



LESNÉ SEMENÁRSTVO, ŠKÔLKARSTVO A PESTOVANIE LESA 2024



Zborník raferátov z medzinárodnej konferencie,
ktorá sa konala 19. - 20. 06. 2024 v Liptovskom Jáne



**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 2024

Zborník referátov z medzinárodnej konferencie,
ktorá sa konala 19. - 20. 6. 2024 v Liptovskom Jáne

2024



**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. Vladimír Mačejovský, PhD.
Ing. Miroslav Ondruš, PhD.
Ing. Miriam Sušková, PhD.
Ing. Elena Takáčová

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

Vydavateľ: Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav
Zvolen v spolupráci so Združením lesných škôlkarov SR
Liptovský Mikuláš

Náklad: 135 kusov
Rozsah: 134 strán
Vydanie: Prvé
Tlač: Národné lesnícke centrum Zvolen

Autori fotografií: Predná strana obálky prof. Ing. Vladimír Čaboun, CSc.
Zadná strana obálky Ing. Martin Belko, PhD.

Neprešlo jazykovou úpravou.

Copyright © Národné lesnícke centrum
– Lesnícky výskumný ústav Zvolen

ISBN 978 – 80 – 8093 – 360 – 9
EAN 9788080933609

OBSAH

1. Aký LRM v podmienkach klimatickej zmeny: asistovaná migrácia, jej úskalia a alternatívy. <i>prof. Ing. Dušan Gömöry, DrSc., Ing. Diana Krajmerová, PhD., Ing. Matúš Hrivnák, PhD., Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene</i>	5
2. Novelizace předpisů EU k reprodukčnímu materiálu lesních dřevin. <i>Ing. Vlasta Knorová, DiS., Sekce lesního hospodářství, Ministerstvo zemědělství Praha</i>	13
3. Možnosti adaptácie na klimatickú zmenu umelou obnovou lesa a ich podpora v navrhovanej legislatíve EÚ pre lesný reprodukčný materiál. <i>Ing. Roman Longauer, CSc., Národné lesnícke centrum –Lesnícky výskumný ústav Zvolen</i>	17
4. Obnova kalamitných holín jako šance pro vznik odolnějších lesů. <i>Ing. Jan Leugner, Ph.D., VÚLHM v. v. i. Strnady, VS Opočno</i>	23
5. Velkoplošné holiny a krytokořenný sadební materiál. <i>prof. Ing. Oldřich Mauer, DrSc., Ing. Kateřina Houšková, Ph.D., Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita Brno</i>	30
6. Využití Terracottemu při obnovách v období sucha. <i>prof. Ing. Oldřich Mauer, DrSc., Ing. Kateřina Houšková, Ph.D., Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita Brno</i>	37
7. Manažment invázných drevín v lesných porastoch v zmysle legislatívy. <i>Ing. Valéria Longauerová, PhD. a kol., Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav</i>	40
8. Vplyv Bactériosu na vlastnosti pôdy v porovnaní s kvalitou semenáčikov jedle bielej (Abies alba Mill.) po druhom roku aplikácie. <i>Ing. Ivan Horvát a kol., Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Ing. Karol Chvála Loben s. r. o.</i>	53
9. Vývoj nových typů granulovaných směsných hnojiv pro lesní školky v České republice. <i>Ing. Jarmila Nárovcová, Ph.D., VÚLHM v. v. i. Strnady, VS Opočno</i>	63
10. Stabilizace parametrů půdní úrodnosti v lesních školkách České republiky hnojením – Doplnující 2. sdělení. <i>Ing. Jarmila Nárovcová, Ph.D., VÚLHM v. v. i. Strnady, VS Opočno</i>	72

- 11. Použití obnovitelných komponentů a antagonistických mikroorganismů v pěstebních substrátech.**
*Ing. Zbyněk Slezáček, MSc., odborné poradenstvo v oblasti
 pestovateľských substrátov 80*
- 12. Niektoré poznatky z genetických analýz vybraných porastov duba zimného (Quercus petraea (Mattusch.) Liebl.) a duba žltkastého (Quercus dalechampii Ten.) na Slovensku.**
*Ing. Ute Tröber, Dr. Dirk-Roger Eisenhauer, Staatsbetrieb Sachsenforst,
 OT Graupa, Nemecko, Ing. Miriam Sušková, PhD., Lesy Slovenskej
 republiky, š .p., OZ Semenoles Liptovský Hrádok 89*
- 13. Průběh kalamity, obnovy a přeměny druhové skladby na majetku Lesy města Znojma.**
*doc. Ing. Antonín Martiník, Ph.D., Lesnická a dřevařská fakulta,
 Mendelova univerzita Brno, Ing. Pavel Karásek, Městské lesy Znojmo 98*
- 14. Vývoj kultúr ôsmych drevín deväť rokov po založení sejbou a sadbou na kalamitnej ploche v Javorníkoch.**
*Ing. Martin Belko, PhD. a kol., Národné lesnícke centrum
 – Lesnícky výskumný ústav Zvolen 108*
- 15. Korelácia hmotnosti 1000 ks semien borovice horskej (Pinus mugo TURRA) a jej následnej klíčivosti.**
*Ing. Vladimír Mačejovský, PhD., Národné lesnícke centrum – Lesnícky
 výskumný ústav Zvolen 124*

AKÝ LESNÝ REPRODUKČNÝ MATERIÁL V PODMIENKACH KLIMATICKEJ ZMENY: ASISTOVANÁ MIGRÁCIA, JEJ ÚSKALIA A ALTERNATÍVY

Dušan Gömöry, Diana Krajmerová, Matúš Hrivnák

Abstrakt

Zmeny klímy v súčasnosti prebiehajú bezprecedentnou rýchlosťou. Je otázne, nakoľko lesné dreviny budú schopné sa im prispôsobiť a nakoľko bude postihnutá nielen produkčná funkcia, ale aj poskytovanie ostatných ekosystémových služieb lesa. Najčastejším ponúkaným riešením v súčasnosti je asistovaná migrácia, teda prenos lesného reprodukčného materiálu (ďalej len „LRM“) z lokalít, ktoré v súčasnosti vykazujú klimatické charakteristiky, aké sú očakávané na mieste zalesňovania v budúcnosti. Zdrojom podkladových informácií pre výber vhodného LRM je provenienčný výskum. Použitelnosť jeho výsledkov pre riadenie asistovanej migrácie naráža na viacero problémov, ktoré sú spojené s jeho metodickými postupmi, s výberom testovaných proveniencií a testovacích lokalít a s výberom a spoľahlivosťou predikcie klimatických parametrov. Ako alternatíva sa núkajú postupy sledujúce zvýšenie adaptívneho potenciálu novozakladaných porastov zvýšením genetickej diverzity používaného LRM a prírode blízke lesné hospodárstvo. Kombinácia všetkých týchto postupov sa javí ako najbezpečnejšia stratégia.

Kľúčové slová

lesný reprodukčný materiál, adaptácia, asistovaná migrácia, provenienčný výskum, miešanie proveniencií

Úvod

Klimatická zmena je jav, o ktorom snáď už v súčasnosti nie je potrebné nikoho presviedčať. Ak niekto neverí záverom Medzinárodného panelu pre klimatickú zmenu (IPCC 2023), stačí si porovnať zimné fotografie z vlastného bydliska pred 50 rokmi s realitou dneška. Bez ohľadu na názor o možných príčinách zmien klímy či názor na aktuálny prístup politikov k jej riešeniu, je zrejmé, že lesy sa jej dôsledkom nevyhnú. Aj dreviny tradične považované vďaka hlbšiemu koreňovému systému za odolné, ako napríklad buk lesný, v súčasnosti v niektorých oblastiach masovo odumierajú (Lakatos a Molnár 2009). V súčasnosti sa klimatická zmena stáva dôležitým faktorom vo výbere vhodného LRM pre umelú obnovu a zalesňovanie,

a to nielen v Európe, ale všade vo svete, a bude sa ním musieť stať aj na Slovensku. V minulosti sa výber LRM riadil najmä produkčnými kritériami, dnes musí začať zohľadňovať plnenie všetkých ekosystémových služieb lesa, dokonca často aj samotné zachovanie lesa ako ekosystému.

Lesné dreviny nie sú ani v podmienkach klimatickej zmeny bez šance. V skutočnosti disponujú viacerými vlastnosťami, ktoré ich zvyhodňujú oproti iným druhom. Charakterizujú ich spravidla veľké populácie, vysoká plodnosť, šírenie na veľké vzdialenosti a vysoká fenotypová plasticita (Aitken a kol. 2008, Anderson, 2016). V prirodzených ekosystémoch prichádzajú pre dreviny do úvahy dve stratégie. Pre prežitie na pôvodných stanovištiach prichádza do úvahy adaptácia prírodným výberom alebo odozva na zmenu klímy prostredníctvom fenotypovej plasticity. Obe stratégie v minulosti fungovali, ale v aktuálnych podmienkach sú rizikové. Evolučná adaptácia prírodným výberom predpokladá jednak rozsiahlu genetickú variabilitu (ktorá nie je samozrejmosťou, najmä v prípade drevín s malými populáciami či fragmentovaným areálom) a jednak vyžaduje časovú mierku viacerých generácií, čo pri drevinách s reprodukčným cyklom trvajúcim prinajmenšom desaťročia predstavuje problém. Fenotypová plasticita, t. j. schopnosť genotypu exprimovať sa do rozdielnych fenotypov v rozdielnych podmienkach (Valladares a kol. 2006), umožňuje drevinám vyrovnávať sa s kolísaním podmienok prostredia počas ich spravidla dlhého životného cyklu. Kľúčovým aspektom takejto odozvy je schopnosť prežitia a reprodukcie v nových podmienkach; o tejto schopnosti však máme málo informácií.

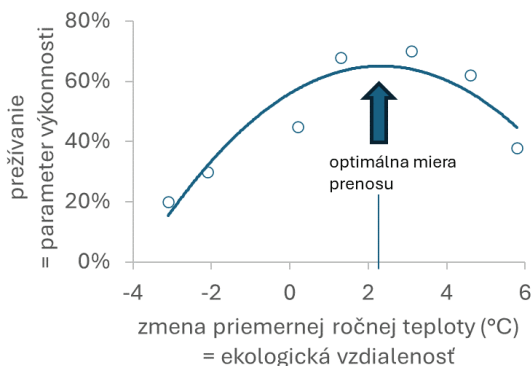
Alternatívnou stratégiou je migrácia. Štúdie zamerané na rekolonizáciu kontinentu v poľadovom období ovšem preukázali, že prirodzená migrácia šírením semien nedokáže držať krok so zmenami klímy pozorovanými v poslednom období a predpovedanými pre blízku budúcnosť (Davis a Shaw 2001, Mátyás, 1996).

Ak by lesy boli „divočinou“, žiadny z týchto aspektov by nebol problémom; napriek rozsiahlym disturbanciam by sa lesy nepochybne udržali či rekonštituovali. Pre lesnícku prax je však podobná úvaha neakceptovateľná, keďže musí brať do úvahy nielen časové mierky, v ktorých adaptácia a migrácia pracujú, ale aj ich náklady v zmysle straty ekosystémových služieb lesa, ktoré by spoliehanie sa na tieto stratégie prinieslo.

Asistovaná migrácia – o čo ide?

Výber vhodného LRM, ktorý bol v lesnom hospodárstve vždy významnou témou, sa v podmienkach klimatickej zmeny stáva kritickým procesom. Lesníci v rámci celej Európy sa tradične zvykli pridržiavať princípu „lokálny je najvhodnejší“ (aj keď chápanie toho, čo znamená „lokálny“ môže byť veľmi diferencované). Tento princíp sa odráža aj v slovenských legislatívnych predpisoch, ale súčasná situácia začína čoraz viac naznačovať, že nie je naďalej udržateľný. V odbornej komunite, ktorá sa venuje genetike lesných drevín, sa ako riešenie v súčasnosti presadzuje asistovaná migrácia (assisted migration), teda presun reprodukčného materiálu z lokalít, ktoré v súčasnosti vykazujú klimatické charakteristiky, očakávané na

mieste zalesňovania v budúcnosti (Aitken a Bemmels 2015, Konnert a kol. 2015, Mátyás 1994). Asistovaná migrácia zahŕňa viaceré postupy a praktiky, čo vedie ku skutočnosti, že terminológia spojená s asistovanou migráciou je rozsiahla a nejednoznačne používaná: asistovaná kolonizácia (assisted colonization), asistovaný tok génov (assisted gene flow), zámerná relokácia (managed relocation), prediktívny výber proveniencií (predictive provenancing) atď., v závislosti na tom, či ide o presun v rámci areálu či mimo areálu, presun semien/sadeníc alebo presun gamét (napr. doplnkové opelenie v semenných sadoch) a pod., ale princíp zostáva rovnaký – dostať na cieľové miesta gény a genotypy, ktoré budú na budúce klimatické podmienky adaptované.



Obr. 1 Určenie optimálnej miery prenosu hypotetickej proveniencie testovanej na 7 plochách z hľadiska zmeny priemernej ročnej teploty medzi miestom pôvodu a miestom výsadby na základe maximalizácie prežívania

V súčasnosti jediným spoľahlivým zdrojom podkladových informácií pre asistovanú migráciu sú provenienčné pokusy, kde sú rastová výkonnosť, prežívanie či iné relevantné znaky populácií rôzneho pôvodu (proveniencií) testované v konkrétnych klimatických podmienkach (Mátyás 1994). Pre hlavné hospodárske dreviny sú k dispozícii rozsiahle medzinárodné experimenty, ktoré zahŕňajú často desiatky proveniencií opakovaných na viacerých testovacích lokalitách, čo umožňuje identifikáciu všeobecných trendov odozvy na zmenu klimatických podmienok medzi miestom pôvodu a miestom výsadby (tento rozdiel sa označuje ako ekologická vzdialenosť). Pre tento účel boli vyvinuté dva koncepčne podobné prístupy: všeobecné prenosové funkcie a funkcie populačnej odozvy (Rehfeldt a kol. 1999, Aitken a kol. 2008). Z metodického hľadiska obe koncepcie dávajú do vzťahu niektorý znak vyjadrujúci biologickú zdatnosť (mortalita, výškový či objemový rast a pod.) k ekologickej vzdialenosti ako miere klimatického prenosu, pričom hľadajú klimatické optimum, teda mieru prenosu, pri ktorej je výkonnosť celej sady proveniencií či konkrétnej proveniencie maximálna (obr. 1). Tieto prístupy umožňujú výber vhodného LRM aj v podmienkach klimatickej zmeny, samozrejme za predpokladu, že je k dispozícii spoľahlivá predikcia budúcej klímy pre miesto zalesňovania.

Aké sú úskalia asistovanej migrácie?

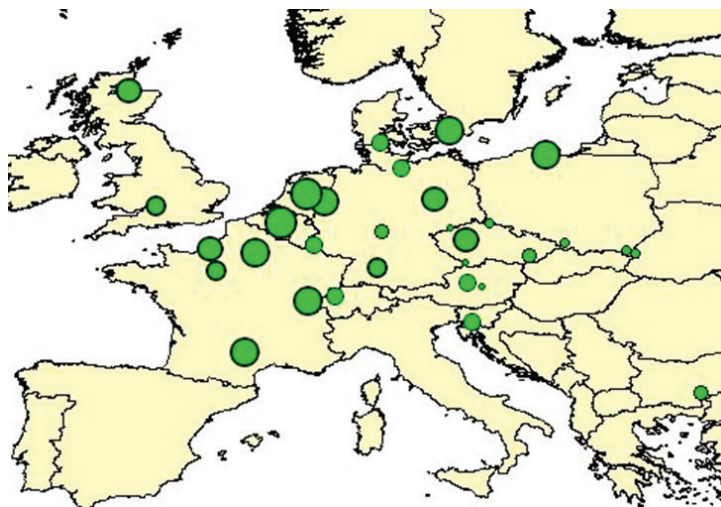
Napriek skutočnosti, že pre návrh asistovanej migrácie zatiaľ nič lepšie než provenienčný výskum nemáme, nie je možné ignorovať problematické aspekty tohoto prístupu (Konnert a kol. 2015). Prvý spočíva už v samotnej metodológii provenienčných pokusov. Pre zber materiálu reprezentujúceho jednotlivé proveniencie neexistujú žiadne univerzálne používané smernice, v dôsledku toho nie je zaručené, že zozbieraný materiál dostatočne reprezentuje genofond materského porastu, napríklad v dôsledku malého počtu materských stromov, nevyrovnaných veľkostí jednotlivých polosesterských potomstiev, zberu v období slabého kvitnutia a pod. Rastliny sú navyše spravidla pestované spoločne v jednej škôlke. To síce na jednej strane eliminuje variabilitu spôsobenú prostredím, ale na druhej strane optimálne pôdne a mikroklimatické podmienky zabezpečované v škôlke a využívanie škôlkarských technológií znižujú pole pôsobnosti pre prírodný výber, ktorý by inak fungoval v prirodzených porastoch, a spôsobujú epigenetický imprinting, ktorý môže ovplyvniť vlastnosti proveniencií v neskorších ontogenetických štádiách (Gömöry a kol. 2015). To isté sa týka výsadby: ochrana proti burine a zveri a spravidla široký spon môžu skresliť hodnotenie prežívania ako dôležitej zložky biologickej zdatnosti (fitness).

Druhým problémom je samotný výber proveniencií a testovacích lokalít, ktorý nie je vždy náhodný a spôsob ich hodnotenia. Proveniencie, ktoré sa osvedčili v starších pokusoch, sa veľmi často opakujú v tých novozakladaných. Zároveň pokusy často opomínajú ekologicky marginálne stanovišťa, ako zdroje aj ako testovacie miesta. Väčšina výsledkov provenienčného výskumu sa zároveň týka hodnotení v mladšom veku. Dôležitým (a takpovediac „povinne hodnoteným“) znakom je výškový rast, pričom meranie výšok sa s rastúcim vekom technicky komplikuje. Ešte viac to platí pre fyziologické znaky typu intenzita fotosyntézy, výmena plynov a pod., kde merania na starších jedincoch s výškou niekoľko metrov začínajú byť postupne technicky nemožné. Väčšina výsledkov, na ktorých sa zakladajú aj odporúčania pre asistovanú migráciu, pochádza z hodnotenia provenienčných experimentov v juvenilnom štádiu. Štúdie vo veku viac ako 40 rokov síce existujú (napr. Gömöry a kol. 2012), ale sú zriedkavé, a aj v tomto prípade je otázne, či ich výsledky možno extrapolovať do rubného veku.

Kritickým aspektom je aj odhad klimatických charakteristík. Modelovanie vzťahu medzi drevinou a klímou vyžaduje spoľahlivé klimatické parametre ako miesta pôvodu, tak aj miesta výsadby. Klimatické premenné sú v súčasnosti dostupné v relatívne jemnom rozlíšení z verejných zdrojov typu WorldClim, ClimateEU či EuroCordex. Keďže ide o interpolované údaje, sú z princípu zatažené chybou. Okrem toho aj výber vhodných klimatických ukazovateľov predstavuje istú dilemu. Všeobecné klimatické údaje typu priemernej ročnej teploty či ročného úhrnu zrážok sa spravidla zakladajú na dlhodobých radoch meraní, a teda dajú sa určiť relatívne spoľahlivo, ale je otázne, nakoľko odrážajú skutočné selekčné faktory adaptácie na klímu. Na druhej strane, komplikovanejšie klimatické indexy typu Ellenbergovho kvocienta majú k skutočným biologickým základom adaptácie

bližšie, ale ich výpočet a aplikácia môžu byť komplikované. Nie je tiež úplne zrejmé, ktoré klimatické faktory má asistovaná migrácia zohľadňovať, ktoré sú rozhodujúce z hľadiska prežívania a rastu. Vo všeobecnosti sa uvažuje predovšetkým s odolnosťou voči suchu, a teda hľadaním zdrojov LRM v oblastiach, ktoré boli suchu a vysokým teplotám vystavené najviac, čo v kontexte Európy znamená juh kontinentu. Viaceré dreviny, napríklad buk lesný, sú však ohrozované aj neskorými mrazmi. Pre buk je signálom k rašeniu akumulácia jarných teplôt. Doba rašenia je výsledkom evolučnej kompenzácie medzi potrebou maximálnej dĺžky vegetačného obdobia ako príležitosti pre fotosyntézu a rast na jednej strane a vyhnutia sa neskorým mrazom na strane druhej (Gömöry a Paule 2011). V dôsledku toho sa sformoval zreteľný západovo-východný trend doby rašenia (obr. 2), keďže v podmienkach oceánickej klímy by príliš nízko nastavená suma viedla k predčasnému rašeniu. Pokiaľ sa v dôsledku klimatickej zmeny zmenia jarné teplotné pomery, môže byť limitujúcim faktorom pre prežívanie a reprodukciu buka (buk kvitne zároveň s rašením listov) práve systematické poškodzovanie neskorými mrazmi. V tomto prípade by LRM mal byť presúvaný skôr zo západných častí areálu, teda z neskoro rašiacich populácií.

Naviac je úspešnosť výberu vhodných proveniencií pre účely asistovanej migrácie závislá od spoľahlivosti predikcie klimatických podmienok v budúcnosti. Veľké množstvo scenárov ponúkaných IPCC len odráža neistotu, ktorá nevyplýva len z limitovaných možností matematického modelovania, neznalosti všetkých prírodných faktorov a spätných väzieb ale aj z principiálnej neznalosti budúceho ekonomického vývoja a politických rozhodnutí ohľadom emisií skleníkových plynov.



Obr. 2 Geografické rozdelenie doby jarného rašenia u buka lesného (veľké krúžky označujú neskoro rašiace proveniencie)

A aké sú alternatívy?

Ako alternatívna stratégia k cielej migrácii sa zvažuje zvýšenie genetickej diverzity LRM používaného pre zalesňovanie a umelú obnovu s cieľom zvýšiť adaptívny potenciál novozakladaných porastov. Aj keď vzťah medzi diverzitou a stabilitou biologického systému nie je jednoznačne preukázaný, genetická diverzita je braná ako istý typ poistky proti zmenám prostredia (Koskela a kol. 2007, Yachi a Loreau 1998). Tento návrh vychádza z myšlienky (je otázne, nakoľko realistickej), že široká genetická premenlivosť poskytuje potenciál pre výber genotypov vhodných pre takmer akékoľvek budúce klimatické podmienky. V prípade združeného výberu proveniencií (composite provenancing; Broadhurst a kol. 2008) sa kombinujú lokálne zdroje LRM so vzdialenými zdrojmi pochádzajúcimi z rôznych klimatických podmienok; cieľom je vniesť do zakladaných porastov nové varianty génov pri súčasnom zachovaní lokálnej adaptácie. Pri zmiešavaní proveniencií (admixture provenancing; Breed a kol. 2013) sa zmiešava široká škála proveniencií bez preferencie pre lokálny LRM, cieľom je len samotná maximalizácia adaptívneho potenciálu. Pri výbere proveniencií adjustovanom na klímu (climate-adjusted provenancing; Prober a kol. 2015) sa využíva niekoľko proveniencií zozbieraných pozdĺž klimatického gradientu smerujúceho k budúcej klíme s cieľom zvýšiť diverzitu a súčasne vniesť genotypy potenciálne adaptované na budúcu klímu. Riziká týchto prístupov sú analogické ako pri asistovanej migrácii, a vzťahujú sa predovšetkým na následnú generáciu či generácie: outbreedná depresia v dôsledku rozpadu koadaptovaných génových komplexov a narušenie lokálnej adaptácie na iné faktory prostredia než je klíma (Ivetić a Devetaković 2016).

Poslednou možnosťou je nechať to na prírodu. Šance v tomto prípade nie sú také mizivé, ako by sa mohlo zdať pri pohľade na vývoj zdravotného stavu dospelých porastov. Prispôsobovanie sa rastlinných druhov a ich populácií zmenám podmienok prostredia sa deje nielen evolučnou adaptáciou prírodným výberom, ale aj v prostredníctvom epigenetickej dedičnosti. Fenotypový prejav jedinca nie je závislý len na tom, aké má gény, ale aj ako je regulovaná ich aktivita. Do expresie génu vstupuje množstvo ďalších faktorov, ako sú chemické modifikácie nukleotidov (hlavne metylácia cytozínu), blokovanie či priamo degradácia mediátorovej RNA inými RNA molekulami (siRNA, miRNA), aktivácia či umlčanie transponibilných elementov, reorganizácia chromatinu atď. Časť týchto modifikácií je prenosná medzi generáciami a tvorí podstatu epigenetickej dedičnosti (Amaral a kol. 2020). Mnohé sú indukované na základe signálov z prostredia, čo vedie k tzv. „pamäťovým efektom“, t. j. organizmus si „pamätá“ podmienky prostredia, v ktorých rástli jeho rodičia, a je na nich adaptovaný. Pamäťové efekty boli jednoznačne preukázané vo vzťahu ku klimatickým podmienkam, v ktorých prebieha embryogenéza (Yakovlev a kol. 2012), ale existujú aj výsledky naznačujúce význam prostredia, v ktorom prebieha juvenilný vývoj (Gömöry a kol. 2015). V dôsledku epigenetickej pamäti sa môže fenotypový prejav (napr. doba rašenia alebo odolnosť voči suchu) zmeniť v priebehu jedinej generácie, ako to dokazuje príklad stredoeurópskych proveniencií smreka či borovice lesnej introdukovaných do južnej Škandinávie, kde ich potomstvo v 1. generácii už vykazuje rovnaký časový priebeh životných procesov ako lokálne populácie (Skrøppa a kol. 2009). Epigenetická adjustácia (o adaptácii v tomto prípade nemožno hovoriť) teda predstavuje potenciálnu

možnosť, ako sa nová generácia lesa dokáže prispôbiť klimatickej zmene, aj keď dospelé porasty budú postihnuté. Problém s touto stratégiou je dvojaký. Jednak nie je dostatočne empiricky overená; výsledky sú jednoznačné v prípade fenológie, ale nie sú jednoznačne preukázané v prípade odolnosti či tolerancie sucha. Druhým problémom je, že ako dozrievanie semien, tak aj ich klíčenie a juvenilný rast musia prebiehať už v zmenených podmienkach. Z praktického hľadiska je teda táto stratégia viazaná na prirodzenú obnovu a prírode blízke hospodárenie v lese.

Je teda zrejmé, že na riešenie problému adaptácie lesov a lesných ekosystémov na zmeny klímy neexistuje univerzálny zázračný recept. Každá stratégia má svoje problémové stránky, neistoty, riziká. Jediným rozumným prístupom je uvážlivá kombinácia všetkých prístupov v rámci krajiny v závislosti na prírodných podmienkach, kategórii lesov a očakávaných ekosystémových službách.

Podakovanie

Práca bola podporená grantami Agentúry na podporu výskumu a vývoja APVV-21-0270 a Vedeckej grantovej agentúry MŠVVŠ a SAV VEGA 1/0091/24.

