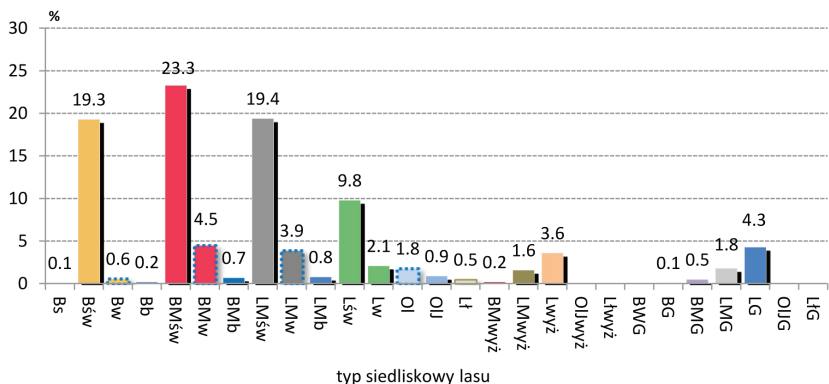
Vlastnícka štruktúra lesov v Poľsku

Vo vlastníckej štruktúre lesov v Poľsku dominujú verejné lesy - 80,8 %, z toho 77 % sú lesy v správe štátneho podniku Lasy Państwowe, 19,2 % predstavujú lesy vo vlastníctve fyzických osôb a iné súkromné formy vlastníctva.

Štruktúra biotopov v Štátnych lesoch

V Poľsku sa lesy vyskytujú najmä v oblastiach s najchudobnejšími pôdami, čo sa prejavuje v usporiadaní biotopov. Dominantnými biotopmi v Štátnych lesoch sú: čerstvý zmiešaný ihličnatý les (BMśw - 23,3 %), čerstvý zmiešaný les (LMśw - 19,4 %) a čerstvý ihličnatý les (Bśw - 19,3 %). Ihličnaté biotopy pokrývajú 49,5 %, lesné biotopy - 47,8 %, močariskové biotopy - 2,7 % plochy lesa.

Podiel nížinných biotopov je 87,9 %, podhorských - 5,4 % a horských - 6,7 % z výmery lesov.



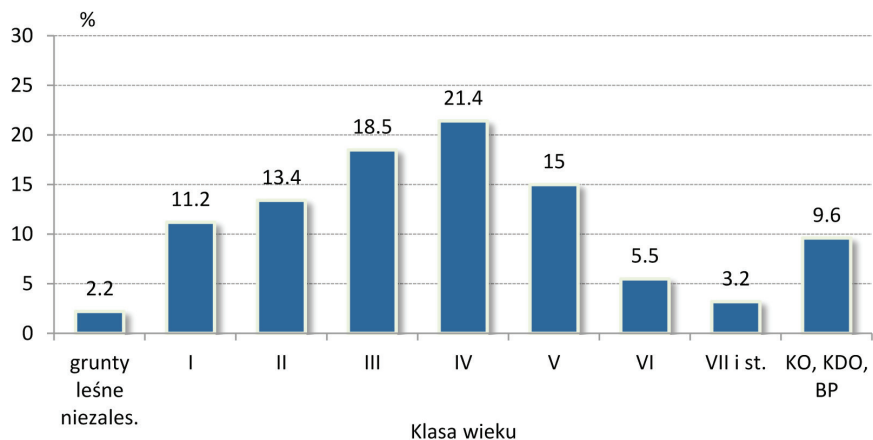
Obrázok 1: *Percento plochy biotopov v Štátnych lesoch*

Druhá štruktúra v Štátnych lesoch

Priestorová poloha biotopov do značnej miery ovplyvňuje rozšírenie drevín dominantných druhov. Okrem horských oblastí, kde je v druhovom zložení vyššie zastúpenie smreka, jedle a buka, prevládajú na väčšine územia Poľska porasty s dominanciou borovice. Podľa inventarizácie lesov (ďalej len WISL) k 1. 1. 2022, predstavuje plocha ihličnatých porastov 75,4 % lesnej pôdy, plocha listnatých porastov 24,6 %. Borovica zaberá 68,4 % výmery lesných pozemkov v Štátnych lesoch, smrekovec 4,5 %, buk 6,3 %, jedľa 2,5 %, dub 8,6 %, breza 4,5 %, jelša 4,6 %.