Literatúra

- Aitken S.N., Bemmels J.B. 2015: Time to get moving: assisted gene flow of forest trees. *Evolutionary Applications* 9: 271–290.
- Aitken S.N., Yeaman S., Holliday J.A., Wang T., Curtis-McLane S. 2008: Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations. *Evolutionary Applications* 1: 95–111.
- Amaral J., Ribeyre Z., Vigneaud J., Sow M.D., Fichot R., Messier C., Pinto G., Nolet P., Maury S. 2020: Advances and promises of epigenetics for forest trees. *Forests* 11: 976.
- Anderson J.T. 2016: Plant fitness in a rapidly changing world. *New Phytologist* 210: 81–87.
- Breed M.F., Stead M.G., Ottewell K.M., Gardner M.G., Lowe A.J. 2013: Which provenance and where? Seed sourcing strategies for revegetation in a changing environment. *Conservation Genetics* 14: 1–10.
- Broadhurst L.M., Lowe A., Coates D.J., Cunningham S.A., McDonald M., Vesk P.A., Yates C. 2008: Seed supply for broadscale restoration: maximizing evolutionary potential. *Evolutionary Applications* 1: 587–597.
- Davis M.B., Shaw R.G. 2001: Range shifts and adaptive responses to Quaternary climate change. *Science* 292: 673–679.
- Gömöry D., Paule L. 2011: Trade-off between height growth and spring flushing in common beech (*Fagus sylvatica* L.) *Annals of Forest Science* 68: 975–984.
- Gömöry D., Foffová E., Longauer R., Krajmerová D. 2015: Memory effects associated with the early growth environment in Norway spruce and European larch. *European Journal of Forest Research* 134: 89–97.
- Gömöry D., Longauer R., Hlásny T., Pacalaj M., Strmeň S., Krajmerová D. 2012: Adaptation to common optimum in different populations of Norway spruce (*Picea abies* Karst.). *European Journal of Forest Research*, 131:401–411.
- IPCC 2023: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of

- Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2023.
- Ivetić V., Devetaković J. 2016: Reforestation challenges in Southeast Europe facing climate change. *Reforesta* 1: 178-220.
- Konnert M., Fady B., Gömöry D., A'Hara S., Wolter F., Ducci F., Koskela J., Bozzano M., Maaten T., Kowalczyk J. 2015: Use and transfer of forest reproductive material in Europe in the context of climate change. European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN), Bioversity International, Rome.
- Koskela J., Buck A., Teissier du Cros, E. 2007: Climate change and forest genetic diversity: Implications for sustainable forest management in Europe. Bioversity International, Rome.
- Lakatos F., Molnár M. 2009: Mass mortality of beech (*Fagus sylvatica* L.) in South-West Hungary. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 5: 75–82.
- Mátyás C., 1994: Modeling climate change effects with provenance test data. *Tree Physiology* 14: 797–804.
- Mátyás C. 1996: Climatic adaptation of trees: Rediscovering provenance tests. *Euphytica* 92: 45–54.
- Prober S.M., Byrne M., McLean E.H., Steane D.A., Potts B.M., Vaillancourt R.E., Stock W.D. 2015: Climate-adjusted provenancing: A strategy for climate-resilient ecological restoration. *Frontiers in Ecology and Evolution* 3: 65.
- Rehfeldt G.E., Ying C.C., Spittlehouse D.L., Hamilton Jr. D.A. 1999: Genetic responses to climate in *Pinus contorta*: niche breadth, climate change, and reforestation. *Ecological Monographs* 69: 375–407.
- Skrøppa T., Tollefsrud M.M., Sperisen C., Johnsen Ø. 2010: Rapid change in adaptive performance from one generation to the next in *Picea abies* – Central European trees in a Nordic environment. *Tree Genetics & Genomes*, 6: 93–99.
- Valladares F., Sanchez-Gomez D., Zavala M.A., 2006: Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. *Journal of Ecology* 94: 1103–1116.
- Yachi S., Loreau M. 1999: Biodiversity and ecosystem functioning in a fluctuating environment: the insurance hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 96: 1463–1468.
- Yakovlev I.A., Fossdal C.G., Skrøppa T., Olsen J.E., Jahren A.H., Johnsen Ø. 2012: An adaptive epigenetic memory in conifers with important implications for seed production. *Seed Science Research* 22: 63–76.

Kontakt

prof. Ing. Dušan Gömöry, DrSc.

Ing. Diana Krajmerová, PhD.

Ing. Matúš Hrivnák, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene

Katedra fytoľógie, Lesnícka fakulta

T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

e-mail: gomory@tuzvo.sk, krajmerova@tuzvo.sk, xhrivnakm3@tuzvo.sk

NOVELIZACE PŘEDPISŮ EU K REPRODUKČNÍMU MATERIÁLU LESNÍCH DŘEVIN

Vlasta Knorová

Abstrakt

Na základě rozhodnutí Rady (EU) 2019/1905 přistoupila Evropská komise (dále jen „EK“) k vypracování studie o možnostech Unie aktualizovat stávající právní předpisy o produkci rostlinného reprodukčního materiálu (dále jen "studie PRM") a reprodukčního materiálu lesních dřevin (dále jen „studie FRM“) a jeho uvádění na trh. Na základě studií bylo EK přikročeno ke zpracování návrhu nového legislativního předpisu, který by měl více reflektovat současné potřeby kontroly a obchodu s reprodukčním materiálem.

Klíčové slová

Novela, reprodukční materiál lesních dřevin, Nařízení, Směrnice 1999/105/ES, Nařízení o úředních kontrolách

Úvod

V listopadu 2019 Rada rozhodnutím Rady (EU) 2019/1905 vyzvala Komisi, aby vypracovala studii o možnostech Unie aktualizovat stávající právní předpisy o produkci rostlinného reprodukčního materiálu (dále jen "studie PRM") a reprodukčního materiálu lesních dřevin (dále jen „studie FRM“) a jeho uvádění na trh. Rada dále uložila Komisi, aby připravila právní návrh, jestliže to bude s ohledem na výsledky studií potřebné. EK si stanovila za cíl studie identifikovat stávající problémy v oblasti rozmnožovacího materiálu rostlin a jejich důsledky. Studie měla dále za cíl prozkoumat, jaký dopad má na problematiku rozmnožovacího materiálu rostlin současný technický vývoj, nová nařízení (nařízení o úředních kontrolách, nařízení o zdraví rostlin), rostoucí obava ohledně změn klimatu, snižování biologické rozmanitosti a udržení produkce bezpečných potravin. Dále se studie zaměřila na otázky spojené s kritikou předchozího návrhu z roku 2013, který byl v roce 2014 Komisí stažen z důvodu odmítnutí návrhu Evropským parlamentem.

Příprava nové legislativy od roku 2019

Na podzim roku 2019 požádala Rada na základě článku 241 Smlouvy o fungování Evropské unie, prostřednictvím rozhodnutí Rady (EU) 2019/1905 ze dne 8. listopadu 2019, aby Evropská komise předložila studii o možnosti aktualizace stávajících právních předpisů o výrobě a uvádění rostlinného rozmnožovacího

materiálu na trh případně také návrh na aktualizaci této legislativy s ohledem na výsledky požadované studie. Důvodem pro žádost ČS je skutečnost, že EK od doby stažení návrhu na novelizaci legislativy v roce 2015 nepodala do současné doby žádný návrh na aktualizaci semenářské legislativy a tím došlo k nesouladu současné legislativy a posledního vývoje v této oblasti. Na jednání Pracovní skupiny Rady pro zemědělské otázky dne 05. 05. 2021 Komise představila výsledky provedené studie spolu se 4 návrhy na možné řešení revize legislativy v oblasti rozmnožovacího materiálu rostlin. Dále také Komise představila plánovaný harmonogram projednávání této problematiky. Z předloženého harmonogramu vyplývalo, že tato problematika by měla být projednávána také v rámci českého předsednictví. V období českého předsednictví proběhla úvodní projednávání návrhu, která pokračují až dosud.

Komise si stanovila za cíl studie identifikovat stávající problémy v oblasti rozmnožovacího materiálu rostlin a jejich důsledky. Studie měla dále za cíl prozkoumat, jaký dopad má na problematiku RM současný technický vývoj, nová nařízení (nařízení o úředních kontrolách, nařízení o zdraví rostlin), rostoucí obavy ohledně změny klimatu, biologické rozmanitosti a bezpečnosti potravin. Dále se studie zaměřila na otázky spojené s kritikou předchozího návrhu z roku 2013. Práce na studii byla prováděna interně ve spolupráci s externím dodavatelem (ICF).

Studie identifikovala 5 problematických klíčových oblastí:

- ❖ Složitý, nesoudržný a roztržštěný právní rámec
- ❖ Složitost a rigidita postupů
- ❖ Problém vnitřního trhu
- ❖ Chybějící harmonizovaná pravidla pro úřední kontroly
- ❖ Překážky inovacím

Studie představila následující možné způsoby aktualizace legislativy týkající se výroby a uvádění na trh RM rostlin a RM lesních druhů:

Možnost 0: Žádná aktivita

- ❖ Nebyla by přijata žádná nová iniciativa týkající se jakékoli revize právních předpisů týkajících se marketingu PRM a FRM;
- ❖ Využití stávajících zmocnění k přijetí konkrétních pravidel a odchylek by zohledňovalo cíle evropské zelené dohody a strategie „od farmy k vidličce“.

Možnost 1: Zlepšit postupy a soudržnost právních předpisů a zavést opatření ad hoc ke zvýšení udržitelnosti

- ❖ Zefektivnění rozhodovacích postupů pro stanovení a přizpůsobení požadavků;
- ❖ Více úkolů pod úředním dohledem;
- ❖ Zjednodušení rozhodovacích postupů na úrovni EU;
- ❖ Zlepšení soudržnosti mezi PRM, FRM a rostlinolékařskými, GMO a ekologickými předpisy;
- ❖ Vyjasnění a harmonizace informací, které mají provozovatelé poskytnout v dokumentaci FRM;

- ❖ Podpora cílů Green Deal a zejména přispívání k cílům strategie Farm to Fork;
- ❖ Vytvoření harmonizovaného systému založeného na riziku pro úřední kontroly

Možnost 2: Flexibilita přizpůsobit se technologickému vývoji, zlepšit přístup ke genetickým zdrojům a soudržně řešit cíle udržitelnosti

- ❖ Zlepšení bezpečnosti návštěv pro RM, vysledovatelnosti a integrity výrobního řetězce PRM a FRM podporou využívání digitálních technologií;
- ❖ Zavádění nových ustanovení ke zvýšení účinnosti systému certifikace / inspekce a registrace odrůd prostřednictvím moderních a flexibilních procesů a pravidel pro používání nových technologií.

Díličí možnost 2 A: Využování flexibility a harmonizace - více záruk pro uživatele

- ❖ Směrnice RM o marketingu se vztahují pouze na profesionální sektor;
- ❖ Směrnice o marketingu FRM rozšířena na určité jasně definované nelesnické účely; zefektivnění stávajících odchylek, pokud nelze splnit požadavky;
- ❖ Vytvoření harmonizovaného systému založeného na riziku pro úřední kontroly;
- ❖ Vytvoření ad hoc rámce pro výměnu osiva mezi zemědělci;
- ❖ Objasnění a rozšíření výjimek z oblasti působnosti právních předpisů PRM a FRM.

Díličí možnost 2 B: Úplná harmonizace - vysoké záruky pro uživatele

- ❖ Legislativa PRM se vztahuje na profesionální a neprofesionální koncové uživatele;
- ❖ Právní předpisy FRM se vztahují výhradně na FRM uváděné na trh pro lesnické účely;
- ❖ Omezení výjimek a vnitrostátních opatření na přísné minimum;
- ❖ Zahrnutí směrnic PRM a FRM do oblasti působnosti nařízení o úředních kontrolách; Regulace výměny osiva mezi zemědělci jako „marketing“.

V návaznosti na provedenou studii Evropská komise v termínu od 15. června do 13. července 2021 umožnila všem zainteresovaným subjektům i veřejnosti se v rámci veřejné konzultace vyjádřit k uveřejněným výsledkům. Hlavními problémy zjištěnými při vstupním posouzení dopadů byla nejednotnost a nepružnost stávajících zastaralých právních předpisů, obtíže při sladování právních předpisů s cíli „Zelené dohody“ a souvisejících strategií a překážky pro inovace.

Na základě toho Komise za konkrétní cíle navrhované revize legislativy označila:

- ❖ Zvýšit soudržnost právních předpisů odstraněním roztržitosti požadavků
- ❖ Harmonizovat pravidla pro úřední kontroly
- ❖ Podporovat zachování „in situ“ a udržitelné využívání rostlinných a lesních genetických zdrojů
- ❖ Podporovat inovace a rozvoj digitálních technologií a biomolekulárních technik v oblasti rozmnožovacího materiálu rostlin
- ❖ Vytvořit vhodné podmínky pro rozvoj ekologických odrůd vhodných pro

ekologickou produkci

- ❖ Přezkoumat rozsah legislativy ve vztahu k neziskovým aktivitám systémů pro zachování osiv, uvádění do oběhu pro neprofesionální pěstitele a výměnu rozmnožovacího materiálu mezi zemědělci v naturálních

Na základě výše uvedeného přistoupila Komise ke zpracování návrhů nových Nařízení pro reprodukční materiál (osivo a sadbu) rostlin obecně (PRM) a pro reprodukční materiál lesních dřevin (FRM).

Návrh Nařízení pro reprodukční materiál lesních dřevin byl koncipován odděleně, vzhledem k významným specifikům zrání, získávání a uplatnění tohoto reprodukčního materiálu.

Návrhy obou Nařízení byly prezentovány 06. 07. 2023 a členskými státy byly návrhy předloženy v anglickém jazyku, oficiální překlady do jazyků jednotlivých členských států byly přislíbeny k datu 04. 09. 2023, bohužel tyto překlady byly poskytnuty až o měsíc později.

Jednání o návrzích nového nařízení probíhají paralelně na úrovni Evropského parlamentu a jeho výborů, a zároveň v pracovní skupině Evropské komise. Návrh, který byl projednáván ve výborech Evropského parlamentu, byl na konci dubna odhlasován s tím, že další postup při legislativním procesu zajistí již nově zvolený parlament. To znamená, že další posun v jednáních lze očekávat začátkem podzimu 2024. Jistou specifičností projednávání je fakt, že změny, které jsou v textu provedeny, nejsou mezi těmito orgány sdíleny. Lze tedy v závěrečné fázi předpokládat předložení dvou, v některých bodech, poměrně rozdílných textů.

Při jednáních na úrovni Komise uplatňují jednotlivé členské státy své připomínky a text návrhu je průběžně revidován. Zatím poslední jednání proběhlo v Komisi 07. a 08. 05. 2024, další zasedání Pracovní skupiny FRM je naplánováno na 27. až 28. 05. 2024 formou videokonference.

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>

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

MOŽNOSTI ADAPTÁCIE NA KLIMATICKÚ ZMENU UMELOU OBNOVOU LESA A ICH PODPORA V NAVRHOVANEJ LEGISLATÍVE EÚ PRE LESNÝ REPRODUKČNÝ MATERIÁL

Roman Longauer

Abstrakt

Umelá obnova lesov však ponúka možnosť adaptácie ku klimatickej zmene využitím semien a sadeníc z teplejších a suchších oblastí s klímou podobnou tej, aká sa u nás predpokladá v dohľadnej budúcnosti. Na tento účel sa popri odborných usmerneniach začínajú používať expertné nástroje, ktoré na obnovovanej lokalite vyhodnotia vhodnosť rôznych drevín pre budúce klimatické podmienky a pre vhodné dreveniny odporučia oblasť pôvodu a dokonca aj uznané zdroje ich reprodukčného materiálu. Návrh nového právneho predpisu EÚ v súvislosti s klimatickou zmenou počíta s národnými pohotovostnými plánmi na zabezpečenie lesného reprodukčného materiálu (ďalej len „LRM“) v prípade krízových situácií. Pre profesionálnych operátorov navrhuje povinnosť poskytovať používateľom LRM informácie o jeho vhodnosti pre súčasné a predpokladané budúce klimatické podmienky.

Kľúčové slová

klimatická zmena, lesný reprodukčný materiál, umelá obnova, asistovaná migrácia.

Úvod

Stredná Európa sa za uplynulé tridsaťročné obdobie oproti obdobiu 1961-1990 oteplila o 1,3-1,5 °C. Desaťročie 2013-2022 bolo dokonca teplejšie o viac ako 2 °C (Európska Environmentálna Agentúra 2023).

K prebiehajúcej klimatickej zmene bezpochyby podstatne prispieva ľudská činnosť a za posledných 30 rokov ľudstvo do atmosféry vypustilo raz toľko skleníkových plynov ako za celé predošlé priemyselné obdobie. Aj pri „včasnej“ redukcii emisií skleníkových plynov na polovičnú úroveň oproti súčasnosti bude nepriaznivý vývoj klímy pokračovať. Aj umiernený scenár Panelu OSN o zmene klímy RCP 4,5 (UN FCC 2014) predpokladá, že v druhej polovici 21. storočia bude Zem oproti obdobiu 1961-1990 teplejšia o 2,5 °C.

Klimatická zmena významne posúva klimatické areály (nielen) lesných drevín. Doterajší nárast priemernej teploty našom regióne znamená, že väčšina

porastov našich drevín na miestach, kde vyrástla, z klimatického hľadiska nie je „jednou nohou doma“. Už uplynulých 30 rokov totiž bolo v strednej Európe oproti „normálu“ 1961-1990 teplejšie o 1,5 °C a rýchlosť otepľovania od roku 1961 je 0,3-0,4 °C za desaťročie. Pokračovanie tohto trendu prinesie k roku 2070 horizontálny klimatický posun o 400-500 km a vertikálny o 1,5 až 2 lesné vegetačné stupne. Prirodzená migračná schopnosť dubov a buka semenami je pritom obmedzená na stovky metrov, u jedle, javorov, jaseňov je možných niekoľko kilometrov.

Pokiaľ by sa naplnil optimistický scenár s globálnym oteplením len o 1,5-2 °C, v lesoch strednej Európy by ako adaptačné opatrenie postačila čiastočná zmena drevinového zloženia. Vďaka genetickej variabilite by v dnešných lesných porastoch prežila časť stromov lepšie znášajúca suchu a teplo. Mohli by si udržať plodnosť, vzájomne sa krížiť a dať základ novej generácii, lepšie prispôbenej novým podmienkam.

Umelá obnova lesa v kontexte klimatickej zmeny poskytuje možnosti neporovnateľne rýchlejšej reakcie ako prirodzený vývoj. Podľa jedného z projektov Európskej únie („Crossing Borders – European Forest Reproductive Material Moving in Trade“, 2013-2018) sa v strednej Európe ročne vysadí okolo 900 miliónov sadeníc lesných drevín. Týmto spôsobom možno podporiť adaptáciu lesov asistovanou migráciou klimaticky vhodnejších drevín a sadeníc dopestovaných zo semien nazbieraných v oblastiach, kde sú tie isté dreviny, ako rastú u nás, prispôbenej teplejšiemu a suchšiemu podnebiu.

Asistovaná migrácia lesných drevín prostredníctvom semien a sadeníc

Modelovanie vhodnosti dreviny na konkrétnej lokalite v budúcich klimatických podmienkach je založené na intervaloch hodnôt klimatických charakteristík, v ktorých sa drevina vyskytuje hromadne (v klimatickom optime), menej často až po hranice jej výskytu. Zdrojom podkladových údajov o rozšírení a produkčnom potenciáli jednotlivých drevín v rôznych klimatických podmienkach sú, napr. monitorovacie plochy celoeurópskej siete Medzinárodného programu pre monitorovanie dopadov znečistenia ovzdušia na lesy ICP Forests. Na tomto základe Atlas lesných drevín Európy (<https://forest.jrc.ec.europa.eu/en> Mauri a kol. 2016) uvádza klimatické areály jednotlivých druhov v doterajšom podnebí. Pre budúce klimatické pomery sa využitím „klimatických nálepiek“ drevín dajú identifikovať miesta, odkiaľ tá-ktorá drevina ustúpi a tiež nové klimatické „okná“, do ktorých sa bude môcť rozšíriť.

Zdrojom podkladových údajov o dnešnom a budúcom podnebí pre naše klimatické modely sú klimatické databázy ako, napr. WorldClim alebo EU EURO-CORDEX, ktorá je presnejšia a poskytuje 83 klimatických charakteristík s vysokou presnosťou až v rastru 1 km.

Modelovanie vhodných smerov prenosu LRM v súlade s postupom klimatickej zmeny vychádza z výsledkov provenienčných pokusov, v ktorých sa oddiely reprodukčného materiálu známeho pôvodu (proveniencie) zámerné vysádzajú do

odlišných podmienok. V projekte SUSTREE „Zachovanie a udržateľné využívanie diverzity lesných drevín v podmienkach klimatickej zmeny programu Interreg EÚ Stredná Európa sme, napr. na tento účel zhromaždili výsledky 587 provenienčných pokusov s viac ako desiatimi tisícmi proveniencií 7 hlavných stredoeurópskych lesných drevín - duba zimného a letného, buka, jedle, smreka, borovice a smrekovka. Použili sa na odvodenie funkcií odozvy na zmenu klimatických podmienok (Universal Response Functions) pre regionálne populácie uvedených drevín. Odvodené funkcie sa využili v expertnom nástroji SusSelect (je voľne dostupný na Google Play), ktorý pre ľubovoľnú lokalitu (danú GPS súradnicu) odporúča:

- a) Vhodné dreviny pre klimatické podmienky očakávané na obnovovanej lokalite po r. 2050. Pri výbere zo 7 drevín farebná škála indikuje ich klimatickú vhodnosť, resp. bezpečnosť produkcie. Na kvalifikované rozhodovanie sú však v tomto prípade potrebné odborné znalosti z bioklimatológie, pedológie, pestovania a ochrany lesa.
- b) Vhodnú semenársku (provenienčnú oblasť) reprodukčného materiálu s podnebíom podobným tomu, ktoré sa v obnovovanom poraste predpokladá po r. 2050.
- c) V konečnej podobe nástroj navrhne vhodné uznané zdroje semien zo spoločného registra zdrojov lesného reprodukčného materiálu EÚ FOREMATIS.

Rozhodovanie o vhodnej oblasti pôvodu a zdrojoch semien pre budúce klimatické podmienky si vyžaduje znalosti z ekologickej genetiky lesných drevín. Konkrétne o geneticky ovplyvnených adaptívnych znakoch a vlastnostiach regionálnych populácií lesných drevín, ktoré objektívne limitujú prenos ich reprodukčného materiálu. Do úvahy pripadá zapracovanie súvisiacich poznatkov priamo do nástroja SusSelect.

Podpora adaptácie na klimatickú zmenu v návrhu nových predpisov EÚ pre LRM

Návrh nariadenia EÚ o uvádzaní LRM na trh (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52023PC0415>) obsahuje 2 povinnosti:

- oficiálne orgány členských štátov vypracujú národné pohotovostné plány pre všetky dreviny v pôsobnosti nariadenia a budú poskytovať správy o ich prijatí a plnení;
- profesionálni operátori (dodávatelia) budú používateľom dodávaného LRM poskytovať informácie (na webových stránkach a/alebo v príručkách) o oblasti jeho použitia v súčasných a budúcich klimatických a ekologických podmienkach.

Národné pohotovostné plány majú slúžiť na zabezpečenie LRM v prípade krízových situácií: na obnovu lesov zasiahnutých klimatickými extrémami, lesnými požiarimi, vypuknutím nákaz a prienikom škodcov alebo akoukoľvek inou relevantnou udalosťou pre vnútroštátne posúdenia rizika v súlade s článkom 6

ods. 1 rozhodnutia EÚ č. 1313/2013/EÚ o mechanizme Únie v oblasti civilnej ochrany. Pohotovostné plány sa majú vzťahovať na všetky dreviny v pôsobnosti navrhovaného nariadenia, ktoré sú vhodné pre súčasné a budúce prírodné podmienky konkrétneho členského štátu. Plány majú zohľadniť predpokladané budúce rozšírenie drevín na základe národných a regionálnych klimatických modelov. Členské štáty budú musieť pri príprave a aktualizácii pohotovostných plánov spolupracovať so „všetkými príslušnými zainteresovanými stranami“.

Povinnosť profesionálnych operátorov poskytovať používateľom LRM informácie o jeho vhodnosti pre súčasné a predpokladané budúce klimatické a ekologické podmienky presahuje možnosti väčšiny profesionálnych operátorov. Prístup k požadovaným informáciám tak budú musieť sprostredkovať – v rámci dlhšieho prechodného obdobia - oficiálne orgány členských štátov. Podmienkou je dostupnosť expertných nástrojov pre výber vhodnej oblasti pôvodu LRM ako je zmieneny SusSelect alebo v severnej Európe používaný nástroj Planters Guide (<https://www.skogforsk.se/plantersguide>).

Záver

Adaptácia lesov ku klimatickej zmene sa bude z viacerých dôvodov musieť spoľahnúť na umelú obnovu lesných drevín. Prvým dôvodom je, že v porovnaní s rýchlosťou otepľovania je migračná schopnosť semien väčšiny našich drevín nedostatočná.

Asistovaná migrácia má potenciál na to, aby aj v pokročilej klimatickej zmene zmiernila problémy so skrátenou životnosťou, zdravotným stavom a produkciou drevín (Erickson a kol. 2012). Jej účelom teda nie je len zmena drevinového zloženia, ale aj využitie semien a sadeníc našich pôvodných drevín z teplejších oblastí, ktorých doterajšie podnebie sa podobá tomu, aké k nám prináša klimatická zmena.

Doterajšie oteplenie o 1,5 až 2 °C za 30 rokov zodpovedá horizontálnemu klimatickému posunu o 250-300 km. Na adaptačné opatrenia k ďalej postupujúcej klimatickej zmene po r. 2050 pritom budeme vhodný LRM z ešte vzdialenejších oblastí.

S ohľadom na vývoj klimatickej zmeny sú pre nás v súvislosti s asistovanou migráciou najzaujímavejšie populácie lesných drevín v juhovýchodnej Európe – Srbsku, častiach územia Bosny, Rumunska a Bulharska. Zabezpečenie dostupnosti semien a sadeníc z týchto oblastí si však vyžiada plánovanie, nebyvalú koordináciu a spoluprácu. Pre nás zaujímavé dreviny aj tam trpia otepľovaním a suchom. Oslabujú ich častejšie gradácie tradičných škodcov, šírenie nových škodcov a chorôb. Následne menej často plodia a v úrodách semien (napr. buka, dubov) je nižší podiel zdravých, vitálnych semien. Z dôvodu nedostatku semien lesných drevín, napr. Srbsko v r. 2023 podstatne obmedzilo možnosti ich komerčného vývozu.