Veková štruktúra v Štátnych lesoch

Vo vekovej štruktúre lesa v Štátnych lesoch dominujú porasty III. a IV. triedy s 18,5 % a 21,4 % plochy. Porasty staršie ako 100 rokov spolu s porastmi v rôznej fáze obnovy a výberkovými porastmi (KO, KDO a BP) zaberajú 18,3 %. Podiel nezalesnenej plochy v Štátnych lesoch je 2,2 %.



Obrázok 2: *Percento výmery lesov podľa vekových tried v Štátnych lesoch*

Štruktúra objemu zásob v Štátnych lesoch

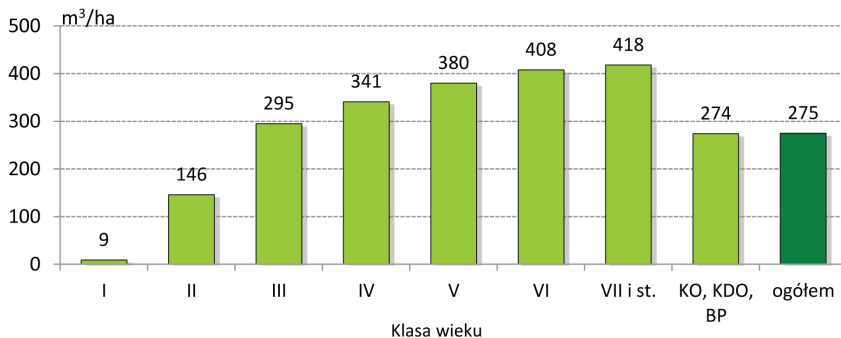
Zistená celková zásoba na ploche lesa v Štátnych lesoch je 1 922 408,1 tis. m³ (k 1. 1. 2022), z toho 99,9 % na zalesnenej pôde. Zásoba porastov na zalesnených lesných pozemkoch podľa skupín dominantných druhov bola nasledovná: ihličnaté druhy 1 493 126,2 tis. m³, t. j. 77,8 %, listnaté druhy 426 853,5 tis. m³, teda 22,2 %.

Priemerný vek lesných porastov v Štátnych lesoch

Priemerný vek všetkých lesných porastov (na zalesnenej ploche) v Štátnych lesoch je 64 rokov. Najvyšší priemerný vek majú porasty jedle (81 rokov), hraba (77 rokov) a buka (73 rokov), najnižší vek majú porasty topoľa (53 rokov), brezy (58 rokov) a jelše (59 rokov). Pre priemerný vek všetkých porastov je rozhodujúci najmä priemerný vek borovicových porastov (63 rokov), ktoré pokrývajú 68,5 % z celkovej zalesnenej plochy.

Priemerná zásoba porastov v Štátnych lesoch

Priemerná zásoba všetkých lesných porastov v Štátnych lesoch na zalesnenej výmere je 275 m³/ha a na celkovej výmery lesov (bez pozemkov súvisiacich s obhospodarovaním lesa) - 270 m³/ha. Z hospodársky najvýznamnejších lesných drevín vykazujú najvyššiu zásobu porasty s dominanciou jedle - 368 m³/ha a smreka - 297 m³/ha. Priemerná zásoba prevládajúceho druhu v Poľsku, t. j. borovice, je 279 m³/ha.



Obrázok 3: Priemerná zásoba porastov podľa vekových tried v Štátnych lesoch

Aktuálny ročný prírastok v Štátnych lesoch

Odhadovaný ročný prírastok zásob (pre rok 2021) v Štátnych lesoch bol 7,41 m³/ha.