Asistovaná migrácia využívajúca cezhraničný prenos LRM si vyžaduje úpravu

národných legislatív, plánovanie a spoluprácu partnerov v rámci väčších regiónov. Kladie takisto väčšie nároky na producentov a kontrolný systém. Podmienkou úspechu adaptačných opatrení je totiž zaručenie pravosti reprodukčného materiálu, t. j. že deklarovaný zdroj a proveniencia zdroja semien zodpovedá skutočnosti.

Návrh nového nariadenia EÚ pre LRM počíta s využitím nástrojov, ktoré vlastníkovi (obhospodarovateľovi) lesa odporučia oblasti pôvodu semien a sadenic pre budúcu klímu. Vzhľadom na závažnosť súvisiacich rozhodnutí by ich mal obhospodarovateľ konzultovať s odborníkmi. Na ilustráciu uvádzame dedične ovplyvnené znaky a vlastnosti, ktoré objektívne obmedzujú voľný prenos LRM našich hlavných lesných drevín:

Smrek: Už začiatkom 20. storočia výsledky pokusov Englera (1905, 1913) s výsadbou proveniencií smreka z rôznej nadmorskej výšky potvrdili dedičné ovplyvnenie ich rastu, typu vetvenia a tvaru korún. Tradične preto nielen u nás rozlišujeme pahorkatinný smrek s hrebeňovitým vetvením a rozložitejšou korunou, horský smrek s prevažne zväzkovitým vetvením a užšou korunou a vysokohorský s doskovitým vetvením a ihlanovitou korunou. Výber vhodného morfortypu smreka pre konkrétny typ stanovišťa (údolie, náhorná poloha, hrebeň, náveterné svahy, hranica lesa) má totiž význam kvôli neskorším škodám spôsobeným zlomami a vývratmi.

Buk: Medzinárodný pokus 1995-1998 s približne so 120 provenienciami, ktoré sa súběžne vysadili na 20 pokusných plochách v 14 krajinách preukázal, že neskorými mrazmi (ktoré sú v mnohých oblastiach „novým normálom“) je všeobecne menej poškodzovaný buk pochádzajúci z oblastí s oceanickejším podnebí s miernejšími zimami. Teda z oblastí ležiacich na západ a juhozápad – a nie na východ od nášho územia.

Borovica lesná: Tvar korún, dĺžka a hrúbka vetiev sú kľúčovými znakmi pre zamedzenie škôd ťažkým snehom a námrazou. Na základe tvaru korún a vetvenia naša, rakúska a česká lesnícka prax rozlišuje borovicu nížinnú, pahorkatinnú a náhornú (horskú). Výber vhodného ekotypu pre konkrétny typ stanovišťa (nížiny, pahorkatiny, horské polohy) bude dôležitý aj v pokročilej klimatickej zmene.

Dub zimný, dub letný: z dôvodu poškodzovania neskorými mrazmi je pre odrastanie a kvalitu mladých porastov dôležitá doba pučania. Podobne ako v prípade buka, neskôr pučia proveniencie z oblastí nachádzajúcich sa na západ a juh od nášho územia. U duba letného je preukázaná existencia edafotypu adaptovaného na vysoké pH pôd v strednom Podunajsku a povodí rieky Sáva, ktorý nazývame dub letný slavonský.

Smrekovec: Na rozdiel od alpských sú naše proveniencie tejto dreviny odolné voči rakovine kmeňa, ktorú spôsobuje *Trichoscyphella wilkomii*. Tá je limitujúcim faktorom pestovania smrekovca v západnej a severozápadnej Európe. Jesenícky (sudetský) smrekovec sa navyše vyznačuje rýchlym rastom pri primeranej kvalite kmeňa. Smrekovec zo Západných Karpát sa okrem odolnosti voči rakovine kmeňa vyznačuje priamym kmeňom a vysokou kvalitou dreva. Poľské proveniencie sa však po prenose do iných oblastí vyznačujú pomalším rastom a zhoršenou tvárnosťou.

Literatúra

- Engler, A., 1905: Einfluss der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der Forstliche Holzgewächse [Vplyv proveniencie semien na vlastnosti lesných drevín]. Mitteilungen der Schweizerisches Zentralanstalt fur das Forstliche Versuchswesen, 235 s.
- Erickson, V. a kol., 2012: Genetic Resource Management and Climate Change: Genetic Options for Adapting National Forests to Climate Change. USDA Forest Service, Forest Management, 18 s. https://climatechange.ecoshare.info/files/2010/11/Genetic_Options.pdf
- European Environmental Agency, 2023: Global and European Temperature [Globálne a európske teplotné indikátory]. Published 29 Jun 2023. <https://www.eea.europa.eu/en>
- Kolektív, 2019: SUSTREE Policy Brief. Zachovanie a udržateľné využívanie biodiverzity lesných drevín v podmienkach klimatickej zmeny. EU Interreg Central Europe, 6 s.
- Mauri, A., Strona, G., San Miguel Ayanz, J.: EU-Forest, a high-resolution tree occurrence dataset for Europe [Les v EÚ – súbor dát s vysokým rozlíšením o rozšírení drevín]. Scientific Data 4:160123|DOI:10.1038/sdata.2016.123 (www.nature.com/sdata).
- Thuiller, W., Engler, R., Laforcade, B., Araujo, M.B, 2016: BIOMOD – a platform for ensemble forecasting of species distributions. [BIOMOD – platforma pre združené modelovanie areálov druhov]. Ecography 32(3): 369-373.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol vďaka podpore z projektu Adaptačný potenciál drevín pri príprave lesov Slovenska na zmenu klímy (TREEADAPT) z kontraktu medzi MPRV SR a NLC. a tiež projektu podporeného z programu EÚ Horizon-2020 LignoSilva Upgrade (č. p. 101059952).

Kontakt:

Ing. Roman Longauer, CSc.
Národné lesnícke centrum
T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen,
e-mail: roman.longauer@nlcsk.org

OBNOVA KALAMITNÍCH HOLIN JAKO ŠANCE PRO VZNIK ODOLNĚJŠÍCH LESŮ

Jan Leugner

Abstrakt

V důsledku kůrovcové kalamity, která neměla v historii České republiky ani Československa takovou obdobu, vzniklo v posledních několika letech tak obrovské množství holin, které vedlo k hledání a realizaci alternativních postupů obnovy lesa na těchto plochách. Současně se lesnictví nejen ve střední Evropě musí vyrovnávat s důsledky globální klimatické změny, které způsobují především zvýšený výskyt klimatických extrémů. Proto je téměř nutností, aby současná obnova kalamitních holin byla realizována tak, aby nově vznikající porosty měly vyšší předpoklady odolnosti a stability do budoucna.

Cílem obnovy „nového lesa“ na kalamitních plochách by měla být tvorba druhově pestrých porostů, kde jsou jednotlivé druhy stromů rozprostřeny v prostoru v bohaté mozaice. K naplnění tohoto cíle je nutné využít více způsobů.

Na základě výzkumu a také praktickým zkušeností je potvrzováno, že nejhodnější možností pro obnovu lesa na rozsáhlých kalamitních holinách je využití co nejširší palety možností obnovních postupů s širokou škálou lesních dřevin. Spektrum těchto postupů zahrnuje přímou výsadbu cílových dřevin, přirozenou obnovu, kombinaci těchto dvou základních způsobů, dále využití dvoufázové obnovy a také pěstování porostů přípravných dřevin v krátkém obmýti.

Klíčové slová

kalamitní holina, kombinovaná, přirozená, umělá obnova

Úvod

Pro zachování všech důležitých funkcí lesa, včetně funkce produkční je potřebné (nutné) zvyšování odolnosti lesních porostů, potažmo celých lesních ekosystémů ke změnám, které souvisí s klimatickou změnou. Lesní ekosystémy jsou bezesporu jedním ze základních pilířů adaptačních strategií. Tedy strategie, která má přizpůsobit jednotlivé oblasti lidské činnosti klimatickým extrémům, které lze s vysokou pravděpodobností v budoucnu předpokládat. Plně funkční lesní ekosystémy mohou být zároveň adaptačním i mitigačním opatřením této strategie.

V posledních několika letech je současně nutné řešit obnovu rozsáhlých kalamitních holin vzniklých v důsledku nahodilých těžeb. V posledních několika letech tak vzniklo obrovské množství holin, které vedlo k hledání a realizaci alternativních postupů obnovy lesa na těchto plochách. Cílem obnovy „nového lesa“ na kalamitních plochách by měla být tvorba druhově pestrých porostů, kde jsou jednotlivé druhy stromů rozprostřeny v prostoru v bohaté mozaice. K naplnění

tohoto cíle je nutné využít více způsobů. Důležitými faktory, které je nutno brát v úvahu při plánování obnovy kalamitních ploch, je jednak požadavek na rychlý návrat plnění základních funkcí lesa (obnova lesního prostředí) a za druhé, potřeba rozložit obnovu rozsáhlých kalamitních ploch do delšího období.

Na základě výzkumu a také praktických zkušeností je potvrzováno, že nejvhodnější možností pro obnovu lesa na rozsáhlých kalamitních holinách je využití co nejširší palety možností obnovních postupů. Spektrum těchto postupů zahrnuje přímou výsadbu cílových dřevin, přirozenou obnovu, kombinaci těchto dvou základních způsobů, dále využití dvoufázové obnovy a také pěstování porostů přípravných dřevin v krátkém obmýti. Používat pouze klasickou jednorázovou umělou obnovu rozsáhlých holin klade vysoké požadavky na množství sadebního materiálu, techniku i organizaci práce. Navíc opakované vylepšování a následná péče o kultury zvyšují celkové náklady na dosažení zajištěného porostu a nepříznivě ovlivňují ekonomiku zakládání lesních porostů. Ještě větším problémem je to, že tyto postupy obnovy by mohly vést k tvorbě plošně rozsáhlých, stejnověkových porostů, které nemohou do budoucna zajistit odpovídající stabilitu a vitalitu nově vytvářených porostů s ohledem na očekávané klimatické změny a s tím spojená rizika opakování kalamit. Optimálním cílem obnovy by měla být tvorba smíšených/funkčních porostů s relativně jemnou strukturou smíšení se zastoupením širokého spektra dřevin plnících očekávané funkce lesa.

Postupy obnovy kalamitních holin

Umělá obnova

Přímou výsadbu směsí široké škály cílových dřevin vhodné preferovat na bohatých stanovištích, které jsou v příznivých terénních podmínkách. Při souvislé velikosti holin nad 10 ha je rozhodně vhodné pro rozčlenění vložit pruhy rychlerostoucích přípravných dřevin (bříza, topol osika, olše), které budou pěstovány ve zkráceném obmýti (20–40 let) za účelem diverzifikace věkové struktury budoucích porostů. Vzhledem k predikovaným klimatickým změnám lze uvažovat také o použití některých dřevin (například dubu) s mírným posunem do vyšších nadmořských výšek oproti dosavadnímu vymezení.

Využití přirozené obnovy široké škály dřevin

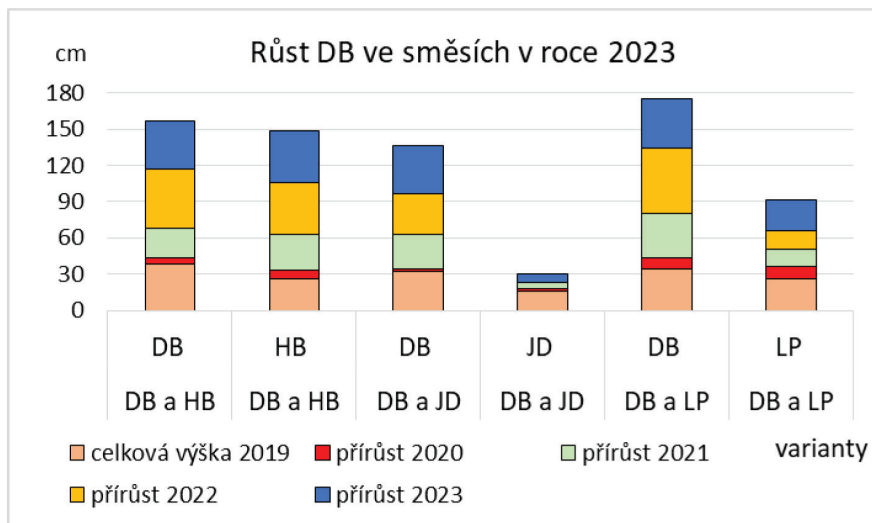
Obnovu přes přípravné porosty založené přirozeně lze preferovat na chudších stanovištích, případně v obtížných terénních podmínkách. Ale důležité je, zda se nějaká přirozená obnova již na lokalitě vyskytuje nebo existuje reálný potenciál pro následnou obnovu na holině (přítomnost vhodných mateřských stromů jako zdroje semenného materiálu, stav zabařinění nežádoucí vegetací a podobně). Pokud není přirozená obnova dostatečná, je nutné ji následně doplňovat dosadbou dřevinami s dostatečným růstovým potenciálem v konkrétních podmínkách obnovovaného porostu.

Kombinovaná obnova

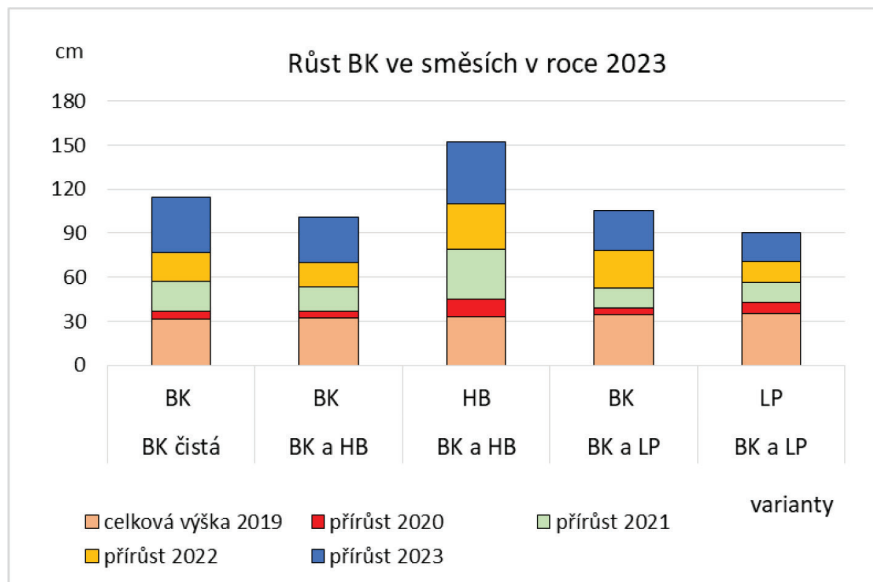
Kombinovanou dvoufázovou obnovu lze preferovat na středně bohatých a vodou ovlivněných stanovištích, které jsou v příznivých terénních podmínkách. Dvoufázovou obnovu je možné použít rovněž tam, kde se nachází, nebo lze očekávat, výskyt přirozeného zmlazení takových druhů, které bude vhodné zakomponovat do druhové skladby nově vznikajících porostů, nebo tam, kde do cílové druhové skladby bude žádoucí vnést takové dřeviny, které vyžadují ekologické krytí porostu založeného v první fázi (například jedle nebo buk).

Výsledky různých postupů při obnově na VP Heraltice

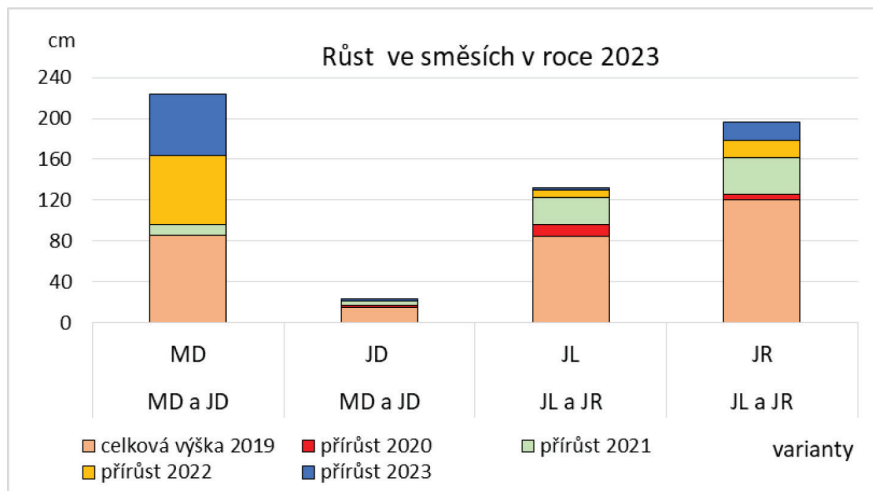
Na výzkumné ploše Heraltice (LČR, LS Telč, SLT 5B, 5G, 5S, nadmořská výška ca 600 – 620 m n. m.), jsou testovány různé postupy obnovy kalamitních holin. Na této ploše je sledování zaměřeno především na různé postupy umělé a kombinované obnovy holin. Byl vyhodnocen růst přípravných a cílových dřevin v různém smíšení. Zakládánou „adaptační směs“ představuje především různé zastoupení dubu, ale i habru. Růstové optimum těchto dřevin se nachází ve výrazně nižších nadmořských výškách. Obě dřeviny ovšem relativně dobře snášejí ekologické podmínky na otevřených holých plochách a zároveň jsou to dřeviny relativně dobře snášející suchá období. Celková velikost holiny byla v roce 2023 více než 40 ha. Ztráty ve čtvrtém roce po výsadbě na kalamitní holinu se i díky relativně bezproblémovému průběhu počasí již nezvyšovaly. Hodnocení výškového růstu jednotlivých variant výsadeb je zobrazeno na obrázcích 1, 2 a 3.



Obr. 1: Hodnocení výškového růstu v prvních třech letech po výsadbě ve směších s dubem



Obr. 2: Hodnocení výškového růstu v prvních třech letech po výsadbě ve směsích s bukem



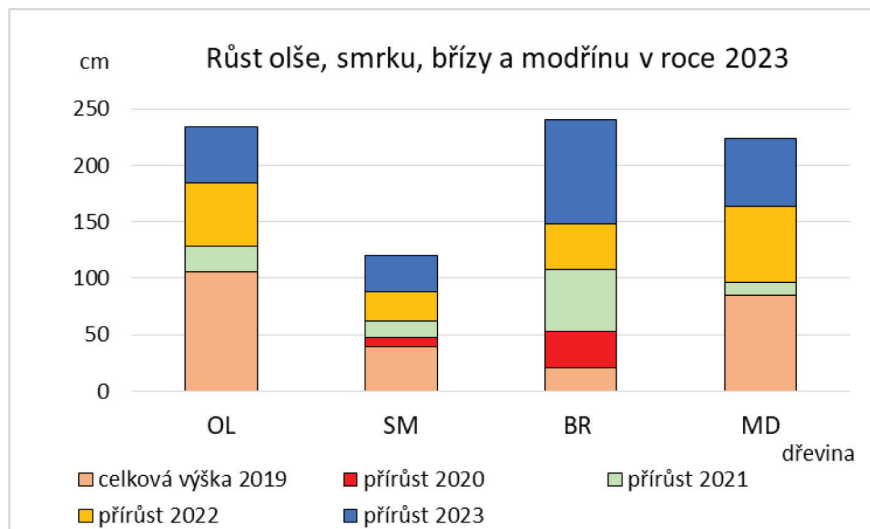
Obr. 3: Hodnocení výškového růstu v prvních třech letech po výsadbě ve směsi modřinu a jedle společně s výsadbou cenných listnáčů JL, JR muk

Při hodnocení výškového růstu v prvních třech letech po výsadbě byly zjištěny velké rozdíly v dynamice růstu. Světlo milné dřeviny (především modřín, ale i dub a habr) již v prvních letech relativně intenzivně přirůstaly a to i v případě, že byla provedena výsadba formou vyspělého sadebního materiálu s výškou nad 80 cm. U

těchto dřevin již jsou (případně budou v příštím roce) splněny parametry zajištěné kultury. Naopak dřeviny s „klimaxovou strategií růstu“ (především JD) v prvních letech přirůstaly velmi pomalu. Zajímavým poznatkem je prozatím rychlejší odrůstání dubu ve srovnání s bukem, přestože se výzkumná plocha nachází v nadmořské výšce ca 600 m n. m. (5. LVS).

Kombinovaná obnova

Ve výsadbách přípravných dřevin (olše, bříza, smrk, modřín) bylo provedeno měření výškového přírůstu. Výsledky hodnocení růstu po čtyřech vegetačních sezónách jsou uvedeny na obr. 4.



Obr. 4: Růst přípravných dřevin na VP Heraldice, založeno na podzim roku 2019

Růst smrku prozatím není tak dynamický jako u břízy, olše a modřínu. U smrku byly v prvních dvou letech po výsadbě pozorovány následky „šoku z přesazení“. U olše došlo v prvním roce po výsadbě k poškození nadzemních částí vyloukáním zvěří. Olše ovšem relativně velmi dobře zregenerovala a v dalších letech již je zaznamenáván dynamický výškový přírůst (v posledních dvou letech až 50 cm ročně). U břízy byl významný výškový přírůst zaznamenáván již od prvního roku po výsadbě, přestože v prvním roce také došlo k poškození výsadeb zvěří. Současná průměrná výška porostu břízy je téměř 250 cm. U modřínu byl v prvním roce po výsadbě také zaznamenán „šok z přesazení“, ale v dalších letech již přirůstal velmi dynamicky.

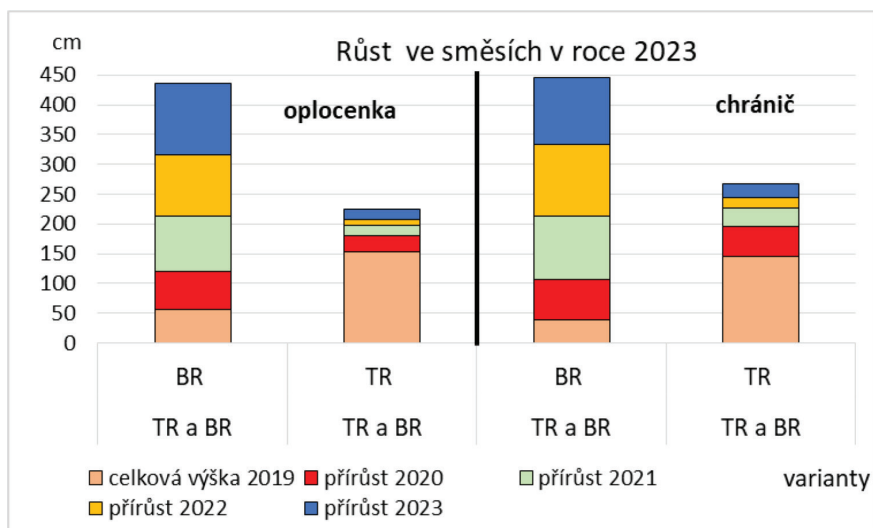
Na základě těchto výsledků lze předpokládat, že u olše, břízy a modřínu bude vytvořen přípravný porost, který bude pozitivně ovlivňovat ekologické podmínky na kalamitní holině (tlumení růstu buřiny a teplotních extrémů) již kolem pátého roku po výsadbě. U výsadeb smrku bude tento časový horizont pravděpodobně delší.

Umělá obnova

Dalším specifickým postupem obnovy kalamitních holin je umělá obnova zvyšující druhovou diverzitu.

V roce 2023 byl vyhodnocen růst uměle založené směsi třešně ptačí (TR) a břízy bradavičnaté (BR). Výsadba obou dřevin proběhla na podzim roku 2019. Pro výsadbu TR byly využity odrostky s průměrnou výškou 150 cm (1200 ks/ha), které byly z důvodu ochrany před škodami zvěří, umístěny do plastových chráničů. Pro výsadbu BR byly využity krytokořenné semenáčky (2 000 ks/ha). Ochrana proti škodám zvěří nebyla u břízy realizována. Směs dřevin byla vytvořena pravidelným řadovým smíšením. Jako kontrolní varianta byla založena stejná směs v oplocence.

Výsledky měření výškového růstu jsou uvedeny na obrázku 5. Obě dřeviny začaly ihned po výsadbě relativně rychle přirůstat. Rychlejší růst byl v prvních dvou letech zaznamenán u původně menšího sadebního materiálu břízy. Na výškovém růstu třešně se pozitivně projevilo využití plastového chrániče, který výškový přírůst stimuloval. Tento stimulační efekt potvrzuje výsledky zjištěné i u jiných dřevin.



Obr. 5: Výškový přírůst umělé obnovy třešně a břízy na kalamitní holině

Pro další vývoj směsi bude rozhodující, aby nedošlo k utlačování cílové dřeviny ve směsi (TR) a zároveň aby bříza působila jako výchovná dřevina. Protože výsadba byla založena v relativně malé hustotě, tak si dřeviny prozatím nekonkurují.

Závěr

Kombinací všech uvedených postupů lze využít další způsoby, které ale vždy musí vycházet z konkrétní znalosti místních podmínek a také biologických nároků

dřevin, které budou pro obnovu použity. Je nutné si uvědomit, že neexistuje jeden univerzální postup obnovy kalamitní holiny, ale vždy je nutné hledat optimální postup pro konkrétní ekologické podmínky obnovované plochy. Z hlediska lesnického přístupu je nutné vyhodnotit možnosti využití přírodních procesů (např. přirozená obnova cílových i přípravných dřevin). Tyto procesy poté zakomponovat do celkové strategie obnovy kalamitních holin nejčastěji v kombinaci s dalšími způsoby.

Poděkování

Článek vznikl v rámci podpory výzkumu Ministerstvem zemědělství ČR (MZE-RO0123).

Kontakt:

Ing. Jan Leugner, Ph.D.

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

Výzkumná stanice Opočno

Na Olivě 550

517 73 Opočno

e-mail: leugner@vulhmop.cz

mobil: +420602783429

VELKOPLOŠNÉ HOLINY A KRYTKOŘENNÝ SADEBNÍ MATERIÁL

Mauer Oldřich, Kateřina Houšková

Abstrakt

Kůrovcová kalamita spolu s narůstajícím suchem prověřila mnohé lesnické postupy a přístupy nejen obnovy lesa. Práce analyzuje možnosti a výsledky uplatnění krytkořenného sadebního materiálu. Prezentované výsledky a výstupy jsou podloženy desítkami ověřování na výzkumných plochách založených řešitelským týmem nebo vyhodnocením ploch založených provozní praxí. Krytkořenný sadební materiál je při obnově velkoplošných holin i v období sucha lepším než sadební materiál prostokořenný. Obzvláště v období sucha je však třeba modifikovat některé postupy obnovy, které byly uplatňovány při obnově malých holin za standardního počasí.

Klíčové slová

holina, krytkořenný sadební materiál, obnova, sucho

Úvod

Přednosti a zápory krytkořenného sadebního materiálu oproti sadebnímu materiálu prostokořennému jsou dlouhodobě známy a více či méně využívány. Hlavními klady mohou být zejména – menší ztráty při obnově, rychleji zajištěná kultura, výsadba téměř v průběhu celého kalendářního roku, menší počet vysazovaných rostlin na hektar. Hlavními zápory mohou být zejména – možnost deformací kořenového systému, vyšší cena, nákladnější doprava.

Uplatnění krytkořenné sadebního materiálu při obnovách lesů v ČR téměř od nuly koncem devadesátých let neustále narůstá a v současné době činí 30 %, výrazné rozdíly jsou mezi regiony a majiteli (Ministerstvo zemědělství ČR 2023). Obdobná situace je i v zahraničí, tzn. vzrůstající trend uplatnění krytkořenného sadebního materiálu, přičemž v některých státech (Severní Evropa, Britská Kolumbie) dosahují téměř 100 %. Důvody jsou jednoznačné – menší ztráty než při uplatnění prostokořenného sadebního materiálu. Např. ve Finsku uvádí, že ztráty při obnovách krytkořenným sadebním materiálem dosahují 5 % (ústní sdělení), v Polsku 10 % oproti 29 % ztrátám sadebního materiálu prostokořenného (Szabla, Pabian 2009), Vojenské lesy a statky ČR, s. p. i v kritickém velmi suchém roce 2015 uvádí, že ztráty krytkořenného sadebního materiálu dosahovaly 19 %, oproti 39 % ztrátám sadebního materiálu prostokořenného (Češka 2018).

Výsledky

Při hodnocení úspěšnosti obnov kalamitních holin v letech 2017, 2018 (hodnoceno bylo 480 ha, skupina lesních typů (SLT) 3, 4 – S, K) jsme zjistili, že

ztráty krytokořenným sadebním materiálem činily 17 %, ztráty prostokořenným sadebním materiálem byly 44 % (Mauer, Houšková 2019). Velmi rozsáhlé hodnocení úspěšnosti výsadby prostokořenného a krytokořenného sadebního materiálu realizoval řešitelský tým v roce 2019 (tab. 1).

Tabulka 1: Porovnání růstu prostokořenného a krytokořenného sadeb. materiálu (v počtech porostů) podle let výsadby

Rok výsadby	JD			MD			SM			BK			BO			DG			DB			Celkem porostů	Všechny dřeviny					
	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0		+	-	0			
2006	1			2																					3	3		
2008									2																2	2		
2010				1				2	4		2									1		1			11	6	1	5
2011			1	1				3		7	1		1			1									15	13	1	1
2012	2							10	1	9		3	1			6									32	28		4
2013								3		9		1	2	1						3					19	17	1	1
2016								12	4	18		6	2			9		4							55	41		14
2017				3	1			4		12		3	10		1										34	29		5
Celkem porostů	3	1	7	1	32	7	61	1	15	16	1	1	16	4	4	4	1	171	139	2	30							

Pozn. + lepší krytokořenný sadební materiál
 - mezi krytokořenným a prostokořenným sadebním materiálem není významný rozdíl
 0 lepší prostokořenný sadební materiál

Bylo analyzováno 171 výsadeb z let 2006 až 2017, na 21 SLT, od 1. do 7. LVS (lesní vegetační stupeň), při užití všech hlavních druhů dřevin. K hodnocení byly vybírány porosty, které byly oběma typy sadebního materiálu zalesněny ve stejnou dobu, na stejném místě, výsadby byly shodně ošetřovány, k výsadbě byl použit morfologicky přibližně shodný sadební materiál prostokořenný i krytokořenný. Mimo ztráty bylo sledováno dalších 6 parametrů růstu a výsledky byly statisticky vyhodnoceny. Z výsledků vyplývá, že ve 139 případech byl lepší sadební materiál krytokořenný, ve 30 případech byl lepší sadební materiál prostokořenný a ve 2 případech nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly. Výsledky jsou shodné (nebyly zjištěny rozdíly) jak pro analyzované dřeviny, tak pro analyzovaná stanoviště.

Z ekonomického hlediska např. Szabla a Pabian (2009) a Sliwa (2018) uvádí, že náklady na zajištěnou kulturu jsou při výsadbě krytokořenné borovice o 40 % nižší než při výsadbě borovice prostokořenné, u dubů tento rozdíl činí 29 %. Řešitelský tým zjistil, že v podmínkách ČR jsou při užití krytokořenného sadebního materiálu náklady na zajištěnou kulturu až o 37 % nižší (podle druhů použité dřeviny) než při užití sadebního materiálu prostokořenného.

Ze všech šetření však vyplývá – aby výsadba krytokořenným sadebním materiálem byla úspěšná i na velkoplošných holinách a v období intenzivních přísušků – je třeba respektovat některé důležité aspekty.

- Vlhkost kořenového balu při výsadbě musí být minimálně 60 %. V případě, že vlhkost poklesne na 50 %, ztráty dosahují až 40 %, při poklesu pod 50 % jsou ztráty až 100 %.

- Kořenový bal musí být řádně vyhnojený (tab. 2), ale nepřehnojený dusíkem (tab. 3) a nepostradatelná je i aklimatizace krytokořenného sadebního materiálu na úložišti (tab. 4).

Tabulka 2: Vliv vyčerpání (zásoby) živin v kořenovém balu (ve školce) na růst SM fv1+fv1 po výsadbě (jamková sadba, SLT 4K, holina 2,60 ha, pH půdy a kořenového balu shodné, po výsadbě 4 týdny sucho)

Zásoba živin v kořenovém balu (%)	1 rok		2 rok		3 rok	
	Ztráty (%)	Vitalita	Ztráty (%)	Vitalita	Ztráty (%)	Vitalita
100	6	1	7	1	7	1
50	12	2	35	2 až 3	37	1
15	48	3	71	3	74	2

Pozn.: Vitalita 1 – nejlepší, 3 – nejhorší

Tabulka 3: Vliv hnojení sadebního materiálu dusíkem na ujímavost (%) při jarní výsadbě v období sucha (SLT 4 K, holina 3,00 ha, po výsadbě 4 týdny sucho)

Sadební materiál	Přehnojené	Optimum	Nedohnojené
DB fv1	41	8	21
JV fv1	62	33	28

Tabulka 4: Ztráty krytokořenného sadebního materiálu v závislosti na době pěstování na úložišti (jarní síje, 4 S, holina 2,20 ha, po výsadbě 5 týdnů sucho)

Sadební materiál	Na úložišti 6 týdnů	Na úložišti 3 týdny	Z fóliovníku hned na výsadbu
BK fv1	5	16	38
DB fv1	4	12	42

- Velmi důležitá je manipulace se sadebním materiálem. Tab. 5, 6 dokladují, že co snese sadební materiál na kryté malé holině, nemusí snést na velké otevřené holině a čím kratší je doba jeho založení, tím úspěšnější výsadba je, přičemž úspěšnější je sadební materiál krytokořenný než sadební materiál prostokořenný.

Tabulka 5: Ztráty (v %) DB 1-1 a DB fv1 1 rok po výsadbě na holiny o výměrách 1,00 a 7,00 ha v roce 2020 (SLT 4S, rovina, použit stejný sadební materiál – který byl 1 týden založen/bez založení, stejná doba výsadby – jaro)

Holina (ha)	DB 1-1	DB fv1
1,0	12/14	7/5
7,0	39/12	21/10

Tabulka 6: Ztráty (v %) 1 rok po výsadbě DB 2+0, BK 1-1 a BK fv1 v závislosti na době založení (výsadba jaro 2018, 2019, SLT 3K, 4K, 4S, 5K, holiny do výměry 4,50 ha, u každého typu sadebního materiálu hodnoceno min. 10 výsadeb)

Sadební materiál	Doba založení		
	0 dnů	1-3 dny	5-9 dnů
DB 2+0	17	24	48
BK 1-1	9	14	36
BK fv1	4	9	28

- O úspěšnosti obnovy, zejména v období přísušku, rozhoduje kvalita sadby. Bal krytokořenného sadebního materiálu musí být překryt minerální půdou (tab. 7) a výsadba nesmí být realizována do humusových horizontů, což při výsadbě pomocí sázecích holí a trnů nebývá vždy splněno (tab. 8).

Tabulka 7: Ztráty DB fv1 a DB 1-1 1 rok po výsadbě v závislosti na překrytí kořenového balu – kořenového systému (výsadba jaro 2018, SLT 4K, holiny 6,00 až 8,00 ha, jižní expozice, stejný obal)

Sadební materiál – překrytí kořenového balu	Ztráty (%)
DB fv1 – 0 cm	91
DB fv1 – 2 cm	64
DB fv1 – 5 cm	21
DB 1-1 (standardní jamková výsadba)	48

Tabulka 8: Ztráty BK fv1 1 rok po výsadbě v závislosti na umístění kořenového balu při výsadbě (výsadba jaro 2018, SLT 5K, holiny 4,50 až 5,00 ha, výsadba sázecí holí)

Umístění kořenového balu	Ztráty (%)
Celý bal v min. půdě	14
½ balu v min. půdě, ½ balu v humusových horizontech	58
Celý bal v humusových horizontech	98

- Krytokořenný sadební materiál lze vysazovat od 1. 1. do 31. 12. s výjimkami – půda je zmrzlá (krusta je tlustší než 5 cm), rozbahnělá a v období intenzivních tohoročních přírůstků (cca od poloviny května do poloviny srpna), viz tab. 9. Velmi úspěšná je výsadba v zimním období – dokladujeme na výsadbách v roce 2015 – zatím v roce největších přísušků (tab. 10).

Tabulka 9: Vliv doby sadby BK fv1, SM fv0,5+v0,5 a BO fv1 na ztráty (v %) po 1. zimě (výsadba 2013, SLT 4S, do 9. 9. použity rostliny ze sjeje jaro 2012, od 9. 9. použity rostliny ze sjeje jaro 2013)

Dřevina	Doba sadby						
	14.1. ^x	12.3.	15.4.	20.5. ^{xx}	16.6. ^{xxx}	9.9.	26.10.
BK	4	4	5	17	38	4	3
SM	3	4	5	21	42	6	4
BO	5	5	4	23	41	4	5

Pozn. *x* – rostliny po výsadbě zahrnutý sněhem

xx – přírůst terminálu cca 5 cm

xxx – přírůst terminálu více než 10 cm

Tabulka 10: Vliv doby sadby na ztráty (v %) 2 roky po sadbě (SLT 4S, výsadba 2014, 2015 na krytou holinu o výměře 0,62 ha, výsadba 2020, 2021 na holinu o výměře 3,60 ha, kořen. bal vždy přehrnut do cca 2 cm)

Dřevina	Doba sadby		
	Říjen 2014	Únor 2015	Březen 2015
BK fv1	22	10	77
KL fv1	18	11	49
DB fv1	21	10	62
DB fv1	28	14	88
	Doba sadby		
	Říjen 2020	Únor 2021	Březen 2021
BK 1-1	25	12	35
BK fv1	15	4	21
KL 1-1	33	18	43
KL fv1	15	8	23

- Úspěšnost obnovy z hledisek sledovaných aspektů (zejména sucha) ovlivňuje i morfoloická kvalita užitého sadebního materiálu. Z tab. 8 a 9 vyplývá, že čím větší kořenový systém a menší délku nadzemní části rostliny budou mít, tím úspěšnější bude i jejich užití. Ztráty po výsadbě (až o 40 %) navíc zvyšuje i přehnojení sadebního materiálu dusíkem.

- Analýzami kořenových systémů jsme zjistili, že jejich deformace u stromků z krytokořenného sadebního materiálu nejsou častější než u stromků založených prostokořenným sadebním materiálem.

Tabulka 11: Vliv velikosti kořenového balu na růst BK fv1 (stejně osivo, stejný substrát, stejný způsob pěstování, jarní jamková výsadba 2020, holina o výměře 4,20 ha, SLT 3K, 4S) a ztráty 1 rok po výsadbě v závislosti na průběhu počasí

Stanoviště / sadeb. materiál	Velikost balu (cm ³)	Po výsadbě 5 týdnů navožené sucho (ztráty v %)	Po výsadbě standardní počasí (ztráty v %)
3K / BK fv1	120	86	12
	265	31	10
	360	21	10
4S / BK fv1	120	77	8
	265	25	6
	360	14	6
4S / BK 1-1	-	72	9

Tabulka 12: Ztráty (v %) 1 rok po výsadbě v závislosti na délce nadzemní části vysazovaných rostlin (výsadba jaro 2018, 2019, SLT 5S, 5K, holiny o výměře 0,50 až 0,60 ha a 3,00 až 6,50 ha, výsadba BK fv1 a BK 1-1 o délce nadzemní části cca 35 a 60 cm, stejný obal)

Holina (ha)	BK 1-1 (40 cm)	BK fv1 (35 cm)	BK fv1 (60 cm)
0,5 – 0,6	25	14	8
3,0 – 6,5	53	4	81

Závěr

Závěrem lze konstatovat, že užití krytokořeného sadebního materiálu při obnovách lesů v ČR má velký význam ekonomický i logistický – to i při obnovách velkoplošných holin v období sucha. Připočteme-li k tomu stále sílící nedostatek pracovních sil v lesnictví, lze reálně předpokládat, že jeho podíl na obnovách lesů v ČR naroste až na 75 %.

Poděkování

Příspěvek vznikl za finanční podpory Národní agentury pro zemědělský výzkum v rámci projektu QJ1520080 „Optimalizace umělé obnovy lesa v České republice“.

Literatura

Szabla K., Pabian R. 2009: Szkolkarstwo kontenerowe. Centrum informacyjne lasow panstwowych Warszawa, 251 s.
 Sliwa S. 2018: Výsledky užití krytokořeného sadebního materiálu v Polsku. In.:

- Užití krytokořenného sadebního materiálu při obnovách lesa, zalesňování a výsadbách v krajině. Česká lesnická společnost, 48-51.
- Češka P. 2018: Výsledky užití krytokořenného sadebního materiálu u VLS. In.: Užití krytokořenného sadebního materiálu při obnovách lesa, zalesňování a výsadbách v krajině. Česká lesnická společnost, 68-73.
- Mauer O., Houšková K. 2019: Možnosti a limity užití krytokořenného sadebního materiálu při obnovách standardních a kalamitních holin. In: Pěstování sadebního materiálu pro zalesnění kalamitních holin. Mendelova univerzita v Brně, 17-30.
- Ministerstvo zemědělství ČR 2023: Zpráva o stavu lesů a lesního hospodářství ČR v roce 2022. Ministerstvo zemědělství ČR, 138 s.

Kontakt

prof. Ing. Oldřich Mauer, DrSc.

Ing. Kateřina Houšková, Ph.D.

Ústav zakládání a pěstění lesů

Lesnická a dřevařská fakulta

Mendelova univerzita v Brně

Zemědělská 3, 613 00 Brno

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

VYUŽITÍ TERRACOTTEMU PŘI OBNOVÁCH V OBDOBÍ SUCHA

Mauer Oldřich, Houšková Kateřina

Abstrakt

Velkoplošné holiny a souběžné sucho výrazně zvyšují ztráty po obnově lesa. Práce analyzuje, jaký vliv na ztráty po obnově borovice na kyselých půdách s výrazným deficitem srážek tři měsíce po výsadbě mají antidesikant Agrisorb a superabsorbenty Terracottem a Hydrogel. Oba superabsorbenty snížily ztráty ze 33 % na 9-6 %, antidesikant pouze ze 33 % na 27 %. Druhým rokem po sadbě Terracottem výrazně stimuloval výškový růst vysázených borovic. Ekonomická analýza jednoznačně dokazuje, že počáteční zvýšené náklady na aplikaci Terracottemu jsou menší než náklady na vylepšování při vysokých ztrátách.

Klíčové slová

antidesikanty, hydroabsorbenty, obnova, sucho, ztráty

Úvod a cíl práce

V současné době se lesnická praxe potýká se změnou klimatu, která má výrazně negativní vliv na obnovu porostů. Jedná se zejména o srážkový deficit, nepravidelné rozložení srážek a přímý přechod ze zimního do letního období s absencí období jarního. Při užití standardních postupů umělé obnovy porostů dochází k prodloužení doby zajištění kultur nebo úplnému znemožnění zalesnění některých lokalit. Po výsadbě musí sadební materiál nejdříve obnovit růst kořenového systému, což se v období sucha děje jen částečně nebo vůbec, v lepším případě potom rostliny stagnují a nepřirůstají a v horším odumírají. Ztráty po výsadbě dosahují na některých lokalitách 80 až 100 %. V období sucha je největším problémem pro zakořenění a odrůstání sadebního materiálu deficit vody – buď v pletivech kořenů vysazovaných rostlin, nebo v půdě v místě výsadby. Tomu lze zabránit aplikací antidesikačních prostředků (dále antidesikant) a superabsorbentů pro jímání vody. Antidesikanty slouží především k ochraně kořenového systému rostlin proti ztrátě vody v době manipulace (tzn. od vyzvednutí ve školce do doby výsadby) a vždy se na kořenový systém aplikují ve formě gelu. Superabsorbenty slouží především k zajištění vody pro zdárný vývoj rostlin po výsadbě, aplikují se ve formě gelu na kořenový systém nebo v pevné (granulované) formě při výsadbě do jamky. Obě výše uvedené skupiny přípravků (superabsorbenty jsou účinnější než antidesikanty) jsou schopny do své struktury absorbovat vodu a postupně ji rostlině dodávat při manipulaci (dopravě, založení, skladování) nebo v období vláhového deficitu při výsadbě. Antidesikanty dovedou chránit kořenový systém až 2 hodiny po jejich expozici na volné, nekryté ploše, superabsorbenty jsou

schopny absorbovat až 100-1000 násobek svého objemu, vodu udrží i 9 měsíců, po opakovaném nasycení (po vydatnějším dešti, tajícím sněhem) jsou opakovaně „zásobníkem vody“ několik let po výsadbě. Přípravky neodebírají vodu z půdy ani z kořenového systému. Jejich širší uplatnění může podle dosavadních zkušeností řešitelského týmu výrazně snížit ztráty při obnovách lesů na velkoplošných holinách nebo v období sucha. Jejich neuvážená aplikace však rostlinám po výsadbě nepomáhá. Rovněž tak jejich cena (zejména superabsorbentů) je poměrně vysoká. Cílem proto je navrhnout takové postupy, kdy i na velkoplošných holinách nebo v období sucha ztráty nepřekročí 20 % a náklady na aplikaci nepřekročí náklady na vylepšování při 20 % ztrátách.

Metody a použitý materiál

Ověřování byla realizována na hospodářském souboru (HS) 23 (kyselé písky). K jarní ruční výsadbě sazečem byla použita jednoletá prostokořenná borovice (BO 1+0). Testovány byly tyto přípravky:

Terracottem (jde o superabsorbent, který má i zásobu živin),

Hydrogel (jde o superabsorbent, který nemá zásobu živin),

Agrisorb (jde o antidesikant).

Terracottem i Hydrogel byly užity v krystalické podobě v dávce 2 g k jedné vysázené rostlině. Agrisorb byl aplikován v suspenzní formě na kořenový systém před vlastní sadbou (kořenový systém byla namočen). Kontrolou byly stejné výsadby bez aplikace hydroabsorbentu nebo antidesikantu.

Všechny výsadby byly realizovány na jedné holině o výměře 1,80 ha. Výsadba byla realizována počátkem měsíce března, během měsíců březen až konec května po výsadbě spadlo pouze 32 mm srážek. Každoročně byly výsadby jedenkrát mechanicky ošetřeny proti buření a dvakrát postřikem chemicky ošetřeny proti klikorohům.

Na konci prvního vegetačního období po výsadbě byly zjišťovány ztráty, na konci druhého vegetačního období po výsadbě byly zjišťovány ztráty, měřeny základní biometrické parametry nadzemní části, zjišťována vitalita (1 – nejlepší, 3 – nejhorší, podle barvy asimilačního aparátu) a poškození vysázených rostlin. Statistická průkaznost výsledků byla ověřována T testem. (Průkaznost je v tabulce výsledků označena +, tj. rozdíl statisticky průkazný, nebo -, tj. rozdíl statisticky neprůkazný. Označení na levé straně naměřených hodnot ukazuje průkaznost ke kontrole, označení na pravé straně naměřených hodnot ukazuje průkaznost výsledků k největší naměřené hodnotě v rámci ověřování.)

Pro hodnocení ekonomické efektivity byly užity platné ceny materiálů a prací v roce 2024.

Výsledky

První rok po výsadbě nebyly téměř zjištěny statisticky významné rozdíly mezi sledovanými variantami ve výšce nadzemní části (tab. 1). Podstatné rozdíly však byly zjištěny ve ztrátách. Oba hydroabsorbenty měly shodné ztráty 6 až 8 %, antidesikant měl ztráty 17 % a kontrolní neošetřené rostliny měly ztráty 27 %.

Druhý rok po výsadbě ztráty u hydroabsorbentů zůstaly stejné 6 až 9 %, u antidesikantu narostly na 27 %, u kontroly na 33 % (tab. 1). Délka nadzemní části u všech variant s výjimkou aplikace Terracottemu byla shodná. Obsah hnojiv u Terracottemu druhým rokem po sadbě zvýšil délku nadzemní části oproti ostatním variantám až o 25 cm. Naprosto stejný trend jako u výsledků výšky nadzemní části byl zjištěn u tloušťky kořenového krčku. Aplikace hydroabsorbentů nebo antidesikantu neovlivnila délku jehlic, vitalitu nebo zjevné poškození rostlin.

Tabulka 1: Vliv superabsorbentů Hydrogel a Terracottem a antidesikantu Agrisorb na ztráty, morfologické parametry, vitalitu a poškození rostlin po výsadbě

Varianta	Délka nadzemní části sadebního materiálu při výsadbě (cm)	1. rok po výsadbě		2. rok po výsadbě					
		Ztráty (%)	Délka nadzemní části (cm)	Ztráty (%)	Délka nadzemní části (cm)	Tloušťka kořenového krčku (mm)	Délka jehlic (cm)	Vitalita	Poškození (%)
Kontrola	13,8±0,8	27	17,5±2,1+	33	41,7±5,4+	3,1±2,4+	8,9±1,8-	1	0
Hydrogel	-13,3±1,1-	8	+20,2±2,3	9	-45,6±7,2+	-8,9±2,7+	-9,3±2,2-	1	0
Terracottem	-13,4±1,1-	6	-19,4±2,4-	6	+65,7±6,9	+14,7±2,2	-9,9±1,8	1	0
Agrisorb	-13,6±1,6-	17	-18,2±2,2-	27	-40,6±4,8+	-9,2±1,9+	-9,2±1,7-	1	0

Závěr

Antidesikant, ale zejména hydroabsorbenty, významně zmenšily ztráty po výsadbě. Terracottem, který obsahuje i hnojivo, významně pozitivně ovlivnil i délkový růst. Navíc je naprosto reálné předpokládat, že po aplikaci Terracottemu dojde ke zkrácení doby pro zajištění o jeden rok.

Z ekonomického hlediska je tudíž naprosto jasné, že zvýšené náklady na obnovu při aplikaci tohoto přípravku (0,75 Kč/rostlinu, tzn. 9 000 jamek – 6 700 Kč/ha) jsou více než kompenzovány pozitivním působením tohoto přípravku. Po použití Terracottemu nevylepšujeme. Bez Terracottemu ztráty dosáhly 33 %, vylepšujeme na 10 % ztrát – tzn. 23 % rostlin, což je 2 070 rostlin. Cena jedné rostliny až 5 Kč, cena výsadby až 5 Kč/rostlinu. Cena vylepšení je až 20 700 Kč/ha. Při snížení doby zajištění o jeden rok lze dále ušetřit náklady na ošetření proti buření – 16 000 Kč/ha a ošetření proti klikorohům – 15 000 Kč/ha.

Kontakt

prof. Ing. Oldřich Mauer, DrSc.

Ing. Kateřina Houšková, Ph.D.

Ústav zakládání a pěstění lesů

Lesnická a dřevařská fakulta

Mendelova univerzita v Brně

Zemědělská 3, 613 00 Brno

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

MANAŽMENT INVÁZNYCH DREVÍN V LESNÝCH PORASTOCH V ZMYSLE LEGISLATÍVY

V. Longauerová, A. Kunca, R. Hladký, M. Sedliak

Abstrakt

Najrozšírenejšie invázne nepôvodné druhy drevín na našom území sú pajaseň žliazkatý (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) a javorovec jaseňolistý (*Negundo aceroides* Moench). Obidva druhy majú negatívny vplyv ako na prírodu, tak aj na ľudské aktivity. Z hľadiska európskej aj slovenskej legislatívy je zakázané ich držať, prepravovať, dovážať, pestovať, rozmnožovať, obchodovať s nimi. Vlastník, správca alebo užívateľ pozemku je povinný sa starať o pozemok tak, aby nedochádzalo k rozšíreniu týchto druhov na jeho pozemku a v prípade výskytu inváznych druhov je povinný ich odstraňovať na vlastné náklady.

V príspevku uvádzame aj metódy odstraňovania týchto inváznych nepôvodných drevín.

Kľúčové slová

invázne dreviny, nariadenie EÚ, nepôvodné druhy drevín, odstraňovanie, zákon

Úvod

Najrozšírenejšie invázne nepôvodné druhy drevín na našom území sú pajaseň žliazkatý (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) a javorovec jaseňolistý (*Negundo aceroides* Moench). Obidva druhy majú negatívny vplyv ako na prírodu, tak aj na ľudské aktivity. Invadujú v mnohých ochranných cenných územiach, kde sú považované za jeden z najproblematickejších druhov. V mestách narušujú stavby a dopravnú infraštruktúru vplyvom prerastania koreňov, dochádza k zvýšeným nákladom na údržbu zelene s náletmi pajaseňa, zarastaniu a narušovaniu spevnených plôch a múrov. Predstavujú aj zdravotné riziko pre ľudí a zvieratá. Vzhľadom na uvedené vplyvy, najmä na biodiverzitu a ľudské zdravie, bol pajaseň roku 2019 zaradený na zoznam inváznych nepôvodných druhov s významným dopadom na EÚ (tzv. zoznam Únie) podľa nariadenia EP a Rady (EÚ) č. 1143/2014, o prevencii a regulácii zavliekání či vysádzaní a šírení inváznych nepôvodných druhov (ďalej len „nariadenie“).

Nariadením sú stanovené prísne obmedzenia pri nakladaní s týmto druhom (zákazy držania, pestovanie, prepravy alebo uvádzania na trh a samozrejme zákaz uvoľňovania do životného prostredia) a zároveň povinnosť členských

štátov zabezpečiť (podľa rozsahu rozšírenia druhu) opatrenia na eradikáciu alebo reguláciu rozšírenia, ktorá zaistí minimalizáciu dopadov.