Rubné a predrubné ťažby v Štátnych lesoch

Ročný objem rubných a predrubných ťažieb v Štátnych lesoch (k 1. 1. 2022) predstavoval 39,5 mil. m³, z toho rubné ťažby - 21,9 mil. m³, predrubné ťažby - 17,6 mil m³.

Pestovanie lesa

Obnova lesa bola v roku 2022 vykonaná v Štátnych lesoch na ploche 65 948 ha, z toho prirodzená obnova predstavovala 12 042 ha (18,2 %).

Porasty uznané pre zber lesného reprodukčného materiálu (WDN+GDN) dosiahli v Štátnych lesoch výmeru 161,5 tis. ha a semenné sady 1,68 tis. ha. Spolu to predstavovalo cca 2 % výmery lesov v správe Štátnych lesov. Zásoba osiva v Štátnych lesoch predstavovala ku koncu roka 2022 cca 22 t osiva ihličnatých druhov, z toho osivo borovice 67 % a cca 1 067 t osivo listnatých druhov, z toho osivo duba 87 % a osivo buka 11 %.

Produkčná plocha lesných škôlok v Štátnych lesoch bola ku koncu roka 2022 1 752 ha. Výroba sadeníc prebieha v poľných škôlkach, v kontajnerových škôlkach a pod umelými krytmi. Viac ako 87 % z celkovej produkcie sadeníc pochádza z poľných škôlok a 9 % z kontajnerovej výroby. V roku 2022 sa v Štátnych lesoch vyrobilo spolu 672 miliónov sadeníc lesných stromov a kríkov. Viac ako polovicu (52,1 %) tvorili ihličnaté druhy.

Nepôvodné druhy v poľských lesoch

Štátne lesy v rámci trvalo udržateľného a multifunkčného obhospodarovania lesov využívajú najmä pôvodné druhy lesných drevín. V poľských lesoch sa okrem cca 15 pôvodných druhov lesných drevín vyskytuje asi 30 nepôvodných druhov, ktoré boli do krajiny introdukované pred niekoľkými desaťročiami. Mnohé z nich boli pred rokmi do lesa introdukované v rámci experimentov. Priekopníkom introdukcie nepôvodných druhov boli v 19. storočí Pruské štátne lesy s profesorom Schwappachom z Eberswalde, ako propagátorom takýchto aktivít (Schwappach 1911). V súčasnosti sa v Poľsku nachádzajú aj veľmi cenné územia s rôznymi nepôvodnými druhmi zmiešanými s domácimi druhmi. Tieto oblasti môžu svedčiť o viac ako 130 rokoch aklimatizácie nepôvodných druhov na prírodné podmienky prevládajúce v Poľsku (Trampler 1958).

Spomedzi mnohých nepôvodných druhov, ktoré boli do Poľska introdukované, sú na lesných pozemkoch zastúpené vo významnejšom počte iba niektoré, vrátane: duglasky tisolistej (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), agáta bieleho (*Robinia pseudoacacia* L.), duba červeného (*Quercus rubra* L.) a čremchy neskorej (*Padus serotina* Ehrh.). Introdukované druhy sú v Poľsku značne rozptýlené. Podiel týchto druhov v lesných porastoch je zanedbateľný a predstavuje niekoľko percent výmery. Agát zaberá najväčšiu plochu spomedzi introdukovaných nepôvodných druhov a jeho výmera sa blíži k 10 tis. ha v porastoch s výmerou vyše 270 000 ha, s priemerným zastúpením cca 3,5 %. Druhým, čo do výmery, je dub červený, ktorý zaberá takmer 14 tis. ha v porastoch s výmerou cca 80 tis. ha, s priemerným zastúpením 0,16 %. Tretím druhom je duglaska, ktorá zaberá takmer 1,7 tis. ha v lesných porastoch s výmerou vyše 6,3 tis. ha s priemerným zastúpením len 0,05% (Banka Danych o Lasach, Sagan 2014). Hlavným účelom introdukcie mnohých druhov bolo očakávané zvýšenie produktivity a získanie vysoko kvalitnej a cennej drevnej suroviny. Vo väčšine prípadov sa však tieto očakávania nenaplnili.

V Poľsku v súčasnosti platia nasledujúce právne akty upravujúce manažment nepôvodných druhov:

- Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 1143/2014 z 22. októbra 2014 o prevencii a manažmente introdukcie a šírenia invázných nepôvodných druhov (L 317/35),
- Zákon z 11. augusta 2021 o nepôvodných druhoch (Zbierka zákonov 2021, položka 1718 v znení neskorších predpisov),
- vykonávací predpis - nariadenie Rady ministrov z 9. decembra 2022 o zozname invázných nepôvodných druhov ohrozujúcich Úniu a zozname invázných nepôvodných druhov ohrozujúcich Poľsko, nápravných opatreniach a opatreniach zameraných na obnovu prirodzeného stavu ekosystémov (Dz.U. 2022, položka 2649).

Podľa čl. 3 bod 1 nariadenia č. 1143/2014 „nepôvodný druh“ je akýkoľvek živý jedinec druhu, poddruhu alebo nižšieho taxónu živočíchov, rastlín, húb alebo mikroorganizmov introdukovaný mimo oblasť svojho prirodzeného výskytu; tento pojem zahŕňa akúkoľvek časť, gaméty, semená, vajíčka alebo propaguly takéhoto druhu, ako aj všetky hybridy, odrody alebo plemená, ktoré by mohli prežiť a následne sa rozmnožovať. Na druhej strane, podľa čl. 3 bod 2 nariadenia č. 1143/2014 „invázný nepôvodný druh“ je nepôvodný druh, o ktorom sa zistilo, že jeho introdukcia alebo šírenie ohrozuje biodiverzitu a súvisiace ekosystémové služby alebo že má na ne nepriaznivý vplyv.

Podľa čl. 7 ods. 1 zákona o nepôvodných druhoch *Vnášanie nepôvodných druhov do prostredia a ich premiestňovanie v prostredí je zakázané*. Avšak v zmysle čl. 7 ods. 3 sa **zákaz uvedený v ods. 1 nevzťahuje na druhy používané: v rámci trvalo udržateľného obhospodarovania lesov a zdravého poľnohospodárstva (bod 3 b))**.

Zároveň v súlade s čl. 7 ods. 4 vyššie uvedeného zákona, *sa vnášanie rastlín uvedených v ods. 3 bodu 3 musí vykonať tak, aby sa cudzí druh nerozšíril mimo územia, kde bol introdukovaný a subjekt, ktorý túto introdukciu vykonal, je povinný eliminovať tento nepôvodný druh z prostredia po jeho využití tak, aby sa zabránilo jeho šíreniu*.

Na tomto mieste treba jednoznačne zdôrazniť, že žiadna z nepôvodných drevín v Poľsku vykazujúcich znaky invázných druhov v lesoch: čremcha neskorá (*Padus serotina* Ehrh.), dub červený (*Quercus rubra* L.), agát biely (*Robinia pseudoacacia* L.), jaseň červený (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall) (podľa zoznamu nepôvodných rastlín v Poľsku s osobitným zreteľom na invázne druhy z Generálneho riaditeľstva pre ochranu životného prostredia) **nebola uvedená** v prílohách k nariadeniu Rady ministrov z 9. decembra 2022 o zozname invázných nepôvodných druhov ktoré predstavujú hrozbu pre Úniu (...). Agát biely a dub červený boli zaradené do zoznamu invázných druhov pre ich niektoré nežiadúce vlastnosti. Pri agáte je to problém výraznej koreňovej výmladnosti, zatiaľ čo pri dube červenom je to opad listov, ktorý v dôsledku zlého rozkladu môže mať negatívny vplyv na pôdu.