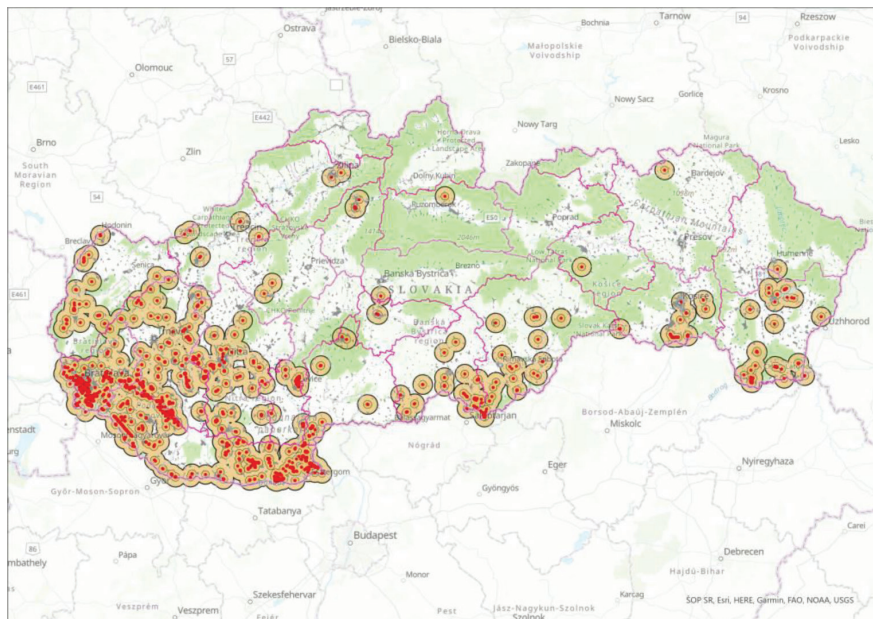
Na Slovensku sa na oba druhy viažu ustanovenia zákona č. 150/2019 Z. z. o prevencii a manažmente introdukcie a šírenia invázných nepôvodných druhov a zmene a doplnení niektorých zákonov. Je zakázané ich držať, prepravovať, dovážať, pestovať, rozmnožovať, obchodovať s nimi. Vlastník, správca alebo užívateľ pozemku je povinný sa starať o pozemok tak, aby nedochádzalo k rozšíreniu týchto druhov na jeho pozemku a v prípade výskytu invázných druhov je povinný ich odstraňovať.

Úvod

Pajaseň žliazkatý (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) ako agresívny invázny druh sa šíri ako vo svojej domovine (Čína), tak na všetkých kontinentoch okrem Antarktídy od mierneho pásma po Mediterán. V sekundárnom areáli je najhojnejšia v submediteránnej a mediteránnej zóne. Vyhovuje mu dlhá a teplá vegetačná sezóna, pravidelné zimné mrazy a ročné zrážky >500 mm. Rastie najčastejšie v urbanizovanej krajine a pozdĺž dopravných koridorov, ale môže tiež invadovať prirodzené biotopy. Smerom na sever sa obmedzuje výhradne na mestské prostredie, kde využíva dlhšiu vegetačnú sezónu a miernejšie mrazy vo vnútri mestskej teplejšej mikroklimy.

Na našom území je známy hlavne z intravilánov miest a obcí na južnom Slovensku, často sa vyskytuje v parkoch a alejach. V teplejších oblastiach SR má vďaka svojmu rýchlemu rastu tendenciu presadiť sa ako dominantný druh príslušného biotopu. Už v 50-tych rokoch minulého storočia boli umelé porasty tohto druhu vysadené na menších plochách na Podunajsku. Najbohatší výskyt na Slovensku bol zaznamenaný v oblasti od Bratislavy po Šamorín (miestami až 50 % zastúpenie v lesných porastoch). Na území Žitného ostrova a na pravej strane Dunaja sa vyskytuje takmer po celom území. V súčasnej dobe podľa evidencie Štátne ochrany prírody SR (ďalej len „ŠOP SR“) a Národného lesníckeho centra (ďalej len „NLC“) sa pajaseň žliazkatý vyskytuje na ploche 2592,44 ha, z toho v chránených územiach je evidovaná plocha 831,80 ha. Regióny s najrozsiahlejším výskytom sú Podunajsko (969,20 ha), Dolné Považie (419,90 ha), Bratislava a okolie (408,30 ha), Tekov (284,80 ha) a Dolný Zemplín (180,90 ha).

Ako silno teplomilná drevina ľahko splaňuje najmä v nížinách a v okolí sídiel - v uliciach miest, na staniách, pozdĺž dopravných koridorov alebo v okolí priemyselných objektov. Ideálnym stanovišťom sú železničné koridory, kde pravidelné orezávanie podporuje vymladzovanie pajaseňa a vznik hustých porastov, nezávislých od pôvodnej výsadby. Prenikajú do spoločenstiev mezofilných až xerofilných krovín, ruderalizovaných alebo zošliapovaných trávnikov, pásov, agátin a iných výsadiel ihličnatých (borovicových a smrekovcových) i širokolistých nepôvodných drevín.



Obrázok 1 Súčasné roširenie pajesneňa žliazkatého na Slovensku, červená - evidovaná bod výskytu, žltá - zóna možného ďalšieho šírenia 2 km

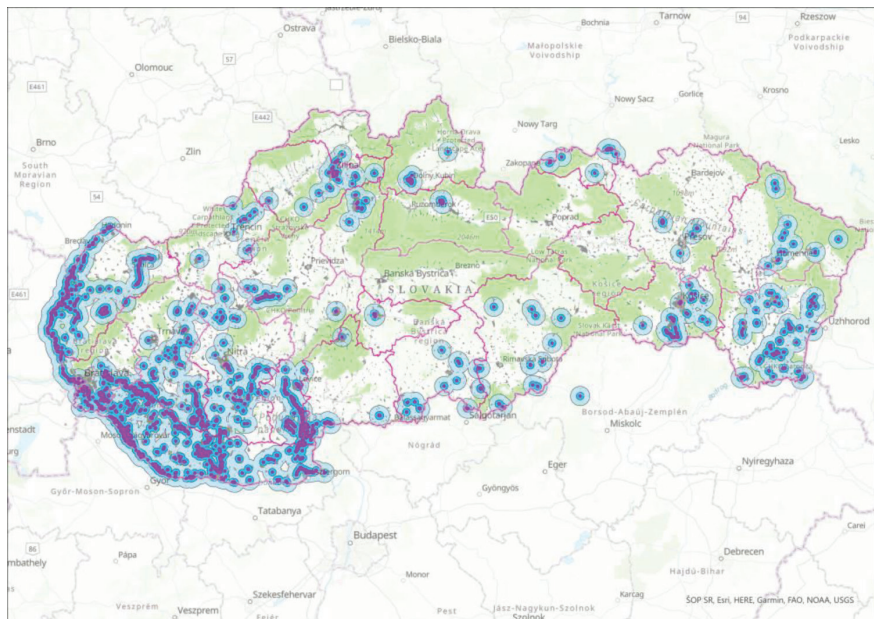
Javorovec jaseňolistý (*Negundo aceroides* Moench). Je to jeden z najrozšírenejších stromov v lesoch Severnej Ameriky. Vyskytuje sa najmä v Kanade, východnej, strednej časti USA, západne po Skalisté hory, južne až do Guatemaly, hlavne v údolí riek, a blízko jazier. Do Európy bol dovezený koncom 17. storočia ako okrasná drevina.

Na Slovensku sa mu darí najmä v južných častiach, v okolí vodných tokov, kde sa hojne vyskytuje v lužných lesoch ale aj na nevyužívaných plochách. Mladé stromy uprednostňujú vlhké miesta, ale keď sa dobre uchytiť, stanú sa tolerantnými voči suchu. Pri absencii záplav je však v priebehu sukcesie zvyčajne nahradený druhmi, ktoré sú odolnejšie voči tieňu. Jeho trvalý a rýchly vegetatívny rast vedie v optimálnych podmienkach k tvorbe hustých klonov a k vylúčeniu iných drevín a bylenných. V dôsledku otepľovania klímy bude v budúcnosti pravdepodobne pozorované invázivnejšie správanie (Branquart et al. 2010).

V súčasnej dobe podľa evidencie ŠOP SR a NLC sa javorovec jaseňolistý vyskytuje na ploche 3 483,90 ha, z toho v chránených územiach je evidovaná plocha 1 462,50 ha. Regióny s najrozsiahljším výskytom sú Podunajsko (1 327 ha), Tekov (644,50 ha). Dolné Považie (304,80 ha), Bratislava a okolie (268,20 ha), a Dolný Zemplín (180,90 ha). (Tabuľka 2)

Tabuľka 1 Relatívna plocha výskytu javorovca jaseňolistého v regiónoch SR

Pajaseň žliazkatý (<i>Ailanthus altissima</i>)	
celková relatívna plocha výskytu	2 592,44
(ha)	
región	relatívna plocha výskytu
	(ha)
Abov	39,40
Bratislava a okolie	408,30
Dolná Nitra	180,90
Dolné Považie	419,90
Dolný Zemplín	136,00
Gemer	29,80
Hont	38,40
Horehronie	0,00
Horná Nitra	0,20
Horné Považie	0,00
Horný Zemplín	0,00
Kysuce	-
Liptov	0,00
Novohrad	36,70
Orava	-
Podunajsko	969,20
Spiš	0,00
Stredné Považie	5,20
Šariš	0,00
Tatry	-
Tekov	284,80
Turiec	0,20
Záhorie	43,40
Zamagurie	-
Zvolensko-Podpoľanie	0,00



Obrázok 2 Súčasné rošierenie javorovca jaseňolistého na Slovensku, cyklaménová - evidovaný bod výskytu , modrá - zóna možného ďalšieho šírenia 2 km

Management inváziých / nepôvodných drevín

Prioritou manažmentu je zabrániť novým výsadbám pajaseňa a javorovca, obmedziť ich existujúce populácie v cenných územiach, eradikovať ich na lokalitách s nízkou početnosťou. Znížiť počet populácií v oblastiach súčasného výskytu. Spôsoby odstraňovania inváziých nepôvodných druhov rastlín vzbudzujúcich obavy EÚ aj obavy SR sú popísané v Príloha č. 2 k vyhláske č. 450/2019 Z. z..

Pri manažmente je nutné splniť nasledujúce podmienky:

- zohľadniť riziká pre biodiverzitu – **prioritne zasahovať v ochranársky cenných územiach** a ich blízkom okolí (pri vykonaní opatrení je nutné rešpektovať hodnoty územia);
- kvôli **zabráneniu rýchleho šírenia v krajine postupovať s manažmentom od okrajových časti výskytov, smerom do stredu lokality** (mimo prípadov priority ochranársky cenných území, kedy sa postupuje od stredu územia k okraju);
- postupovať **pozdĺž toku po prúde a pozdĺž komunikácií** vo všetkých smeroch;
- pokiaľ nie je možné dreviny zlikvidovať, obmedziť produkciu semena (odstraňovať prednostne plodiace jedince);
- zasahovať v celom spektre biotopov, neobmedzovať zásahy len na cenné územia z pohľadu ochrany prírody (ak ide, napr. o susediace porasty, výskyt zdrojových jedincov či populácií atď.);
- zásahy vykonať rýchlo, vzhľadom k rýchlosti rastu a plodnosti drevín.

Tabuľka 2 Relatívna plocha výskytu javorovca jaseňolistého v regiónoch SR

Javorovec jaseňolistý (<i>Negundo aceroides</i>)	
celková relatívna plocha výskytu	3 483,90
(ha)	
región	relatívna plocha výskytu
	(ha)
Abov	63,70
Bratislava a okolie	268,20
Dolná Nitra	173,60
Dolné Považie	304,80
Dolný Zemplín	84,60
Gemer	19,30
Hont	112,30
Horehronie	-
Horná Nitra	66,60
Horné Považie	5,80
Horný Zemplín	8,70
Kysuce	0,00
Liptov	26,00
Novohrad	11,20
Orava	2,90
Podunajsko	1 327,00
Spiš	-
Stredné Považie	0,30
Šariš	74,40
Tatry	-
Tekov	644,50
Turiec	5,00
Záhorie	234,30
Zamagurie	50,20
Zvolensko-Podpoľanie	0,50
	* bodový výskyt

Metódy eliminácie invázičných / nepôvodných druhov drevín

Na základe doterajších skúseností možno povedať, že čisto mechanické metódy likvidácie (rúbanie, krúžkovanie, vykopávanie, kosenie, mulčovanie a pod.) nemožno samostatne použiť, pretože vedú k regenerácii a bohatému vegetatívne zmladeniu u pajaseňa aj javorovca. Z tohto dôvodu je, napr. na Slovensku výrub pajaseňa zakázaný (ŠOP SR 2020). Nutnou podmienkou úspešnej regulácie pajaseňa je preto použitie herbicídov. Z dostupných zdrojov je zrejmé, že jediným účinným postupom je kombinácia mechanického poranenia a aplikácie herbicídu (Constan-Nava a kolies. 2010; Brundu 2017).

V praxi sa najlepšie osvedčila kombinácia mechanicko-chemických metód spočívajúca v injektáži herbicídu priamo do kmeňa (do otvorov či zásekov) alebo na ranu po zlúpnutí kôry u mladých jedincov. Súborne sa tieto techniky označujú ako metódy cielenej aplikácie (Stejskal 2020). Na Slovensku je injektáž ako hlavná metóda likvidácie pajaseňa stanovená vyhláškou č. 24/2003 Zb., ktorá obsahuje aj popis prevedenia. Metódy vyžadujú následné ponechanie ošetrovaných stromov na spontánne odumretie.

Metódy cielenej aplikácie možno použiť aj v cennom prírodnom prostredí, napr. vo zvláštne chránených územiach. Ich hlavnou výhodou je, okrem šetrnosti voči okoliu, vysoká účinnosť. Prevažná väčšina jedincov odumiera po jedinej aplikácii bez toho, aby dochádzalo k produkcii výmladkov. Herbicíd je rastlinou postupne rozvedený do všetkých častí, vrátane koreňa, drevena začne chradnúť a kompletne odumiera.

Mimo metódy cielenej aplikácie sa často vykonáva aj postrek výmladkov na list, ktorý je síce účinný, ale prináša riziko poškodenia okolitej vegetácie.

Najmenej vhodnou metódou (a teda využitelnou len v prípade, keď nie je možné postupovať inak) je výrub s bezprostredným náterom pňov herbicídom, ktorý má oproti injektáži zníženú účinnosť a vedie k tvorbe koreňových výmladkov najmä u pajaseňa, v prípade javorovca má vyššiu účinnosť.

Výrub alebo iné zásahy bez aplikácie herbicídu musia byť vylúčené. Okrem vyššie spomenutých metód existuje aj biokontrola prostredníctvom patogénnych húb (*Verticillium dahliae*, (nonalfalfae) a *Fusarium oxysporum*) (Swearingen & Pannil 2005; Ding a kol. 2006; Harris a kolies. 2013). V Rakúsku bol zaregistrovaný prvý komerčný produkt umožňujúci naočkovanie pajaseňa týmito hubami s vysokou účinnosťou (Halmschlager & Maschek 2019). Tieto patogénne huby však môžu napádať aj iné rastliny a dreviny, preto ich použitie treba zvážiť. Nie je vhodné ich aplikovať v blízkosti ovocných sádov a poľnohospodárskych pozemkov.

Na Slovensku prebiehala aplikácia *Verticillium nonalfalfae* v rámci projektu LIFE17 NAT/SK/000589 Obnova biotopov a druhov subpanónskych trávinnobylinných porastov. Tento prípravok nie je u nás registrovaný a testoval sa len na vedecké účely.

Prácu s pesticídovými prípravkami môžu vykonávať iba držiteľia osvedčenia o odbornej spôsobilosti na prácu s prípravkami na ochranu rastlín (§ 32 zákona č. 405/2011 Z. z. o rastlinolekárskej starostlivosti). Na aplikáciu sa môžu použiť len

prípravky, ktoré sú uvedené v „zozname prípravkov“ vydávaných vo výnose MPRV SR.

V prípade neprofesionálnych zásahov proti mladým jedincom dochádza k podceneniu regeneračných schopností pajaseňa a javorovca v raných fázach vývoja a tým aj aplikácii nevhodných metód (výrez, pokosenie).

Popis vybraných metód

Injektáž dospelých stromov

Ide o metódu zameranú na ošetrovanie stredne silných a silných stromov. Najvhodnejšia je injektáž herbicídu do otvorov vyvŕtaných vŕtačkou. Otvory hlboké cca 3-5 cm (podľa veľkosti stromu) sa vŕtajú šikmo pod uhlom cca 45° rovnomerne po celom obvode kmeňa vo vzdialenosti cca 5 - 7 cm od seba, vo výške umožňujúcej pohodlné prevedenie. Pokiaľ ide o trsy viac kmeňov, je potrebné navrútať každý kmeň zvlášť po celom obvode. Okrem stromov je možné analogicky vrútať aj živé, obrastajúce pne. Do vytvorených otvorov sa bezprostredne injektuje herbicíd. K injektáži sa hodí laboratórna strička, ručný postrekovač alebo veterinárny očkovací automat, pri ošetrovaní malého počtu jedincov postačí injektážna striekačka.

Možnou alternatívou vŕtania je aplikácia herbicídu do zásekov vytvorených mačetou alebo sekerou. Účinnosť tejto metódy je oproti vŕtaniu nižšia, ale prevedenie je rýchlejšie a postačí jednoduchšie vybavenie. Záseky je možné využiť najmä na ošetrovanie tenších stromov (o priemere kmeňa asi 3-7 cm), do ktorých by sa ťažko vŕtali otvory. Opäť platí, že je potrebné zásekmi rovnomerne pokryť celý obvod kmeňa a medzi zásekmi ponechať medzery. Pri tenkých stromoch robíme záseky v rôznych výškach kmienka, opäť po celom obvode.

Z hľadiska termínu aplikácie je najlepšie injektáž vykonávať koncom leta (august – september), kedy rastlinné pletivá ťahajú živiny spolu s herbicídom do koreňov a tým sa výrazne eliminuje následná pňová i koreňová výmladnosť. Nevhodné je naopak samozrejme obdobie vegetačného pokoja, kedy nedochádza k rozvedeniu herbicídu a takáto aplikácia je teda úplne neefektívne (pozri tiež „Použitie metód v praxi“).

Tento prístup je vzhľadom na najvyššiu účinnosť odporúčaný ako základný, a to pre všetky plánované zásahy do vzrastlých porastov pajaseňa a javorovca.

Metóda vyžaduje následné ponechanie ošetrovaných stromov na spontánne odumretie.

Hospodárske zásahy v lesoch (obnovné alebo výchovné) je nutné plánovať tak, aby im injektáž pajaseňov a javorovcov herbicídom predchádzala v samostatnom kroku. Optimálne jednu vegetačnú sezónu pred fyzickým vykonaním samotnej obnovy porastu či výchovných zásahov.

Rovnaký dvojfázový postup je nutné prijať a dodržiavať pri plánovanej údržbe výšky lesných porastov v ochranných pásmach elektrovodov na pozemkoch určených na plnenie funkcií lesov, v ochranných pásmach ďalších energovodov (plynovod, ropovod) a líniových dopravných stavieb, železničné trate, cestná komunikácia (cesty, diaľnice).



Obrázok 3 Metóda injektáže a záseku s aplikáciou herbicídneho prípravku. Foto: K. Sujová

Ošetrovanie mladých jedincov čiastočným lúpaním kôry s následnou aplikáciou herbicídu

Ide o metódu zameranú na ošetrovanie tenkých jedincov do hrúbky kmeňa asi 1–3 cm a výšky asi 1–1,5 m. Metóda sa hodí na jednotlivé rastúce stromčeky alebo ohniská malej hustoty, rádovo do desiatok až malých stoviek jedincov. Pomocou noža sa zlúpne kôra pri báze kmeňa v dĺžke asi 20–25 cm. Pruh zlúpnuť, resp. zoškrabnuť kôry by mal zaujímať približne 60 % obvodu kmeňa. U hrubších jedincov s hrúbkou asi 2–3 cm je vhodné zlúpnúť jeden pruh kôry pri báze kmeňa a ešte druhý o niečo vyššie, avšak na protilahlej strane obvodu kmeňa. Nesmie však dôjsť k zlúpnutiu kôry po celom obvode – toto kompletne okružkovanie by síce spôsobilo odumretie nadzemnej časti, ale zastavilo by tok látok v rastline, herbicíd by nestihol doputovať do koreňov a dochádzalo by k regenerácii. Pri trsoch viacerých výmladkov je nutné ošetriť zvlášť každého jedinca.

Vzniknuté poranenia je nutné okamžite potrieť hebicídom, najlepšie pomocou stredne širokého štetca.

U veľmi tenkých, doposiaľ nedrevnatých výmladkov je možné obvod kmeňa rovno potrieť hebicídom bez predchádzajúceho lúpania. Ošetrovanie jedného stromčeka trvá len niekoľko sekúnd a za hodinu je možné ošetriť až 100 jedincov.

Termínovo je, s ohľadom na účinné obmedzenie koreňovej výmladnosti, najvhodnejší zásah vykonávať tiež na konci leta (august – september).



Obrázok 4 Metóda regulovania pajaseňa čiastočným lúpaním. Foto: K. Sujová

Ošetrovanie mladých jedincov postrekom na list

Ide o metódu zameranú na ošetrovanie tenkých jedincov do hrúbky kmeňa asi 1-3 cm a výšky asi 1-1,5 m. Táto metóda primárne slúži na ošetrovanie ohnísk vysokej hustoty (pňovej a koreňovej výmladnosti – výhonkov, polykormónov, vlkov), kde by čiastočné lúpanie kôry bolo neúmerne prácne. Ide často o jedinú možnosť, napr. na lokalitách, kde došlo k neodbornému vyrúbaniu dospelých stromov, bez použitia herbicídu a následnému nárastu hustých porastov výmladkov.

Postrek plne vyvinutých a nepoškodených rastlín vykonávame pomocou ručného alebo chrbtového postrekovača so snahou o rovnomerné zvlhčenie celých rastlín, najprv v júni/júli a podľa potreby ešte v septembri. Pokiaľ v poraste vyčnievajú predrastávajú jedinci, je vhodnejšie ich ošetriť jednou z vyššie uvedených metód. Nevýhodou postreku na list je fakt, že herbicíd zasiahne aj okolie ošetrovaných rastlín a vzniknuté neobsadené miesta bez pokryvu vegetácie sú náchylné na znovu osídlenie nežiaducimi druhmi, vrátane pajaseňa.

Po ošetrovaní je nutné nechať rastliny zaschnúť a odstrániť až nasledujúcu sezónu.

Táto metóda je vhodná na nápravu dôsledkov starších, mechanických zásahov, kde došlo k zahusteniu porastu.

Výrub na vysoký peň s odloženou injektážou

Výnimočne použiteľná metóda pre plochy v tesnej blízkosti železnice, ciest a miesta s vysokou frekvenciou pohybu ľudí, kde z bezpečnostných dôvodov (riziko pádu) nemožno vyrastené stromy nechať po injektáži stáť ani cca 2 mesiace

potrebné na absorpciu herbicídu. V takýchto prípadoch sa odporúča vyrúbať strom na vysoký peň (najmenej 1,5 m) bez aplikácie herbicídu tak, aby bola podporená regenerácia v nadzemnej časti a nedochádzalo k rastu koreňových výmladkov.

Z toho dôvodu je tiež nutné obmedziť prípadné poškodenie koreňov pojazdom techniky a odstraňovaním drevnej hmoty. Výrub je možné v tomto výnimočnom prípade vykonať aj v zime. Po vyrašení výhonkov z kmeňa sa v druhej polovici vegetačného obdobia (júl-september) vykoná cieľená aplikácia herbicídov (pozri „Použitie metód v praxi“ do kmeňa a ošetrovanie prípadných koreňových výmladkov.

Dôležité je do doby aplikácie herbicídu vynechať kosenie v okolí, aby bolo možné ošetriť aj koreňové výmladky. Spravidla je nutné ešte ďalšie (tretie) ošetrovanie koreňových výmladkov koncom sezóny alebo v nasledujúcom roku. Odumreté torzo sa potom môže, ak je to z hľadiska údržby pozemku nevyhnutné, nasledujúci rok vyrúbať. **Tento prístup je možný len vo výnimočných prípadoch vzhľadom na to, že prvotný výrub indukuje regeneráciu a zásah je tak náročnejší na čas, materiál a najmä na kvalitu následného ošetrovania.**

Výrub s náterom reznej plochy

Ak nemožno z akéhokoľvek dôvodu v prípade pajaseňov použiť ani jednu z vyššie uvedených metód, ktoré predpokladajú ponechanie stromov na pozvoľné odumretie nastojato, vykonávame aspoň náter pňov herbicídom po výrube. U malých jedincov zatierame celé pne, u silných len obvodovú časť pňov. Dôležité je vykonať náter bezprostredne po výrube, na čerstvú nezavádnutú reznú plochu. V prípade javorovca má metóda vyššiu účinnosť ako u pajaseňa.

Výrub a aplikácia herbicídu by sa aj v týchto prípadoch mala vykonať najlepšie koncom leta (august – september), kedy je najvyššia pravdepodobnosť obmedzenia následne výmladnosti (ktorú ale u tejto metódy nemožno úplne vylúčiť). **Výrub a použitie herbicídu v zimnom období, resp. mimo vegetačnú sezónu, je z hľadiska regulácie pajaseňa úplne neúčinné a nevhodné.**

Oproti injektážam je ale nutné počítať s tým, že herbicíd neprenikne do horizontálnych koreňov v celom rozsahu, a preto dochádza k tvorbe koreňových výmladkov rôznej hustoty. Tie je nutné priebežne ošetrovať aplikáciou na list alebo čiastočným lúpaním kôry (podľa hustoty porastu). V prípade výrubu plodných samičích jedincov je po zásahu vhodné pohrabať uvoľnené semená a materiál spáliť.

Poznámka: Ak nie je možné stromy ponechať na odumretie nastojato, je vhodné namiesto výrubu s náterom reznej plochy stromy najprv ošetriť injektážou a vyrúbať vykonať ihneď po absorpcii herbicídu (opadu lístia), t. j. 1-2 mesiace od aplikácie. Týmto spôsobom možno výrazne znížiť počet koreňových výmladkov.

Vytrhávanie semenáčikov

U semenáčikov pajaseňa a javorovca s doteraz nevytvoreným kolovým koreňom je možnosť ručného vytrhávania (Brundu 2017). S ohľadom na semennú banku je treba po niekoľko rokov, viackrát ročne vytrhávanie opakovať, pretože perzistencia

pajaseňa v semennej banke je síce krátkodobá (cca 2 roky), ale klíčivosť semien je značná (Rebbeck a kol. 2010). Pri zásahoch je nutné dodržať bezpečnostné opatrenia a u citlivých osôb sa vyvarovať kontaktu s rastlinou (používať priame ochranné pomôcky).