Vnútrovné odvetvové pokyny platné v Štátnych lesoch, najmä Zásady pestovania lesov (ďalej len ZHL), obsahujú konštatovanie, že je potrebné znížiť riziko

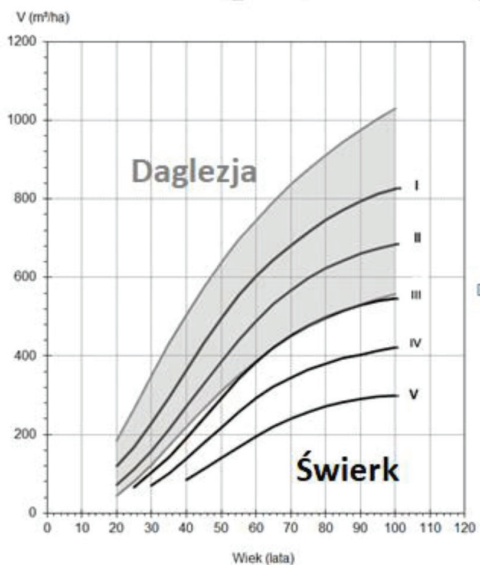
neúspechu v lesnom hospodárstve okrem iného aj *uprednostňovaním drevín a jedincov, ktoré majú schopnosť prispôbiť sa meniacim sa environmentálnym a klimatickým podmienkam* (ZHL 2012, Wprowadzenie, 4d). Výrazom obavy o zachovanie prírodných hodnôt hospodárskych lesov je aj ustanovenie, že: „*Jedným z dôležitých cieľov lesného hospodárstva je racionálne využívanie a priebežná obnova lesných zdrojov pri zachovaní ich prirodzenej biodiverzity*“ (§4 ods. 1). Hlavným cieľom lesného hospodárstva zostáva zachovanie existujúcich lesov a formovanie nových lesov s rešpektovaním prírodných procesov.

V súčasnosti sa v Štátnych lesoch k výsadbe nepôvodných druhov drevín pristupuje s väčšou opatrnosťou. V posledných rokoch sú čoraz zreteľnejšie obdobia s nedostatkom zrážok, hlavne zimy bez snehu a nerovnomerné rozloženie zrážok v lete s vysokými teplotami nad 300C. To má za následok oslabenie jednotlivých druhov a porastov, za čím nasledujú škody v podobe napadnutia hmyzom, plesňami a patogénmi, ktoré sa doteraz javili ako škodcovia druhoradého hospodárskeho významu. Dôležité je aj to, že v lesnom hospodárstve plánujeme ekonomické aktivity na cca 100 rokov dopredu. V poľskom lesníctve sa už dlhé roky uplatňuje princíp poloprírodného pestovania lesa [Bernadzki 1995, Brzeziecki 2008], kde jedným z pravidiel správania sa, je rozloženie pestovateľského rizika. Použitím širokej škály druhov vhodných pre dané stanovište robíme lesné porasty odolnejšie a odolávajúce rôznym druhom biotických a abiotických hrozieb. Použitím širokého spektra druhov, vrátane aklimatizovaných introdukovaných druhov, sa snažíme dosiahnuť želaný pestovateľský cieľ, najmä na ťažko obhospodarovateľných pôdach.

Duglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco)

je považovaná za jeden z najdôležitejších nepôvodných druhov hospodárskeho významu v poľskom lesníctve. Duglasku, ako rýchlo rastúci a stredný tieň tolerujúci druh, možno použiť pri rekonštrukcii silne preriedených porastov, ako aj na vyplnenie medzier a doplnenie starších porastov aj mladín. Vďaka vysokej produktivite, vysokej odolnosti voči chorobám a škodcom a vďaka tomu, že nemá negatívny vplyv na stanovište, možno duglasku pestovať v oblastiach s pre ňu priaznivými podmienkami, t. j. na severozápade, západe a juhozápade Poľska. Duglaska sa v lesných porastoch Štátnych lesov využíva ako prímes.

V rámci pestovania lesa je duglaska náročným druhom najmä v mladosti, pretože nie je odolná voči neskorým a zimným mrazom. Má však množstvo výhod, ktoré podporujú jej vnášanie do porastov. Duglaska sa vyznačuje vysokou produktivitou (obr. 4). Vo veku 100 rokov prevyšuje produkciou v prvej bonite borovicu lesnú dvojnásobne. V Štátnych lesoch sa jej podiel na druhovom zložení zohľadňuje ako prímes v oblastiach I Baltic, II Mazury-Podlasie v biotope Lśw, III Wielkopolska-Pomerania v biotope LMśw (Zasady Hodowli Lasu 2012). Musí byť zohľadnená aj v oblasti VII Sudecka na biotopoch LMG, LG, možno aj na Sliezske na podobných biotopoch, kvôli možnosti nahradenia hynúcich smrečín v úrodnejších variantoch biotopov (Murat 2021). Podľa výskumu Kownatzki et al. (2011) duglaska je tiež dobrou prímesou k buku. Podľa platných ZHL 2012 je prijateľná forma prímеси 10 %, pri takto nízkom zastúpení, by to nemalo mať negatívny vplyv na lesné fytoocenózy.



Obrázok 4: Vývoj zásoby dreva podľa veku podľa rastových modelov pre duglasku (Bergel 1985) a smrek (Szymkiewicz 1971).

Duglaska neokysľuje a neznehodnocuje pôdu ako smrek obyčajný alebo borovica lesná. Nekríži sa s pôvodnými druhmi drevín (a dokonca ani s inými druhmi duglasky), čo znamená, že neohrozuje genofond iných drevín. V klimatických podmienkach, ktoré prevládajú v Poľsku, plodí zdravé semená a je schopná prirodzenej obnovy.

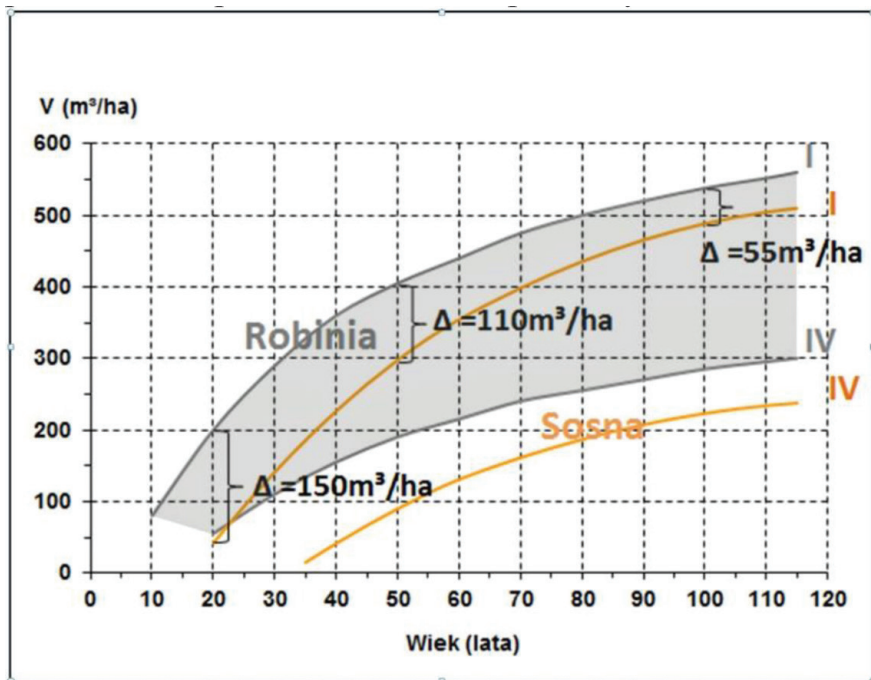
Duglaska je menej náročná na kvalitu pôdy a klimatické podmienky ako jedľa. Je odolná voči znečisteniu životného prostredia, poveternostným vplyvom, poškodeniu hmyzom a hubami. V odolnosti proti búrlivým vetrom je duglaska porovnateľná s borovicou lesnou a výrazne prevyšuje smrek a smrekovec.