Metódu možno využiť k včasným zásahom ihneď po nálete v štádiu semenáčikov a mladých stromov, ktorým sa doteraz nevytvoril odolný, dobre zmladzujúci koreňový systém. Po ručnom vytrhávaní jedincov je potrebné odstrániť a zničiť úlomky koreňov (Wittenberg 2005). Na základe poznatkov z ČR (NP Podyjí) možno však bezpečne vytrhávať len naozaj malé semenáčky s ešte prítomnými klíčovými listami. Takéto semenáčky sú ale v teréne veľmi nenápadné a náchylné k prehliadnutiu. Dobre viditeľné (vysoké cca 50 cm) semenáčky majú väčšinou už vyvinuté horizontálne korene dlhé i viac než pol metra, u ktorých je veľmi pravdepodobná fragmentácia a následná regenerácia (tvorba výhonov). Odporúča sa preto vytrhávať len jedince do cca 30 cm a len na kyprej pôde a napr. po daždi. Vhodnejšie je ošetrovať aj mladé jedince chemicky, preto, že je obťažné odlíšenie semenáčikov od výmladkov. **Ide o okrajovo použiteľnú metódu s malou účinnosťou, najmä na miestach, kde je vylúčená aplikácia herbicídov.**

Poznámka: V reálnych situáciách zvyčajne dochádza ku kombinácii jednotlivých metód podľa konkrétnych podmienok danej lokality, veľkosti a hustoty stromov. S ohľadom na predpokladaný záujem a reakcie verejnosti na zásahy je dôležité obyvateľov v dotknutom území informovať, napr. umiestniť informačné tabule v mieste zásahu, na ktorých bude dôvod a postup manažmentu invázií drevín vysvetlený.

Následný manažment

Zaistenie následných opatrení je pre celkovú úspešnosť a dobu regulácie pajaseňa zásadné!

Na hlavné ošetrovanie (spravidla injektáž) je potrebná nadväzná kontrola a následné korekčné zásahy po dobu niekoľkých rokov. Súčasne je potrebné zladíť ďalšie spôsoby užívania daného pozemku, ktoré by mohli ovplyvniť výsledok vynaloženého úsilia.

Korekčné zásahy

U každého ošetrovaného ohniska výskytu musíme počítať s nutnosťou návratu minimálne po dobu 3 - 4 rokov, keď je potrebné vykonať kontrolu úspešnosti zásahu a vhodnou metódou ošetriť prežívajúce alebo nové jedince. V prípade injektáže má objem prác nutných k ošetrovaniu, rovnako ako spotreba herbicídov, v priebehu rokov výrazne klesajúci trend. Pokiaľ dreviny vyrúbeme živé a vykonáme náter pňov, je nutné počítať s tvorbou koreňových výmladkov často vysokej početnosti. Ich likvidácia môže byť oveľa náročnejšia ako úvodné vyrúbanie materského porastu.

V miestach prebiehajúcej regulácie pajaseňa a javorovca je dočasne obmedzená údržba. Veľké problémy spôsobuje, napr. strojové kosenie cestných priekop alebo riadkov vo vinohradoch, ktoré môžu úspešné regulovanie pajaseňa komplikovať

až znemožňovať (neustála tvorba výmladkov a súčasne ich nemožná detekcia). Ak necháme plochu do úplného odumretia polykormonu spontánne zarastať, trsy bylín a trávy účinne zabráni náletu semenáčikov pajaseňa a javorovca.

Vo všeobecnosti je vhodnejšie stromy ponechať do rozpadu, ako ich za každú cenu odstraňovať, avšak vždy je potrebné zvážiť bezpečnostné aspekty. Ponechať odumreté stromy nastojato je spravidla možné na odlahlých a nevyužívaných lokalitách s výskytom mladých jedincov alebo menšieho počtu urastených stromov. Tento postup šetrí čas i prostriedky. V blízkosti ciest, v intraviláne a na ďalších miestach sledujeme stav stromov a odstraňujeme ich skôr ako začnú ohrozovať okolie, príp. ich arboristický upravíme do bezpečného tvaru. Ak je to nevyhnutné, odporúča sa vyrúbať len úplne odumreté stromy, najlepšie 1–2 roky od injekťáže.

Na veľmi rizikových lokalitách z hľadiska možného pádu stromy spustíme po kompletnej defoliácii, približne po 1–2 mesiacoch od injekťáže.

Pri odstraňovaní drevenej hmoty je žiadúce vyhnúť sa použitiu ťažkej techniky (uľahčenie uchycovania semienok pri narušení povrchu).

Záver

V zmysle zákona č. 150/2019 Z. z. je vlastník, správca alebo užívateľ pozemku povinný invázne druhy rastlín odstraňovať. V mnohých prípadoch je ich likvidácia problematická a vyžaduje si systematické až niekoľkoročné zásahy, často s nevyhnutným použitím chemických prípravkov. V prípade, ak majiteľ alebo užívateľ pozemku nezabezpečí odstránenie týchto rastlín, hrozí mu podľa zákona až niekoľkotisícová pokuta.

Literatúra

Je uložená u autorov článku

Úvod

Ing. Valéria Longauerová, PhD.,

Ing. Radovan Hladký,

Ing. Maroš Sedliak, PhD.

Ing. Andrej Kunca, PhD.

NLC Zvolen, LVÚ, LOS, T. G. Masaryka 22, 960 01 Zvolen

e-mail: valeria.longauerova@nlcsk.org

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

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

Abstrakt

Pôda je základom produkcie pre všetkých, ktorí na nej hospodária a spojnicou medzi minerálnym a organickým svetom. Technológia Marcela Mézyho (TMM) je vyselektovanie základných pôdnych mikroorganizmov v kompostoch, ktorého výsledkom sú produkty Bactériosol koncentrát a Bactériolit koncentrát. Ich aplikácia do pôdy umožňuje zlepšenie jej fyzikálnych a chemických vlastností, bez použitia umelých hnojív. Ideálnym stavom ale je, aby táto pôda ostala bez mechanického obrábenia, resp. sa jemne spracovala len v jej vrchnej časti. Na takýto postup je vhodné pestovanie sadeníc lesných drevín v lesných škôlkach, ktoré sa pestujú na jednom mieste aj niekoľko rokov. Cieľom práce je analyzovať rozdiely v biometrických parametroch rastu medzi semenáčikmi jedle bielej, ktoré sú pestované na záhone bez použitia Bactériosolu a s použitím Bactériosolu na parametroch: výška nadzemnej časti, ktorá sa merala od vrcholového púčika po koreňový krčok v mm (V), priemer koreňového krčka v mm (H), dĺžka hlavného koreňa sa merala od koreňového krčka po koniec hlavného koreňa v mm (Dk), hmotnosť sušiny nadzemnej časti v g (Hnč), hmotnosť sušiny koreňového systému v g (Hk). Tiež boli vyhodnotené hlavné prvky vo vzorkách pôdy a asimilačných orgánoch. Vzorky boli odobrané v jeseni roku 2022 a 2023. Predbežne je možné konštatovať, že pravidelná aplikácia Bactériosolu má pozitívny vplyv na kvalitu pôdy aj na rast semenáčikov jedle bielej, ale pre posúdenie ďalšieho vývoja je potrebné vo výskume ďalej pokračovať.

Kľúčové slová

pôda, Bactériosol, biometrické parametre, jedľa biela, lesná škôlka, TMM

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, humínové) 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 privalovým 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 škôlkárstvo. 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 znižovaniu 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 škôlkárstvo, ale aj iné súčasti lesného hospodárstva, prípadne v agrolesníctve a v súčasných klimatických podmienkach si zasluhuje nielen pozornosť, ale aj jej intenzívne využívanie.

Cieľ

Cieľom práce je analyzovať rozdiely v biometrických parametroch rastu medzi semenáčikmi jedle bielej, ktoré sú pestované na záhone bez použitia Bactériosolu (K – kontrolný variant) a s použitím Bactériosolu (B – variant s použitím Bactériosolu).

Metodika

Prvé použitie technológie TMM bolo v mesiaci júl 2021 v Lesnej škôlke Vislavce, 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.

V rámci lesnej škôlky sa použila táto technológia na ploche 45 m² so semenáčikmi jedle bielej, vek 1+0. Kontrolná plocha bez použitia technológie je tiež o výmere 45 m². Počas vegetačného obdobia boli obe plochy aj prihnojené rovnakým spôsobom a to hnojivom Kompakt.

Bactériosol sa aplikoval 4x posypom na záhon so sumárnym dávkovaním 300 kg/ha v termínoch 16. 07. 2021, 08. 10. 2021. V nasledujúcich obdobiach sa Bactériosol aplikoval nasledovne: 30. 05. 2022, 19. 08. 2022. V roku 2023 bol Bactériosol aplikovaný 08. 06. 2023 a 09. 09. 2023 s dávkovaním 200 kg/ha.

Vzorky semenáčikov a pôdy sa odobrali 10. 10. 2022 a 18. 10. 2023 (obr. 1).

Hodnotili sa 2- a 3-ročné semenáčiky jedle bielej aal214RK-021, SK/002-2020-RK-L v kontrolnom variante 50 ks a pre variant Bactériosol taktiež 50 ks (dvojročné v roku 2022 a trojročné v roku 2023). Hodnotili sa nasledovné parametre:

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

Získané namerané hodnoty sa vyhodnotili 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 ($\alpha=0,05$).

Výsledky

Cieľom tejto kapitoly je zhodnotenie údajov zo vzoriek získaných 18. 10. 2023, čiže trojročných semenáčikov jedle bielej.



Obr. 1 Odobraté vzorky pôdy a semenáčikov jedle bielej v októbri 2023

Hodnotenie výšky nadzemnej časti

Tabuľka 1: Základné štatistické charakteristiky výšok nadzemných častí podľa variantov 2023

Cell No.	variant; LS Means (Spreadsheet1) Current effect: F(1, 98)=,13423, p=,71487 Effective hypothesis decomposition					
	variant	V Mean	V Std.Err.	V -95,00%	V +95,00%	N
1	K	157,8200	5,944419	146,0235	169,6165	50
2	B	154,7400	5,944419	142,9435	166,5365	50

Z výsledkov vyplýva, že:

- priemerná výška nadzemnej časti trojročných semenáčikov jedle pestovaných s použitím Bactériosolu (154,74 mm) je nižšia ako v kontrolnom variante (157,82 mm), vid. tabuľka 1;
- tento rozdiel nie je pri 95 % spoľahlivosti štatisticky významný ($p = 0,7149 > 0,05$).

Hodnotenie priemeru koreňového krčka

Tabuľka 2: Základné štatistické charakteristiky priemerov koreňového krčka podľa variantov 2023

Cell No.	variant; LS Means (Spreadsheet1) Current effect: F(1, 98)=,66732, p=,41597 Effective hypothesis decomposition					
	variant	V Mean	V Std.Err.	V -95,00%	V +95,00%	N
1	K	2,802400	0,109065	2,585963	3,018837	50
2	B	2,928400	0,109065	2,711963	3,144837	50

Z výsledkov vyplýva, že:

- priemerné hodnoty priemerov koreňového krčka trojročných semenáčikov jedle pestovaných s použitím Bactériosolu (2,9284 mm) je vyššia ako v kontrolnom variante (2,8024 mm), vid'. tabuľka 2;
- tento rozdiel nie je pri 95 % spoľahlivosti štatisticky významný ($p = 0,4160 > 0,05$).

Dĺžka hlavného koreňa

Tabuľka 3: Základné štatistické charakteristiky dĺžky hlavného koreňa podľa variantov 2023

Cell No.	variant; LS Means (Spreadsheet1) Current effect: F(1, 92)=19,760, p=,00002 Effective hypothesis decomposition					
	variant	V Mean	V Std.Err.	V -95,00%	V +95,00%	N
1	K	233,0000	4,393397	224,2743	241,7257	50
2	B	204,4545	4,683377	195,1530	213,7561	44

Z výsledkov vyplýva, že:

- priemerné hodnoty dĺžky hlavného koreňa trojročných semenáčikov jedle pestovaných s použitím Bactériosolu (204,4545 mm) sú menšie ako v kontrolnom variante (233,0 mm), vid'. tabuľka 3;
- tento rozdiel je pri 95 % spoľahlivosti štatisticky významný ($p = 0,0000 < 0,05$)

Hodnotenie hmotnosti sušiny nadzemnej časti

Tabuľka 4: Základné štatistické charakteristiky hmotnosti sušiny nadzemnej časti podľa variantov 2023

Cell No.	variant; LS Means (Spreadsheet1) Current effect: F(1, 98)=,01797, p=,89364 Effective hypothesis decomposition					
	variant	V Mean	V Std.Err.	V -95,00%	V +95,00%	N
1	K	0,936800	0,087566	0,763028	1,110572	50
2	B	0,920200	0,087566	0,746428	1,093972	50

Z výsledkov vyplýva, že:

- priemerné hodnoty hmotností sušiny nadzemnej časti trojročných semenáčikov jedle pestovaných s použitím Bactériosolu (0,9202 g) je nižšia ako v kontrolnom variante (0,9368 g), vid. tabuľka 4;
- tento rozdiel nie je pri 95 % spoľahlivosti štatisticky významný ($p = 0,893640 < 0,05$).

Hodnotenie hmotnosti sušiny koreňov

Tabuľka 5: Základné štatistické charakteristiky hmotnosti sušiny koreňov podľa variantov 2023

Cell No.	variant; LS Means (Spreadsheet1) Current effect: F(1, 98)=,04148, p=,83904 Effective hypothesis decomposition					
	variant	V Mean	V Std.Err.	V -95,00%	V +95,00%	N
1	K	0,608400	0,063191	0,483000	0,733800	50
2	B	0,626600	0,063191	0,501200	0,752000	50

Z výsledkov vyplýva, že:

- priemerné hodnoty hmotností sušiny koreňov trojročných semenáčikov jedle pestovaných s použitím Bactériosolu (0,6266 g) sú vyššie ako v kontrolnom variante (0,6084 g) pozri základné štatistické charakteristiky v tabuľke 5;
- tento rozdiel nie je pri 95% spoľahlivosti štatisticky významný ($p = 0,839043 > 0,05$).

Porovnanie rastových parametrov sadeníc z rokov 2022 a 2023

Tým, že k dispozícii boli merania v dvoch po sebe idúcich rokoch, porovnali sa rastové parametre navzájom, v následne idúcich rokoch. Výsledky sú v tabuľke č.6.

Tabuľka 6: Porovnanie biometrických parametrov po prvom a druhom roku aplikácie Bactériosolu

Variant	výška nadzemnej časti		priemer koreňového krčka		dĺžka hlavného koreňa		hmotnosť sušiny nadzemnej časti		hmotnosť sušiny koreňov	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023
rok	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023
kontrola	109	158	1,6	2,8	145	233	0,26	0,94	0,15	0,61
Bactériosol	118	155	1,8	2,9	136	204	0,33	0,92	0,18	0,63
Štatistická významnosť	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023
F	7,32	0,134	11,34	0,667	4,44	19,76	11,343	0,018	4,409	0,042
p	0,008*	0,715	0,001*	0,416	0,038*	0,000*	0,001*	0,894	0,038*	0,839

Možno konštatovať, že:

Priemerná výška nadzemnej časti dvojročných semenáčikov jedle pestovaných s použitím Bactériosolu (118 mm) je vyššia ako v kontrolnom variante (109 mm), tento rozdiel je pri 95 % spoľahlivosti štatisticky významný ($p = 0,0085 < 0,05$). Pri trojročných semenáčikoch (2023) sa tento pozitívny vplyv Bactériosolu nepotvrdil.

Priemerné hodnoty priemerov koreňového krčka dvojročných semenáčikov jedle pestovaných s použitím Bactériosolu (1,8 mm) je vyššia ako v kontrolnom variante (1,6 mm), tento rozdiel je pri 95 % spoľahlivosti štatisticky významný ($p = 0,001084 < 0,05$). Pri trojročných semenáčikoch (2023) sa tento pozitívny vplyv Bactériosolu nepotvrdil.

Priemerné hodnoty dĺžky hlavného koreňa dvojročných semenáčikov jedle pestovaných s použitím Bactériosolu (136,4 mm) sú menšie ako v kontrolnom variante (144,5 mm), tento rozdiel je pri 95 % spoľahlivosti štatisticky významný ($p = 0,037653 < 0,05$). Toto možno konštatovať aj pri trojročných semenáčikoch (2023), keď dĺžka hlavného koreňa je väčšia na kontrolnej ploche a rozdiel je pri 95 % spoľahlivosti štatisticky významný ($p = 0,0001 < 0,05$).

Priemerné hodnoty hmotností sušiny nadzemnej časti dvojročných semenáčikov jedle pestovaných s použitím Bactériosolu (0,33 g) je vyššia ako v kontrolnom variante (0,26 g), tento rozdiel nie je pri 95 % spoľahlivosti štatisticky významný ($p = 0,893640 < 0,05$). Pri trojročných semenáčikoch (2023) sa tento pozitívny vplyv Bactériosolu nepotvrdil.

Priemerné hodnoty hmotností sušiny koreňov dvojročných semenáčikov jedle pestovaných s použitím Bactériosolu (0,18 g) sú vyššie ako v kontrolnom variante (0,15 g), tento rozdiel je pri 95 % spoľahlivosti štatisticky významný ($p = 0,038311 < 0,05$). Pri trojročných semenáčikoch (2023) sa tento pozitívny vplyv Bactériosolu nepotvrdil.

Analýza základných prvkov vo vzorkách pôdy a sušiny nadzemných častí

Pôda

Laboratórne protokoly obsahovali údaje o pôdach a ihličí pre dva varianty: s aplikáciou Bactériosolu (B) a kontrola (K).

Na základe údajov z roku 2022 môžeme konštatovať, že pôda má priaznivú textúru: podľa podielu jednotlivých zrnitostných frakcií (íl, prach, piesok) je klasifikovaná ako piesčitá hlina.

Na základe stanovenia obsahu organického uhlíka, resp. humusu, je klasifikovaná ako silne humózna. Vo všeobecnosti je veľmi dobre zásobená živinami (makroživinami aj mikroživinami). Menej priaznivý je stav z hľadiska acidity. Nameraná hodnota pH v hydrosuspenzii bola v roku 2022 pre oba varianty 4,17, resp. 4,20, hodnoty výmennej reakcie, meranej v CaCl_2 boli 3,44, resp. 3,48, na základe čoho je pôda klasifikovaná ako silne kyslá.

Porovnaním údajov z roku 2022 a 2023 môžeme konštatovať určité rozdiely, keďže k dispozícii nie sú namerané hodnoty z viacerých opakovaní pokusu (viacerých vzoriek), nie je možné komentovať prípadné signifikantné zmeny v čase.

Viditeľný je vzostup hodnôt pH pre variant s Bactéiosolom, a to na hodnotu 4,62 (z hodnoty 4,17 v roku 2022). Pre kontrolný variant bola zistená rovnaká hodnota ako v roku 2022.

O niečo vyššie oproti roku 2022 boli zásoby humusu, pre variant s Bactéiosolom boli hodnoty celkového dusíka výrazne vyššie (0,33 % oproti 0,21 %). Z ďalších hlavných živín sú pre variant Bactériosol v roku 2023 výrazne vyššie hodnoty koncentrácií prístupného horčíka, fosforu a najmä vápnika. Pre draslík sa nejavia rozdiely medzi variantmi a rokmi. Pre hodnotené mikroživiny (železo, mangán, meď, zinok) neboli zistené rozdiely, ktoré by sa dali komentovať, hoci pre kontrolný variant boli v roku 2023 namerané nižšie hodnoty než v roku 2022. Celkove sú zásoby prístupných foriem makroživín aj mikroživín veľmi dobré – a to pre oba varianty pokusu.

Asimilačné orgány (ihličie)

Podľa výsledkov analýz vzoriek ihličia je zrejme veľmi dobré zásobenie sadeníc živinami – pre jednotlivé živiny sú namerané hodnoty v rozpätí optima, prípadne až na úrovni luxusnej zásoby. Vo všeobecnosti boli pre oba varianty namerané v roku 2023 skôr nižšie hodnoty než v roku 2022. Obsah síry v ihličí pre variant s Bactéiosolom bol v roku 2022 na úrovni luxusnej (nadbytočnej), v roku 2023 bol

nameraný na úrovni podobnej kontrolnému variantu (1800 mg/g, resp. kontrolný variant 1750 mg/kg). Obsah hlavných živín je pre hodnotené varianty veľmi podobný: vápnik Bactériosol 5243 mg/kg, kontrola 5125 mg/kg, fosfor Bactériosol 1986 mg/kg, kontrola 1993 mg/kg, draslík Bactériosol 8177 mg/kg, kontrola 7719 mg/kg, horčík Bactériosol 1078 mg/kg, kontrola 1002 mg/kg.

Poznámka

Obsah mikroživín je pre oba varianty taktiež priaznivý (v rámci optimálneho rozsahu, prípadne na úrovni luxusnej výživy), bez zjavných rozdielov medzi porovnávanými variantmi.

Podobné konštatovanie platí pre koncentrácie potenciálne rizikových prvkov: medzi variantmi nemožno interpretovať výrazné rozdiely a v roku 2023 sú skôr o niečo nižšie hodnoty ako v roku 2022.

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.

Merania a analýza po druhom roku aplikácie (2023) však pozitívny vplyv Bactériosolu u všetkých skúmaných rastových parametrov nepotvrďuje. Potvrďuje sa ale konštatovanie z roku 2022, že dĺžka hlavného koreňa je väčšia na kontrolnej ploche. Je 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 potvrďuje 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.

Výhoda kratšieho hlavného koreňa pre prax môže byť v tom, že nie je potrebné pred výsadbou skracovať hlavný koreň, resp. je tu pravdepodobnosť jeho menšej deformácie pri samotnej výsadbe. Zároveň porovnanie parametra „priemerná hrúbka koreňového krčka“ ukazuje, že je väčší pri semenáčikoch ošetrovaných Bactériosolom, čo pri sadenicích jedle je významným znakom posudzovania kvality sadeníc aj na úkor nižšej priemernej výšky, čo potvrďuje porovnanie parametra „priemerná výška nadzemnej časti“.

Laboratórne analýzy pôdy ukázali vo všeobecnosti veľmi dobre zásobenie živinami v oboch variantoch. Pre variant s Bactériosolom je v druhom roku hodnotenia (2023) priaznivejšia hodnota pH, zásoby humusu a vyššie hodnoty

koncentrácií prístupného horčíka, fosforu a vápnika oproti roku 2022.

Podľa výsledkov analýz vzoriek ihličia je zrejme veľmi dobré zásobenie sadeníc živinami. Vo všeobecnosti boli pre oba varianty namerané v roku 2023 skôr nižšie hodnoty než v roku 2022. Obsah hlavných živín v asimilačných orgánoch po druhom roku aplikácie je pre hodnotené varianty veľmi podobný.

Vo výskume budeme ďalej pokračovať, aby sme naďalej zistovali, aký vplyv na ďalší rast semenáčikov bude mať aplikácia Bactériosolu.

Podakovanie

Táto práca bola podporená v rámci projektu TreeAdapt, financovaného z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301).

Literatúra

www.UrodnaPoda.sk

Leták Bactériosol

Kontakty

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

NLC – LVÚ Zvolen, Odbor pestovania lesa, T. G. Masaryka 22, 960 01 Zvolen

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

² Ing. Pavel Pavlenda, PhD.

NLC – LVÚ Zvolen, Odbor ekológie lesa, T. G. Masaryka 22, 960 01 Zvolen

pavel.pavlenda@nlcsk.org

³ Ing. Karol Chvála

Loben, s.r.o

chvala@loben.sk

VÝVOJ NOVÝCH TYPŮ GRANULOVANÝCH SMĚSNÝCH HNOJIV PRO LESNÍ ŠKOLKY V ČESKÉ REPUBLICĚ

Jarmila Nárovcová

Abstrakt

V rámci výzkumných projektů *Hnojiva pro lesní hospodářství* (TH02030785, období 2017–2020) a *Hnojiva se zeolity pro lesní hospodářství* (TH04030217, 2019–2022) navrhli jejich řešitelé optimalizovanou komponentovou skladbu a vzájemný poměr sloučenin pro výrobu nových typů granulovaných směsných hnojiv, určených v první řadě pro základní hnojení vyčerpaných půd v lesních školkách České republiky. Vycházelo se přitom z průzkumu agrochemických vlastností půd vybraných školkařských polí. Ten potvrdil časté disbalance v koncentracích základních živin ve svrchních orníčních půdních profilech většiny provozů lesních školek ČR v důsledku předchozího dlouhodobého používání vícesložkových typů NPK-hnojiv s nevhodným zastoupením živin pro pěstování lesnických školkařských výpěstků (nadbytečný podíl fosforu a marginální podíl hořčíku v hnojivech). Analyzované půdy se u vybraných školek proto vesměs vyznačovaly nadměrně vysokými koncentracemi rostlinám přístupného fosforu (P) a naopak nízkými koncentracemi rostlinám přístupného hořčíku (Mg).

Klíčové slova

Česká republika, hnojiva, hnojení půd, lesní školky

Úvod

Půda je jedním z nejdůležitějších přírodních zdrojů a unikátním přírodním a historickým útvarům. V lesním školkařství ČR je dlouhodobě úzce spjatá s konkrétním stanovištěm školky i s uplatňovaným hospodářským produkčním systémem (soustavou hnojení). Vývoj na úseku hnojení půd a sadebního materiálu lesních dřevin (dále jen „SMLD“) ve školkách České republiky aktuálně vyžaduje hledání nových perspektivních řešení a na lokální úrovni zabezpečení individuálních technologických optimalizací a inovací (Nárovec 2017). S respektem k všeobecně prosazovaným koncepcím, programům a ambicím evropských zemí (příkladem je Green Deal – Nature Restoration Law) dnes již užití průmyslových i organických hnojiv v soustavách hospodaření na půdách musí být navrhováno a ve výrobní praxi realizováno nejen se zřetelem na spoluzodpovědnost za poškozování a ochranu životního prostředí v místě výchozího pěstování rostlin (zde v lesních školkách), nýbrž také s ohledem na účelovost zajišťované produkce SMLD a na

žádanou obnovu přírody, tedy na budoucí zdravý vývoj pěstovaných dřevin na trvalém stanovišti v lese.

S důrazem na nové poznatky oborů environmentální chemie a na perspektivní cíle obnovy přírody proto pod vedením společnosti Lovochemie, a. s. Lovosice v uplynulých 8 letech probíhaly technologické optimalizace skladby průmyslových hnojiv a studium aplikačních možností a agrochemických účinků nových typů hnojiv, vyvíjených přednostně pro segment lesního a okrasného školkařství, popř. pro ostatní oblasti použití. Aplikační zkoušky nových typů směsných granulovaných hnojiv se uskutečnily především v lesních školkách společnosti Wotan Forest a. s. České Budějovice. Vyhodnocení za úsek pěstování lesa a biologických optimalizací ve školkařství u těchto zkoušek zajišťoval Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. Strnady (dále jen „VÚLHM“) a rovněž Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i. Průhonice (dále jen „VÚKOZ“). Získané poznatky (Dubský a kol. 2022) se staly podkladem pro zavádění nových typů hnojiv se zeolity do inovované podnikové soustavy hnojení půd a SMLD v lesních školkách např. u společnosti Uniles, a. s. Rumburk.