Duglaska je považovaná za najvýznamnejší nepôvodný druh v európskom lesníctve a za najperspektívnejšiu ihličnatú drevinu z hľadiska pestovania lesa. Pozitívne skúsenosti zo šľachtenia duglasky, najmä z Nemecka, vedú k názoru, že môže byť alternatívou k vysokej produktivite pôvodných druhov drevín najmä v období klimatických zmien. Vzhľadom na súčasné trendy klimatických zmien a vznikajúci nedostatok zrážok, by sa duglaska mala, vďaka svojej vysokej odolnosti voči suchu, zaradiť do druhovej skladby lesných porastov v širšom meradle.

Základňu zdrojov lesného reprodukčného materiálu duglasky v Poľsku tvorí 140 porastov uznaných pre zber a 13 semenných sadov.

Agát biely (*Robinia pseudoacacia* L.)

sa vyznačuje silnou koreňovou výmladnosťou. Silné koreňové výmladky agátu bieleho možno využiť na produkciu biomasy. Agát sa vyznačuje výraznou celkovou produkciou v mladosti, ale aj vo veku 100 rokov, výrazne prevyšujúcou produkčnú kapacitu borovice na podobných stanovištiach (obr. 5).



Obrazok 5: Vývoj zásoby hrubiny podľa veku podľa rastových modelov pre agát (Lockow 2016) a borovicu lesnú (Lembcke et al. 2000)

Agát je medonosný druh. Je tiež cenným lesným druhom vnášaným na pozemky mimo lesa. V prvom rade je vhodné vnášať ho na chudobné a suché stanovišťa, svahy s južnou expozíciou, ťažko zalesniteľné inými drevinami (Wojda 2016, Panka 2013). Negatívnym aspektom je silná koreňová výmladnosť, ktorá sťažuje jeho odstránenie z obsadených stanovišť. Preto by introdukcia agátu mala byť dobre premyslená a nemal by sa šíriť unáhlene. Podľa uvedeného modelu môžu byť hodnotné a v praxi využívané staršie lesné porasty agátu v optimálnych stanovištných podmienkach ponechané pre ďalšiu generáciu (okrem plantáží so zvýšeným prírastkom)

Agát sa v štátnych lesoch vnáša výlučne na územia, kde už porasty agátu existujú. Obnova agátových porastov alebo porastov s vysokým zastúpením agátu sa najčastejšie realizuje výsadbou odrastkov alebo z prirodzenej obnovy.

Základňa zdrojov lesného reprodukčného materiálu agátu bieleho v Poľsku pozostáva z 5 porastov uznaných pre zber a 2 semenných sadov.

Dub červený (*Quercus rubra* L.)

je známy svojou vysokou schopnosťou rýchlej aklimatizácie. Dub červený má v porovnaní s pôvodnými druhmi duba rozsiahlu toleranciu k stanovištným

podmienkam a relatívne vysokú produktivitu na primerane úrodných stanovištiach. Vyznačuje sa rýchlym rastom, bohatým opadom listov. Dub červený bol použitý pri rekonštrukcii lesných porastov v priemyselných dopadových zónach (Zasada 2017). Druh je plne mrazuvzdorný, dokáže prežiť aj na menej úrodných pôdach ako pôvodné druhy dubov a môže byť užitočný pri zalesňovaní opustenej poľnohospodárskej pôdy vďaka odolnosti voči hnilobe koreňov (Łukaszewicz et al. 2021). Dub červený, hoci sa vyskytuje v hospodárskych lesoch, tam nepatrí medzi cenené druhy. V poľských lesoch sa často vyskytuje ako vtrúsený druh vyskytujúci sa na chudobnejších stanovištiach. Často sa používa ako parkový alebo uličný strom v mestách.