Hodnocení půd lesních školek

Úvodní vyhodnocení agrochemických půdní vlastností se realizovalo u 30 náhodně vybraných pěstebních ploch v 7 školkařských střediscích podniku Wotan Forest a. s. České Budějovice. Při základním hodnocení vlastností půd byl proveden jednak zrnitostní rozbor, dále byl v půdě stanoven obsah spalitelných látek (ČSN EN 12879), výměnná půdní reakce (hodnota pHCaCl_2 , ČSN ISO 10390) a obsah rostlinám přístupných (tzv. přijatelných) živin, a to extrakcí půdy podle metody Mehlich III (in orig. Mehlich 1984; přehled analytických metod uplatňovaných v ČR viz Zbiral a kol. 2016). Poměr koncentrací prvků K : Mg v půdě byl stanoven výpočtem. Hmotnostní poměr obsahů rostlinám přístupných živin K : Mg do 1,6 byl interpretován jako dobrý, neboť se obecně v takovém případě nepředpokládají problémy s výživou rostlin hořčíkem (Smatanová 2016). Dále byla stanovena kationtová výměnná kapacita (KVK), a to metodou KVK-UF (Matula 2007). Při výpočtu a hodnocení relativního zastoupení kationtů v KVK byla za vyhovující poměr hořčíku vůči draslíku pokládána hodnota do 3,0 (žádané bylo poměrné molární zastoupení K : Mg = 1 : 2–3). Při popisu úrovně půdní reakce se za příznivou hodnotu pro písčité a hlinitopísčité lesní půdy považovalo rozpětí 5,2–5,7 pHCaCl_2 . Uplatněná hodnotící pedologická kritéria přibližuje Tabulka 1.

Většina hodnocených půd vykazovala nízkou (54 % vzorků) nebo optimální (27 %) hodnotu výměnné půdní reakce (pHCaCl_2) a střední (54 %) nebo nízkou (35 %) hodnotu KVK. Z hlediska přijatelného hořčíku spadá 55 % sledovaných ploch do kategorie nízkého obsahu, 24 % do kategorie vyhovující a 24 % do kategorie dobrý. Přijatelný draslík byl zastoupen v kategoriích nízký (29 %), vyhovující (38 %) a dobrý (33 %), fosfor pak vykazoval zásoby převážně v kategoriích velmi vysoký (35 %), vysoký (38 %), popř. dobrý (11 %). Z hlediska zrnitostní skladby se jednalo o lehké půdy, převážně hlinito-písčité (hp), případně písčité (p).

Tab. 1: Kritéria (orig. in Dubský a kol. 2022) pro hodnocení obsahu přijatelného draslíku (K), hořčíku (Mg), vápníku (Ca) a fosforu (P), stanovených v minerálních půdách školek metodou Mehlich III, a dále hodnot kationtové výměnné kapacity (KVK), stanovené metodou KVK-UF

Slovní označení kategorie obsahu přijatelných živin a hodnoty KVK	Obsah přístupných živin stanovený analytickou metodou Mehlich III (mg/kg)			KVK	
	K a Mg		Ca	P	mmol ⁺ /kg
	seskupené kategorie půdních druhů*			všechny půdní druhy	
	(p) a (hp)	(ph) a (h)	(p) a (hp)		
nízký (N)	≤50	≤100	≤1000	≤50	<120
vyhovující (VH)	51–100	101–150	1001–2000	51–80	
dobrý (D)	101–200	151–300	2001–3000	81–115	120–180
vysoký (V)	201–350	301–400	3001–5400	116–185	>180
velmi vysoký (VV)	>350	>400	>5400	>186	

Pozn.: Označení půdního druhu: symbol (p) reprezentuje písčité půdy s podílem jílnatých částic v jemnozemi do 10 %; (hp) hlinito-písčité půdy s podílem jílnatých částic 10,1–20,0 %; (ph) písčito-hlinité půdy s podílem jílnatých částic 20,1–30,0 % a (h) hlinité půdy s podílem jílnatých částic 30,1–45,0 %.

Většina hodnocených půd vykazovala nízkou (54 % vzorků) nebo optimální (27 %) hodnotu výměnné půdní reakce (pH_{CaCl2}) a střední (54 %) nebo nízkou (35 %) hodnotu KVK. Z hlediska přijatelného hořčíku spadá 55 % sledovaných ploch do kategorie nízkého obsahu, 24 % do kategorie vyhovující a 24 % do kategorie dobrý. Přijatelný draslík byl zastoupen v kategoriích nízký (29 %), vyhovující (38 %) a dobrý (33 %), fosfor pak vykazoval zásoby převážně v kategoriích velmi vysoký (35 %), vysoký (38 %), popř. dobrý (11 %). Z hlediska zrnitostní skladby se jednalo o lehké půdy, převážně hlinito-písčité (hp), případně písčité (p).

V Tabulce 2 jsou uvedeny některé typické příklady výsledků půdních rozborů. Plochy středisek Vlčí Luka (Třeboň) a Planá nad Lužnicí jsou charakteristické především tím, že vykazují vysoký obsah fosforu a nízký obsah přijatelného hořčíku; plocha Planá nad Lužnicí má i vysoký obsah draslíku. Plocha Česká Lípa má kromě vysokého obsahu fosforu i vyšší obsah draslíku a hořčíku. Plocha Hostinné představuje optimálně živinami saturovanou půdu, vyhovující obsah fosforu a zároveň vysoký obsah draslíku a hořčíku v optimálním poměru. Jednalo se ale o atypický vzorek v rámci výchozí etapy hodnocení půd vybraných školek.

Na základě stanovení obsahu přijatelných živin (fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku), stanovených metodou Mehlich III, byly dávky živin v základním hnojení půd ve školkách projektovány tak, aby byl postupně dosažen požadovaný obsah živin v orničním profilu. Vyšší dávky živin se doplňovaly tzv. obohacovacím hnojením, resp. dosycovacím základním hnojením půd.

Tab. 2: Základní fyzikální a chemické vlastnosti půd lesních školek: pH_{CaCl2} (ČSN ISO 10390), obsah přijatelných živin podle metody Mehlich III, KVK podle metody KVK-UF, SL – obsah spalitelných látek (ČSN EN 12879), půdní typ dle klasifikace Nováka, hodnocení – viz Tab. 1.

Školka	Půdní typ (kategorie)	pH		P		K		Mg		K/Mg	Ca	KVK		SL
		CaCl2		mg/kg suchého vzorku				-	mg/kg	mmol +/kg	%			
Vlčí Luka	lehká - p	4,5	N	165	V	44	N	19	N	2,3	399	89	N	4,7
Planá n/L.	lehká - hp	5,0	N	184	V	212	V	73	N	2,9	1220	94	N	3,5
Česká Lípa	lehká - hp	5,5	O	159	V	211	D	207	V	1,0	2152	115	N	4,5
Hostinné	střední - ph	5,2	O	54	V H	124	D	219	V	0,6	1960	117	N	5,7

Národní program

Na základě stanovení obsahu přijatelných živin (fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku), stanovených metodou Mehlich III, byly dávky živin v základním hnojení půd ve školkách projektovány tak, aby byl postupně dosažen požadovaný obsah živin v orníčním profilu. Vyšší dávky živin se doplňovaly tzv. obohacovacím hnojením, resp. dosycovacím základním hnojením půd.

Při operativním dusíkatém hnojení SMLD v lesních školkách během vegetace se přitom vycházelo z požadavků dané kultury, a to tak, aby celková dávka aplikovaného minerálního dusíku (v množství 60–120 kg N/ha) byla rozdělena nejméně do dvou, optimálně do tří etap (aplikací) individuálního přihnojení. Na základě vegetačních pokusů, provedených v rámci projektu TH04030346 (podrobně Nárovcová a kol. 2022), byly preferovány spíše nižší dávky aplikovaného dusíku. Pro smrk ztepilý to byla jednorázová dávka 20 kg N/ha a v souhrnu za celé vegetační období pak maximální množství 60 kg N/ha. Pro borovici lesní byla užívána jednorázová dávka dusíku kolem 20–30 kg N/ha (za vegetaci pak max. 60–90 kg N/ha) a pro hlavní listnaté dřeviny to byla dávka 30 kg N/ha (a celkově za vegetaci max. 90 kg N/ha).

Nově navrhované typy hnojiv pro školky

Pro systémy hnojení v lesních školkách byly v rámci studia problematiky navrženy tři nové typy granulovaných směsných hnojiv (GSH) se specifickým poměrem živin a tři typy hnojiv s optimalizovaným podílem zeolitu a s požadovaným poměrem živin (viz Tabulka 3). Tato hnojiva jsou v ČR perspektivní především pro aplikace na půdy lesních školek s nízkým obsahem hořčíku, nízkým až dobrým obsahem přijatelného draslíku a vysokým obsahem fosforu. Dále bylo navrženo dusíkaté hnojivo se zeolitem ZENFERT (NS 13-29); jedná se o dusíkaté hnojivo na bázi síranu amonného s přísadkou zeolitu ve výši 30 %.

Všechna hnojiva byla hodnocena ve vegetačních pokusech a prošla ověřovací

výrobní technologií. Do výrobního programu firmy Lovochemie, a. s. Lovosice (spoluřešitel projektů) byla doposud zařazena (a do rámce registru hnojiv v ČR nově zaregistrována) tři hnojiva pro přihnojování SMLD během vegetace (jsou to výrobky s obchodními názvy SILVARADIX, ZENFERT a NPK 15-3,3-13). U těchto hnojiv jsou v dalším textu uváděny některé modelové příklady jejich použití ve školkách. Ty jsou doplněny aplikacemi navržených typů tzv. podzimních hnojiv. Obsah živin v hnojivech je uveden v oxidech i prvcích, hodnocení obsahu přijatelných živin v půdách a dávky živin v systémech hnojení jsou pak v následných odstavcích uváděny výhradně v prvcích.

Pro své jedinečné vlastnosti byl do nově vyvíjených a testovaných granulovaných směsných hnojiv zakomponován také jemný zeolit na bázi klinoptilolitu, a to surovina výhradně ze slovenských těžebních lokalit. Tento zeolit má specifické fyzikální vlastnosti, které jsou dány prostorovým uspořádáním vnitřních pórů konstantních rozměrů, ve kterých se mohou sorbovat látky tuhého, kapalného a plynného skupenství. Celkový objem těchto vnitřních pórů je 24–32 % objemu. Zeolity na bázi klinoptilolitu mají vysokou kationtovou výměnnou kapacitu, která se pohybuje v rozmezí 600–1200 mmol+/kg. Tato vlastnost v kombinaci s minerálními hnojivy napomáhá k sorpci kationtů a vede ke snížení ztrát živin vyplavením. Největší afinitu k navázání na klinoptilolit vykazují amonné ionty NH_4^+ a voda H_2O (velikost iontu se shoduje s velikostí vstupních pórů mřížky klinoptilolitu).

Zeolity mají i vysokou nasákavost, která se pohybuje v rozmezí 35–38 % objemu zrn. Tato vlastnost zeolitů může při dlouhodobém používání skladby hnojiv s podílem zeolitů zvýšit vodní kapacitu půdy a zlepšit hydraulickou vodivost obhospodařované půdy. Z hlediska technologie výroby GSH byl finálně vybrán jemný zeolit frakce 0–0,2 mm, jehož dodavatelem je slovenská firma ZEOCEM s. r. o. (Centrála: Prešovská 282, 094 34 Bystré). Technologické zkoušky potvrdily možnost použít až 30% podíl zeolitu této provenience ve výsledném granulovaném produktu (GSH). Na základě předvýrobních zkoušek, uskutečněných v letech 2019–2022 v rámci řešení úkolu Hnojiva se zeolity pro lesní hospodářství (TH04030217), byl týmem řešitelů navržen přídavek zeolitu v rozsahu 25–30 %.

Příklady použití nových typů hnojiv ve školkách

Hnojiva SILVARADIX (GSH NK Mg) a GSH Z NK Mg 9,5-5-6 jsou určena pro hnojení školkařských výpěstků během vegetace na půdách s nízkým obsahem hořčíku, nízkým až dobrým obsahem přijatelného draslíku a s vyhovujícím až vysokým obsahem fosforu (tuto živinu hnojivo neobsahuje). Při dvouletém pěstebním cyklu pěstování SMLD ve školkách se předpokládají (resp. optimálně i realizují) 1–3 aplikace těchto GSH v prvním vegetačním období a max. 3 aplikace ve druhém vegetačním období. Při použití tří základních aplikačních dávek se za vegetaci dodá odpovídající množství dusíku pro danou kulturu. Při použití těchto hnojiv se zajistí optimální hnojení dusíkem a průběžně se doplňuje draslík a hořčík (viz Tabulka 4).

Tab. 3: Přehled navržených granulovaných směsných hnojiv (GSH) pro lesní školky (Z – podíl zeolitu v hnojivu, v České republice již zaregistrovaná hnojiva jsou vyznačena tučně).

Hnojivo	Z	Obsah živin (%)										Poměr K/Mg
	%	N	P ₂ O ₅	P	K ₂ O	K	MgO	Mg	SO ₃	S		
SILVARADIX (GSH NK Mg)	-	12			6	5	7,5	4,5	45	18	1,1	
GSH NPK 15-3,3-13+5 MgO	-	15*	3,3	1,5	13	10,8	5	3	37	15	3,5	
GSH K Mg 18-12	-	-	-	-	18	14,94	12	7,5	42	17	2,0	
GSH Z NK Mg 9,5-5-6	25	9,5	0	0	5	4,2	6	3,6	32	13	1,2	
ZENFERT (NS 13-29)	30	13							29	12		
GSH Z NPK 9,5-3,7-3,1+10,5 MgO	30	9,5*	3,7	1,6	3,7	3,7	10,5	6,3	6	2,5	0,5	
GSH Z K Mg 15-11	25	0	0	0	15,5	12,9	11	6,6	35	14	1,9	

* pomalupůsobící dusík ve formě ureaformu - GSH NPK 40 %, GSH-Z NPK 25 %

Hnojivo ZENFERT (NS 13-29) je určeno pro přihnojování lesních kultur dusíkem během vegetace. Při dlouhodobém používání tohoto hnojiva s 30% podílem zeolitu (viz Tabulka 5) je předpokládána roční dávka aplikovaného zeolitu cca 200 kg/ha. Při desetileté fázi navazujících aplikací to představuje doplňkovou dávku 2 t zeolitu/ha.

Hnojiva GSH NPK 15-3,3-13+5 MgO a GSH Z NPK 9,5-3,7-3,1+10,5 MgO obsahují část dusíku v dlouhodobé formě (ve formě ureaformu) a startovací dávku fosforu, jsou určena pro časnou jarní, případně předsetovou aplikaci. Pro první jarní přihnojení u výsevů borovice je modelově (Tabulka 4) použito hnojivo GSH NPK 15-3,3-13+5 MgO s pomalupůsobícím dusíkem. Tuto aplikaci je možno nahradit hnojivem SILVARADIX, v nízké základní dávce odpovídající 20 kg N/ha. V druhém vegetačním období je již příklad použití zvýšené dávky dusíku (30 kg N/ha) ve třech aplikacích hnojiva SILVARADIX.

Na základě půdních rozborů je možné při podzimní aplikaci doplnit při jednorázové aplikaci draslík a hořčík podzimním hnojivem GSH K Mg 18-12 nebo hnojivem se zeolitem GSH Z K Mg 15-11. Při modelových systémech hnojení je za dvě vegetační období dodáno kolem 100 kg K/ha a 60–70 kg Mg/ha, což jsou dávky, které se doporučují pro dosycovací hnojení při nízkém obsahu draslíku a hořčíku na písčitých půdách s nízkou hodnotou KVK (příkladem jsou údaje KVK v Tab. 2 u studijní plochy na lokalitě Vlčí Luka).

Pro podzimní aplikaci se v současnosti standardně používají jednosložková hnojiva pro doplnění draslíku (např. síran draselný), hořčíku (např. Kieserit),

případně i fosforu (Fosmag, superfosfáty). Optimální jsou ovšem i pravidelné aplikace organických hnojiv. Velmi žádoucí jsou především kvalitní kúrové komposty, kterými se při výrobě prostokořenného SMLD dodává hlavně draslík, ale také fosfor a dusík v dlouhodobější formě. Aplikaci kompostů ze stromové kůry je účelné kombinovat (doplňovat) hořečnatými hnojivy nebo aplikacemi hnojiv se zvýšeným obsahem hořčíku (např. SILVARADIX), a to s ohledem na zajištění vhodného poměru K/Mg v půdě.

Tab. 4: Příklad dvouletého uplatnění systému hnojení semenáčků borovice lesní v lesních školkách za použití registrovaných hnojiv bez zeolitů a GSH K Mg hnojiva při podzimní přípravě pozemku.

Aplikace	Hnojivo	Dávka v kg/ha				
		hnojivo	N	P	K	Mg
Rok/měsíc						
Podzimní příprava půdy	GSH K Mg 18-12	300	-	-	45	22
1. rok/5. měsíc	GSH NPK 15-3,3-13+5 MgO	150	22	2	16	4
2. rok/3× v 4.–6. měsíci	SILVARADIX (GSH NK Mg)	3×250	90	0	36	33
Suma během 1. vegetace		450	20	2	61	26
Suma za 2 vegetační období		1200	112	2	97	59

Tab. 5: Příklad uplatnění 2letého systému hnojení listnatých dřevin ve školkách za použití nově navrženého hnojiva se zeolitem ZENFERT NS 13-29 pro přihnojování během vegetace a nového typu hnojiva GSH Z K Mg 15-11 pro podzimní aplikace do půdy.

Aplikace	Hnojivo	Dávka v kg/ha				
		hnojivo	N	P	K	Mg
Rok/měsíc						
Podzimní příprava půdy	GSH Z K Mg 15-11	540	-	-	70	36
1. /3× 4.–6. měsíc (přihnojení)	ZENFERT (NS 13-29)	3×230	90	-	-	-
1./letní řádková aplikace	GSH Z K Mg 15-11	360	-	-	46	24
2./3× 4.–6. měsíc	ZENFERT (NS 13-29)	3×230	90	-	-	-
Suma 1. vegetace		1230	90	-	70	36
Suma za 2 vegetační období		3210	180	-	116	70

Doplňující poznámka

Předkládaný referát, vypracovaný jako propagace vybraných a aktuálně v ČR řešených a implementovaných výzkumných úkolů a stejně tak koncipovaný jako zobecnění některých realizačních výstupů těchto úkolů před posluchači z lesního hospodářství a školkařství Slovenské republiky (konferencia Lesné semenárstvo, škólkarstvo a umelá obnova lesa 2024, Liptovský Ján, 19. a 20. júna 2024), umožňuje podání pouze základních informací o agrochemickém hodnocení půd v lesních školkách ČR a o použití nových typů granulovaných směsných hnojiv z produkce

Lovochemie, a. s. Lovosice. Detailní (doplňující) informace zvidavý čtenář nalezne v řadě individuálních publikací (zejména se nyní v rámci předkládaného referátu vycházelo z popisu, který publikovali Dubský a kol. 2022) a rovněž tak v certifikovaných metodikách, které jsou k dispozici na webových serverech (stránkách) řešitelského pracoviště VÚLHM v. v. i. Strnady (https://www.vulhm.cz/lesnicky_pruvodce), resp. jeho dílčích útvarů (<http://www.vulhmop.cz>), popř. u spoluřešitelů projektu (zejména <https://www.vukoz.cz>), eventuálně u vlastních výrobců a uživatelů nově vyvinutých průmyslových hnojiv pro lesní hospodářství [citováno 2024-05-10]:

<https://www.mojehnojiva.cz/hnojiva-pro-lesy>,
<https://zahradaweb.cz/granulovana-smesna-hnojiva-pro-lesni-skolky/>,
https://www.vulhm.cz/files/uploads/2022/11/LP_3_2022.pdf,
<https://www.vulhm.cz/files/uploads/2023/01/o-pudach-2022-web.pdf>
<http://www.vulhm.opocno.cz/download/metodiky/metodika-TH04030217-web.pdf>,
<http://www.vulhmop.cz/download/metodiky/Web-hnojivo-NKMg-zzw.pdf>,
<https://www.vukoz.cz/project/hnojiva-se-zeolity-pro-lesni-hospodarstvi/>,
<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/vyuziti-zeolitu-jako-soucast-hnojiv,atd>.

Literatura

- Dubský M., Reich J., Nárovcová J., Šlemenda P., Valenta J. 2022. Granulovaná směsná hnojiva pro lesní školky. *Zahradnictví*, 21 (10): 44–46. – ISSN: 1213-7596.
- Matula J. 2007: Optimalizace výživného stavu půd pomocí diagnostiky KVK-UF. *Metodika pro praxi*. 1 vydání. Praha-Ruzyně, Výzkumný ústav rostlinné výroby: 52 s.
- Mehlich A. 1984. Mehlich-3 soil test extractant – a modification of Mehlich-2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1984, Vol. 15: 1409-1416.
- Nárovcová J., Nárovec V., Němec P. 2022. Optimalizace systémů hnojení a hospodaření na půdách lesních školek. *Certifikovaná metodika*. 1. vydání. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 59 s. – *Lesnický průvodce* 6/2022.
- Nárovec V. 2017. *Východiska pro návrhy soustav hnojení a hospodaření na půdách lesních školek*. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 80 s. – ISBN 978-80-7458-093-2.
- Smatanová M. 2016. *Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2017 až 2022*. [Metodický pokyn č. 9/SZV; Č.j.: 9/SZV/3vyd]. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 26 s.
- Zbírál J., Čižmárová E., Obdržálková E., Rychlý M., Vilamová V., Srnková J., Žalmanová A. 2016. *Jednotné pracovní postupy ÚKZÚZ – Analýza půd I*. 4. vydání. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 5 s. In: [Eagri.cz](http://eagri.cz) [online]. Dostupné na World Wide Web: http://eagri.cz/public/web/file/218716/Obsah_JPP_AP_I_2016.pdf [citováno 2024-05-10].

Dedikace

Přednáška vznikla v květnu 2024 v rámci finanční podpory Ministerstva zemědělství ČR na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace (MZE-RO0123). Příspěvek je implementací inovačních projektů evidenčního označení TH04030217 (*Hnojiva se zeolity pro lesní hospodářství*) a TH04030346 (*Optimalizace systémů hnojení a hospodaření na půdách lesních školek – druhá etapa*), řešených v letech 2019-2022 na Výzkumné stanici Opočno s finanční podporou Technologické agentury České republiky.

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

STABILIZACE PARAMETRŮ PŮDNÍ ÚRODNOSTI V LESNÍCH ŠKOLKÁCH ČESKÉ REPUBLIKY HNOJENÍM – DOPLŇUJÍCÍ 2. SDĚLENÍ

Jarmila Nárovcová, Václav Nárovec

Abstrakt

Náplní příspěvku jsou doplňující informace o současném stavu zajišťování žádané úrovně parametrů půdní úrodnosti v lesním školkařství České republiky hnojením. Tematikou, osnovou i zpracováním nynější práce navazuje na své předchozí (první) sdělení, vypracované a určené pro konferenci *Lesné semenárstvo, škôlkarstvo a umelá obnova lesa 2016* (sestavila M. Sušková; Liptovský Ján, 22. a 23. júna 2016; aut.: Nárovcová J. a Nárovec V.: Zjišťování parametrů půdní úrodnosti v lesním školkařství České republiky). Příspěvek je implementací a výstupem výzkumných projektů *Optimalizace systémů hnojení a hospodaření na půdách lesních školek – druhá etapa* (TH04030346) a *Hnojiva se zeolity pro lesní hospodářství* (TH04030217), řešených v letech 2019-2022 na Výzkumné stanici Opočno s finanční podporou Technologické agentury České republiky.

Klíčové slova

Česká republika, lesní školkařství, půdní úrodnost

Úvod

Produkcí lesního školkařství jsou živé juvenilní víceleté dřeviny, které jako dlouhověké organismy mohou teprve až po výsadbě na trvalé stanoviště plnit své ústřední poslání, totiž být základem budoucích lesních porostů. Obecně platí, že lesní školky mají produkovat kvalitní sadební materiál lesních dřevin (dále jen „SMLD“), který bude po výsadbě na trvalé stanoviště včas a s co nejmenšími ztrátami odrůstat do fáze zajištěné lesní kultury (Svoboda a kol. 2015; Leugner 2024 a jiní). Pro dosažení takového cíle umělé obnovy lesa má mimořádný význam především kvalita kořenových soustav diferencované ve školkách pěstovaného a diferencované na trvalých stanovištích užitého SMLD (Mauer 1998 a jiní).

Doplňující historické souvislosti

Výchozí historizující analýza (Nárovcová a Nárovec 2016) vybraných aspektů agrochemické půdní kontroly (dále jen „APK“) v lesních školkách již některá praktická úskalí u soudobých realizací systémů hnojení prostokořeného sadebního

materiálu (dále jen „PSM“) ve školkách podrobně popsala (detaily Nárovec 2022 a jiní). Nadále platí (cf. Kupčák 2004), že rozvoj (a to jak domácí technologický vývoj, tak i experimentální výzkum) na úseku inovací pěstitelských systémů (včetně soustav hnojení) se u produkce PSM v lesních školkách České republiky (dále jen „ČR“) především v přímé souvislosti s uskutečněnou transformací státních podniků lesního hospodářství v ČR a se striktně a šablonovitě distribuovanou privatizací provozoven lesního školkařství (nově tuto etapu na příkladu Výzkumné stanice Křtiny zhodnocuje, např. Šimanov 2022) po roce 1994 prakticky zastavil. Až na výjimky získal charakter velmi pomalé evoluce. Některé pedologické (agrochemické) laboratoře a pracoviště s orientací na školkařství jen pozvolna zareagovaly na nutné změny v metodách, přístrojích a postupech užití analytické chemie (cf. Sánka a Materna 2004). V současnosti je situace u pedologických laboratoří ještě komplikovanější, neboť není zřejmé, jaké pokračování budou mít do budoucna služby APK, realizované dosud v rámci privátní provozovny Ing. Josefa Tomáše (viz Tomáš 2011).

Individualizované soustavy hnojení v lesních školkách

Stejně jako v zemědělské rostlinné výrobě i v lesních školkách v ČR vedle sebe koexistují několikeré individuální přístupy, které diferencují pěstování SMLD do odlišných pěstebně-produktových přístupů, resp. ideových proudů a teorií (Nárovec 2017). Souběžně vymezují i odlišnou roli pro hnojení, a to napříč celou oblastí zajišťování výživy rostlin a zvyšování produktivnosti stanoviště lesních školek (školkařských polí) hnojením. Rozlišovacím kritériem pro přiřazení konkrétní školky do některého z koncepčních a realizačních okruhů (skupin) je rovněž míra praktického zachování kontinuity a vzájemné propojenosti všech dílčích (pod) oborů pěstování lesa, tedy návaznost lesního semenářství a školkařství na zakládání a obnovu lesních porostů. V tomto ohledu se v rámci lesního školkařství ČR rozlišují především intenzivní, tradiční a alternativní modely pěstebních realizací (ibid.).