V súčasnosti sa v Štátnych lesoch dub červený do lesných porastov nevnaša s výnimkou ťažko zalesniteľných a obhospodarovateľných lokalít.

Základňa zdrojov lesného reprodukčného materiálu duba červeného v Poľsku tvorí 17 porastov uznaných pre zber.

Čremcha neskorá (*Padus serotina* Ehrh.)

bola introdukovaná ako druh s fytomelioračnou a biocenotickou funkciou na najchudobnejších lesných pôdach. Žiaľ, jej zavedenie do lesných oblastí neprinieslo pozitívny výsledok. V súčasnosti sa v Štátnych lesoch uskutočňujú pokusy o elimináciu čremchy z dôvodu sťaženej obnovy lesa po vyčistení čremchového podrastu.

Niektoré z introdukovaných nepôvodných druhov stromov v Poľsku preukázali vysokú schopnosť aklimatizácie sa na prevládajúce podmienky prostredia. Štátne lesy pri uplatňovaní princípu rozloženia pestovateľského rizika a realizácii pestovateľského cieľa s perspektívou niekoľkých desaťročí, budú musieť v budúcnosti diverzifikovať druhovú skladbu a využiť potenciál tých druhov, ktoré dokážu podporovať pôvodné dreviny.

Literatúra:

- Tokarska-Guzik B., Dajdok Z., Zając M., Zając A., Urbisz A., Danielewicz W., Hołdyński Cz. 2012: Rośliny obcego pochodzenia w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem gatunków inwazyjnych. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa
- Bellon S., Tumiłowicz J., Krol S. 1977: Obce gatunki drzew w gospodarstwie leśnym. PWRiL, Warszawa
- Gazda A., Augustynowicz P. 2012: Obce gatunki drzew w polskich lasach gospodarczych. Co wiemy o puli i o rozmieszczeniu wybranych taksonów, Studia i Materiały CEPL w Rogowie R.14. Zeszyt 33/4
- Murat E. 2021: Daglezja zielona [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco]. Wydawnictwo Świat, Warszawa
- Piszczek M., Janusz A, Kuc M. 2012: Ekonomiczne znaczenie obcych gatunków drzew na przykładzie daglezji i robinii na obszarze Regionalnych Dyrekcji

Lasów Państwowych w Katowicach, Krakowie i Krośnie
ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) NR
1143/2014 z dnia 22 października 2014 r. W sprawie zapobiegania wprowadzaniu
i rozprzestrzenianiu się inwazyjnych gatunków obcych i zarządzania nimi
Szujewski A., Bernadzki E., Gorzelak A. i in.; Z dziejów Lasów Państwowych i
Leśnictwa Polskiego 1924-2004, tom 3, cz.1, Lata powojenne i współczesność,
Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa 2006, rozdz. 3.1, str.
99-115
Tumiłowicz J. 1970: Obce gatunki drzew w naszych lasach. Sylwan (1970), nr08-09
(114) s.60-65, Warszawa
Wojda T. 2016: Biologiczne i środowiskowe uwarunkowania optymalizacji produkcji
biomasy drzewnej robinii akacjowej na plantacjach dla potrzeb przemysłowych
i energetycznych, Temat badawczy DGLP BLP-386, IBL, Warszawa
Zasady Hodowli Lasu 2012, Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe,
Warszawa

Kontakt

mgr inż. Adam Biernat
Starszy specjalista ds. Szkółkarstwa
Wydział Hodowli Lasu
Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych
ul. Grójecka 127
02-124 Warszawa
sekretariat@lasy.gov.pl