Realitou současné lesnické školkařské praxe při pěstování PSM v ČR je, že jednotlivé provozy používají individualizované soustavy hnojení (cf. Rejšek 2018, s. 348). U některých z nich je míra (podíl) vnášení dávek hnojivých látek (hnojiv) na školkařská pole pomocí operativních hnojařských zásahů natolik dominantní, že nevycházejí při svém plánování ze závěrů pedologického průzkumu. Žádný rámec aktivního zjišťování a řízení úrovně podmínek a výživy rostlin hnojením, známý z tradiční agronomické praxe u polních plodin, takové školky neuplatňují. Jde u nich často jen o intuitivní aplikace hnojiv, motivované nutností dosažení potřebných morfologických parametrů, při kterých je expedovaný SMLD prodejny odběratelům, a to za splnění podmínky co nejkratšího pěstebního cyklu. V tomto přístupu se popsaná školkařská praxe přiklání k modelům, známým též ze soudobé zemědělské praxe v ČR (Němec 2015), kde k dosažení potřebného výnosu plodin slouží jen vícesložková hnojiva s obsahem dusíku, aplikovaná několikrát ve vegetační době tzv. na kulturu (t. j. v tradiční agronomii a v jejím názvosloví tzv.

na list). Není to ovšem systematická péče o základy půdní úrodnosti (tedy úsilí o dosahování tzv. staré půdní síly) ve výkladech tradičních i moderních, vědecky zdůvodněných agrárních soustav hnojení, které v minulosti předložili přední představitelé vědy, vývoje a inovací v oblasti environmentální chemie.

Obecné okruhy problémů při péči o půdy

Úkoly při zajišťování fertility půd na školkařských polích v ČR se neliší od úkolů, před kterými stojí celý agrokomples. V obou případech do popředí vystupují problémy s půdní erozí, tedy úkol předcházet odnosu půdních částic a transportu živin z produkčních polí. K odnosu půdních částic mimo pozemek dochází vodní a větrnou erozí, ve školkách navíc i prostřednictvím transportu ulpělých částic půdy na kořenech PSM během expedice SMLD na zalesňované plochy (odnos půdy na kořenech sazenic může představovat cca 5 až 35 tun zeminy v přepočtu na 1 ha). Ve školkách i na ostatních hospodářských plochách, po kterých přejíždějí stroje a jejich tažné prostředky, zůstává vážným problémem pedokompakce (zhuťňování půdních profilů). Komplikujícím momentem je rovněž vleklá acidifikace půd (okyselování obhospodařovaných půd) a také jejich postupná dehumifikace (snižování podílu humusotvorných organických látek ve svrchních půdních horizontech). To vede ke zhoršení řady návazných chemických a fyzikálních půdních vlastností včetně, např. snížení schopnosti půdy zadržovat vodu. Proto jsou tak důležitá opatření péče o půdní strukturu (vč. ochrany půdy před zhuťňováním) a rovněž apelace na minimalizaci možné nežádoucí environmentální zátěže pozemků školek a polí v důsledku luxuriantního (nad)užívání průmyslových hnojiv a pesticidů (např. Válková 2022). Pro soudobou školkařskou praxi význam těchto obecných doporučení za posledních 30 let neztratil nic ze své naléhavosti (cf. Dušek 1997).

Doporučení pro základní fosforečné, draselné a hořečnaté hnojení

Pro základní ohodnocení obsahu hlavních přijatelných živin (P, K, Ca, Mg) v půdách školek se nyní na Výzkumné stanici Opočno nejčastěji využívají výsledky, stanovené extrakcí půdy metodou Mehlich III. Základní kritéria (včetně kritérií pro přijatelný vápník a fosfor), která se v provozním měřítku uplatňují, např. u společnosti LESOŠKOLKY s. r. o. Řečany nad Labem, uvádí Tabulka 1. Uvedené hodnocení půd bylo v rámci 2. etapy řešení výzkumných úkolů TH04030346 a TH04030217 oproti své výchozí předloze (cf. Nárovcová a Nárovec 2016) mírně upraveno. Pro rostlinám přístupný vápník (Ca) a fosfor (P) v půdách školek jsou nejčastěji využívána kritéria podle závazného (platného) metodického pokynu pro provádění agrochemického zkoušení zemědělských půd od Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (dále jen „ÚKZÚZ“), který zkompletovala Smatanová (2020).

U „velmi vysokého“ (VV) a „vysokého“ (V) obsahu rostlinám přístupného fosforu v půdách lesních školek se doporučuje základní hnojení P vynechávat až do doby, než obsah P v půdě poklesne na úroveň „dobrý“ (D). Při úrovni „dobrý“ (D) se doporučuje aplikovat udržovací hnojení fosforečnými hnojivy v dávce cca 15–

Tabulka 1: Kritéria uplatněná v rámci úkolů TH04030346 a TH04030217 při vyhodnocování koncentrací rostlinám přístupného draslíku (K), hořčíku (Mg), vápníku (Ca) a fosforu (P), stanovených extrakcí (metodou) Mehlich III, v minerálních půdách různých zrnitostních kategorií (stanovených podle Novákovy klasifikační stupnice) v zájmových lesních školkách

Slovní označení kategorie obsahu rostlinám přístupných živin v půdách lesních školek	Obsah rostlinám přístupných živin v půdách lesních školek stanovený analytickou metodou Mehlich III (v mg/kg)				
	draslík a hořčík (K a Mg)		vápník (Ca)	fosfor (P)	
	seskupené kategorie půdních druhů podle Novákovy klasifikace				
	(p) a (hp) *	(ph) a (h) *	(p) a (hp) *	(ph) a (h)*	(p) až (h)*
nízký (N)	≤50	≤100	≤1000	≤1100	≤50
vyhovující (VH)	51–100	101–150	1001–1800	1101–2000	51–80
dobrý (D)	101–200	151–300	1801–2800	2001–3300	81–115
vysoký (V)	201–350	301–400	2801–3700	3301–5400	116–185
velmi vysoký (VV)	>350	>400	>3700	>5400	>185

*Pozn. *: Zvolená segmentace dat do půdních druhů odpovídá klasifikačnímu systému podle prof. V. Nováka. Označení půdního druhu symbolem (p) reprezentuje písčité půdy s podílem jílnatých částic v jemnozemi do 10 %; symbolem (hp) se označují hlinito-písčité půdy s podílem jílnatých částic v jemnozemi od 10,1 do 20,0 %; symbolem (ph) se označují písčito-hlinité půdy s podílem jílnatých částic v jemnozemi od 20,1 do 30,0 % a symbol (h) se užívá u hlinitých půd s podílem jílnatých částic v jemnozemi od 30,1 do 45,0 %.*

20 kg P/ha vždy na začátku (zpravidla 2-letého) pěstebního cyklu. U „vyhovujícího“ (VH) obsahu P v půdě činí doporučená dávka fosforečného základního hnojení kolem 25–30 kg P/ha/2 roky. Při úrovni „nízký“ je doporučeno dosycovací hnojení půdy v dávkách kolem 35–40 kg P/ha/2 roky (případně i vyšších) s tím, že realizace je možná teprve po předchozích agromelioračních úpravách (podmínkou je vyhovující výměnné pHCaCl₂, a dobrý obsah humusu).

Podle hodnot obsahu rostlinám přístupných živin K a Mg v půdě, stanovených metodou Mehlich III, jsou doporučovány diferencované dávky těchto živin, a to před zahájením 2-letého pěstebního cyklu PSM. Při nízkém obsahu K, resp. Mg se doporučuje dosycovací hnojení v dávkách nad 140 kg K, resp. 50 kg Mg/ha/2 roky. Podmínkou je úroveň sorpční kapacity půdy nad 160 mmol+/kg, vyhovující hodnota pHCaCl₂ a dostatečný obsah humusu. Pokud tyto podmínky nejsou splněny, používají se nižší hektarové dávky kolem 80–140 kg K. V případě nevhodného poměru K:Mg (zejména při číselném/hmotnostním poměru obsahů těchto prvků >3,2) se doporučuje hnojení K-hnojivou vyloučit), resp. aplikovat 30–50 kg Mg/ha/2 roky. Tyto dávky odpovídají režimu hnojení, které se používá při vyhovujícím obsahu živin v půdě. Část živin doporučených pro 2-letý pěstební cyklus je možné dodat v rámci operativního hnojení dusíkem v průběhu vegetace vícesložkovými

hnojiv. Při dobrém obsahu živin se doporučuje udržovací hnojení 40–80 kg K/ha/2 roky, resp. 20–30 kg Mg/ha/2 roky. Při velmi vysokém či vysokém obsahu se základní hnojení půdy draslíkem a hořčíkem na přechodnou dobu vynechává, a to až do doby, než dojde ke snížení koncentrace prvků na požadovanou úroveň.

Doporučení pro vápnění půd v lesních školkách

K indikaci potřeby vápnění se u zájmových pozemků lesních školek v ČR nejčastěji využívá stanovení hodnot výměnné půdní kyselosti (dnes obvykle ve výluhu půdy roztokem chloridu vápenatého – CaCl₂; dříve za využití chloridu draselného – KCl; jednotkou půdní kyselosti je pH – tzn. „potenciál vodíku“, lat. pondus hydrogenia, angl. potential of hydrogen). Účelem vápnění poté je dosažení a udržení požadovaného optimálního rozpětí hodnot výměnného pH v půdě (ornici) zájmových pozemků. Dávky vápenatých hnojiv jsou určovány především pěstovaným druhem rostlin a bývají diferencovány hlavně s ohledem na zrnitostní složení obhospodařované půdy. Vápnění se obvykle rozlišuje na meliorační a udržovací. Melioračním vápněním se rozumí jednorázové použití vyšší dávky vápenatých hnojiv, které může zvýšit pH půdy na požadovaný stav. Udržovací vápnění má již dosažený žádoucí stav úrovně pH půdy dále stabilizovat.

Praktičtí lesní školkaři při svém rozhodování (vyhodnocování úrovně pH obhospodařovaných půd) obvykle využívají širokou škálu vyhodnocovacích tabulek, jejichž podobu uvádějí četné metodické pomůcky a monografie (např. Podrázský a kol. 2015; Nárovcová a kol. 2016 a jiní). Častým univerzálním řešením (které je snahou vyhovět při úpravě kyselosti půdy hlediskům jak půdního druhu, tak i přizpůsobit se žádané skladbě pěstovaných dřevin) bývají především optimalizace výměnné půdní reakce k idealizované hodnotě, blízké úrovni někde kolem 5,5 pH \pm 0,2 (5,3–5,7 pH/CaCl₂).

Doporučení pro udržení podílu organických látek v půdě

V podmínkách většiny školkařských středisek či podniků v ČR, resp. u pěstitelů PSM se péče o půdu a doplňování organických látek (hnojiv) do půdy ubírá několika hlavními směry: především jde o (1) pěstování kultur zeleného hnojení, dále je to (2) využívání kompostů z vlastní výroby a rovněž dochází (3) k používání alternativních (lokálních a příležitostných) náhradních řešení, jakými je, např. doplňování organické hmoty do půd pomocí slámy (hnojení slámou).

O některých otázkách používání kultur zeleného hnojení v soudobých lesních školkách v ČR bylo již před nedávnem na konferenci Lesné semenárstvo, škóľkarstvo a umelá obnova lesa 2022 referováno (Nárovcová a Němec 2022). Vybrané aspekty péče o půdy ve školkách rozvádí, např. metodické pomůcky (certifikované metodiky – viz Nárovcová a kol. 2016, 2021, 2022 aj.), které lze vyhledat na webovém archivu edice Lesnických průvodců na serveru Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti (<https://www.vulhm.cz>), popř. je popisují další práce autorů příspěvku (např. Nárovcová a Nárovec 2022, Hreus a kol. 2023).

Tabulka 2: Doporučené dávky mletých vápenců (v t/ha) při udržovacím a melioračním vápnění produkčních školkařských ploch rozdílného půdního druhu (klasifikovaného podle Novákovy stupnice) na pozemcích společnosti Lesoškolky s. r. o. Rečany nad Labem

Doporučená opatření pro stabilizaci a úpravu výměnné půdní reakce v orničním profilu minerálních půd v lesních školkách	Půdní druh dle kategorií *		
	(p)	(hp)	(ph; h)
	Dávka aplikovaného mletého vápence (CaCO ₃) (v t/ha)		
Vynechání vápnění +	-	-	-
Udržovací vápnění ++	0,75	0,75	1,00
Meliorační vápnění +++	1,25 (2,00)	1,50 (2,25)	2,00 (3,00)
Max. jednorázová dávka vápnění ****	2,00	2,80	3,40

Pozn. *: Označení půdních druhů symbolem podle tabulky 3-1.

Indexy +/++/+++ /++++:

- + - nevápní se tehdy, obsahuje-li půda více než 0,3 % uhličitani, popř. je-li výměnná půdní reakce >5,8 pH/KCl u písčitých půd, >6,0 pH u hlinitopísčitých půd a >6,2 pH u písčitohlinitých půd;
- ++ - udržovací vápnění se provádí vždy po ukončení hlavního pěstebního cyklu, tj. zpravidla v 2letém intervalu; jeho účelem je stabilizovat (udržet) stávající hodnotu výměnného pH půdy (resp. vykrývat dílčí ztráty vápníku z orničního půdního profilu např. vyluhováním);
- +++ - při melioračním vápnění je účelné meliorační dávku mletých vápenců sloučit do jednorázové aplikace spolu s dávkou udržovací, avšak jen do té míry, aby nebyla překročena maximální doporučená jednorázová dávka vápnění. Údaje v závorce platí v případě, kdy aplikace (dávka) melioračního vápnění se slučuje s dávkou udržovacího vápnění;
- ++++ - u mletých vápenců, dolomitických vápenců, vápnitých dolomitů a dolomitů, které zpravidla vždy obsahují více než 65 % CaCO₃ a MgCO₃ dohromady, je maximální aplikační dávka omezena na 3,40 tuny/ha/rok; v případě použití hnojiv typu „vápno vzdušné bílé“, resp. „vápno vzdušné dolomitické“, která obsahují nejméně 55 % CaO + MgO, se uvedená maximální roční aplikační dávka dále snižuje na polovinu, tj. na 1,70 tuny/ha/rok.

Dedikace

Přednášku si vyžádalo Združení lesných škôlkarov Slovenskej republiky. Osnova práce vznikala v květnu 2024 v rámci finanční podpory ministerstva zemědělství ČR na dlouhodobý rozvoj výzkumné organizace (MZE-RO0123). Příspěvek je souběžně připomenutím i implementací inovačních projektů TH04030217 (Hnojiva se zeolity pro lesní hospodářství) a TH04030346 (Optimalizace systémů hnojení a hospodaření na půdách lesních školek – druhá etapa), řešených v letech 2019-2022 na Výzkumné stanici Opočno s finanční podporou Technologické agentury České republiky.

Literatura

- Dušek V. 1997: Lesní školkařství – základní údaje. 1. vydání. Písek, Matice lesnická: 139 s.
- Hreus S., Nárovec V., Nárovcová J. 2023: Vybrané aspekty zúrodnování půd v lesních školkách pomocí bazických silikátových hornin. In: Kostelníková J. (ed.):

- Aktuální problematika lesního školkařství ČR v roce 2023. Sborník příspěvků ze semináře. Třemošnice – Starý Dvůr, 7. června 2023. Čáslav, Sdružení lesních školkařů ČR: 14-17.
- Kupčák V. 2004: Ekonomická komise odboru lesního hospodářství České akademie zemědělských věd v roce 2003. Lesnická práce, 83 (4): s. 190.
- Leugner J. 2024: Obnova kalamitních ploch. Prostředek pro adaptaci nově vznikajících lesů na klimatickou změnu. Vesmír, 103 (1): 36-37. – ISSN 0042-4544.
- Mauer O. 1998: Standardy sadebního materiálu lesních dřevin. In: Řešátko M., Jurásek A., Mauer O. et al. (eds): Kvalita reprodukčního materiálu lesních dřevin. Sborník přednášek. České Budějovice, MVDr. Václav Prokop – INPROF (Institut podnikatelského vzdělávání): 51-56.
- Nárovcová J., Nárovec V. 2016: Zjišťování parametrů půdní úrodnosti v lesním školkařství České republiky. In: Sušková M. (ed.): Lesné semenárstvo, škôlkarstvo a umelá obnova lesa 2016. Zborník príspevkov. Liptovský Ján, 22. a 23. júna 2016. Snina, Združenie lesných škôlkarov Slovenskej republiky 2016: [nestr.].
- Nárovcová J., Nárovec V. 2022: Vybrané aktivity Výzkumné stanice Opočno na úseku inovací systémů hnojení půd v lesních školkách. In: Kostelníková J. (ed.): Aktuální problematika lesního školkařství ČR v roce 2022. Sborník příspěvků. [Kutná Hora, 7. září 2022]. Čáslav, Sdružení lesních školkařů ČR: 46-51.
- Nárovcová J., Nárovec V., Němec P. 2016: Optimalizace hnojení a hospodaření na půdách lesních školek. Certifikovaná metodika. 1. vydání. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 60 s. – Lesnický průvodce 7/2016.
- Nárovcová J., Nárovec V., Němec P. 2021: Metodická doporučení pro pěstování kultur zeleného hnojení v lesních školkách. Certifikovaná metodika. 1. vydání. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 62 s. – Lesnický průvodce 6/2021.
- Nárovcová J., Nárovec V., Němec P. 2022: Optimalizace systémů hnojení a hospodaření na půdách lesních školek. Certifikovaná metodika. 1. vydání. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 59 s. – Lesnický průvodce 6/2022.
- Nárovcová J., Němec P. 2022: Pěstování vybraných kultur zeleného hnojení v lesních školkách. In: Sušková M. (ed.): Lesné semenárstvo, škôlkarstvo a umelá obnova lesa 2022. Zborník príspevkov. Liptovský Ján, 29. – 30. 6. 2022. Liptovský Mikuláš - Ilanovo, Združenie lesných škôlkarov Slovenskej republiky: [nestr.].
- Nárovec V. 2017: Východiska pro návrhy soustav hnojení a hospodaření na půdách lesních školek. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 80 s. – ISBN 978-80-7458-093-2.
- Nárovec V. 2022: Kapitoly o sazenicích a půdách v lesních školkách. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 204 s. – ISBN 978-80-7458-140-3 [print-verze].
- Němec P. 2015: Kvantifikace udržitelnosti půdní úrodnosti pomocí metod termodynamické a informační teorie. [Studie]. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 54 s.

- Podrázský V., Šrámek V., Baláš M., Bílek L. 2015: Výživa a hnojení lesních porostů. [Učební texty]. 1. vydání. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze: 91 s.
- Rejšek K. 2018. Výživa rostlin a hnojení půd. In: Rejšek K., Vácha R. 2018. Nauka o půdě. 1. vydání. Olomouc, Agripriint: 344-350.
- Sánka M., Materna J. 2004: Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. 1. vydání. Praha, Ministerstvo životního prostředí v edici Planeta, 2004, 12 (11): 1-84. – ISSN 1213-3393.
- Simanov V. 2022: Dějiny lesnictví. 1. vydání. [Praha], Národní zemědělské muzeum: 1192 s. – ISBN 978-80-88270-27-0.
- Smatanová M. 2020: Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2017 až 2022. [Metodický pokyn č. 01/AZZP]. 1. vydání. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 26 s.
- Svoboda J., Dohnanský T., Kotek K., Lidický V., Morávek F., Novák J., Půlpán L., Šimerda L., Tesař V. 2015: Program trvale udržitelného hospodaření v lesích. 1. vydání. Hradec Králové, Lesy České republiky: 71 s.
- Tomáš J. 2011: Chemické laboratoře a jejich služby pro lesní školkařství. Vyhodnocení výsledků půdních rozborů. In: Foltánek V. (ed.): Péče o půdu v lesních školkách. Sborník referátů. Česká Skalice, 6. září 2011. Brno, Tribun EU: 78-84.
- Válová I. 2022: EU končí s dobrovolností, cíle obnovy biologické rozmanitosti budou kompletní a nařízením právně závazné. In: Ceska-justice.cz. [online]. Publikováno 12. 10. 2022. Dostupné na World Wide Web: <https://www.ceska-justice.cz/2022/10/eu-konci-s-dobrovolnosti-cile-obnovy-biologicke-rozmanitosti-budou-komplexni-a-narizenim-pravne-zavazne/> [cit. 2024-05-06].

Použité latinské zkratky

cf. lat. *confer* (ve významu *srovnej*)

ibid. lat. *ibidem* (ve významu *tamtéž*)

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

POUŽITÍ OBNOVITELNÝCH KOMPONENTŮ A ANTAGONISTICKÝCH MIKROORGANISMŮ V PĚSTEBNÍCH SUBSTRÁTECH

Zbyněk Slezáček

Abstrakt

Vývoj v profesionálních substrátech se přibližně za posledních 8 let vydal směrem k použití obnovitelných komponentů, které nahrazují část rašeliny za účelem snížení uhlíkové stopy. Aktuální zkušenosti s použitím zejména dřevních vláken a cocopeatu (kokosového substrátu) ukazují, že lze bez problému nahradit až 50% rašeliny, aniž by došlo ke snížení kvality rostlin. Naopak, řada surovin zlepšuje fyzikální vlastnosti substrátů, např. jejich vzdušnou kapacitu. Antagonistické mikroorganismy (houby a bakterie) mají několik mechanismů účinku. Posilují obranyschopnost rostlin vůči patogenům a zlepšují jejich odolnost vůči stresu. Osvědčily se např. v boji proti padání semenáčků v plnosíjích smrku.

Klíčové slová

antagonistické mikroorganismy, Bacillus, cocopeat, CO₂, dřevní vlákna, komponenty, Lignofibre, obnovitelné, stopa, Trichoderma,

Rašelina jako fosilní surovina

Rašelina je považována z hlediska délky lidského života za neobnovitelnou. Při jejím vzniku dochází k navázání velkého množství CO₂ do organické hmoty, které se při jejím rozkladu uvolní zpět do atmosféry. Zatímco poutání CO₂ trvalo 5-10 tisíc let, k jeho uvolnění dojde během několika měsíců až let. Rašelina je základní složkou profesionálních substrátů na evropském kontinentu. Poskytuje vhodné fyzikální vlastnosti, má velmi nízký obsah živin a nízké pH, které lze snadno upravit vápencem. Proto byla po řadu desetiletí používána jako výhradní nebo majoritní komponent pro výrobu substrátů.

Obnovitelné komponenty

Obnovitelné komponenty mají výrazně nižší uhlíkovou stopu ve srovnání s rašelinou. Jsou obnovitelné v krátkém časovém horizontu několika až desítek let. Patří sem zejména dřevní vlákna, kokosové produkty, kompost a kompostovaná kůra, piniová kůra, rýžové a špaldové plevy. Mezi náhradu za rašelinu se také počítají expandované materiály perlit a keramzit.

Některé evropské státy v rámci programu dosažení uhlíkové neutrality zahrnuly do svého národního programu i cílené snížení obsahu rašeliny v substrátech.

Např. v Německu aktuálně probíhá několik programů na zjištění možnosti snížení obsahu rašeliny v substrátech, aniž by došlo k omezení konkurenceschopnosti zahradnického a školkařského segmentu. Jedná se o projekty TosBa (pro školkařské substráty), TerZ (pro okrasné rostliny) apod. Množství CO₂, které se uvolní do atmosféry při rozkladu 1 kamionu rašeliny (ca. 100-140 m³), odpovídá CO₂, které by vypustilo osobní auto při objetí zeměkoule přibližně 2,5x.

Dalšími důvody k použití obnovitelných surovin je déletrvající nedostatek rašeliny. Ten je způsobený jak deštivými léty 2021 a 2022 tak i vysokou poptávkou po rašelině nejen ze strany evropských pěstitelů, ale i ze strany asijských států. Dalším důvodem je nedostatek bílé borkované rašeliny frakce 10-20 a 20-40 mm. Jejím velkým zdrojem byla rašeliníště v okolí Kaliningradu (Rusko). Z důvodu války s Ukrajinou se odsud rašelina od března 2022 nedováží. V pobaltských státech je dostupnost hrubé borkované rašeliny nedostatečná a německá rašeliníště nestíhají pokrýt poptávku.

Dřevní vlákna LIGNOFIBRE®

Jedná se o broušená vlákna ze smrkového příp. borového dřeva impregnovaná proti fixaci dusíku. Vlákna prošla dlouhým vývojem, díky kterému vznikly bezpečné komponenty do substrátů. Základním požadavkem je odolnost vůči fixaci dusíku, která se zajistí impregnací organickým dusíkem, přidáním dusíkatého hnojiva do substrátu, příp. kombinací obojího. V zahraničí existuje certifikace, která stanoví požadavky na kvalitu, zejména mineralizaci dusíku. Např. LIGNOFIBRE® jsou vlákna certifikovaná podle německého GGS/RAL.

Délka vláken určuje jejich drenážní schopnost. Gramoflor GmbH & Co. KG má 5 druhů vláken, která lze do jedné receptury navzájem kombinovat, a tím docílit optimálních fyzikálních vlastností. Hrubý Lignofibre výborně drenážuje, nejjemnější vlákna drží vodu podobně jako černá rašelina.

Lignofibre jsme do školkařských substrátů v České republice poprvé otestovali v roce 2014. S ohledem na výborné výsledky jsme v následujících letech rozšířili seznam školek, do kterých jej vozíme. Současně jsme krok po kroku zvyšovali jeho podíl v substrátu. Za 8 let zkušeností můžeme konstatovat, že se jedná o komponent, kterým lze zlepšit fyzikální vlastnosti rašeliny a současně snížit cenu substrátu. Drenážní schopnost substrátu lze zlepšit i jinými surovinami, ale Lignofibre je bezkonkurenčně nejlevnějším řešením. V roce 2022 používáme např. do plnosíjí jehličnanů standardně 30 % a do plnosíjí listnáčů 40-50 % Lignofibre. Ani v jednom případě to není na úkor kvality, právě naopak. Např. u plnosíjí smrku zlepšuje hrubý Lignofibre odvod přebytečné vody, zabraňuje přemokření a usnadňuje přísun kyslíku ke kořenům. Semenačky jsou zdravější, vyrovnanější a mají bohatší kořenový systém, díky kterému se lépe ujímají po vyškolování. Plnosíje buku ve vzdušném substrátu netvoří kulový kořen ale bohatě do stran větvený kořenový systém.

V případě krytokořenné sadby je limitujícím faktorem sypkost substrátu, neboť vysoký podíl vláken ucpává plnicí linku. Bezpečný podíl je 15 % vláken. Pokusy

v minulých letech dokázaly, že krytokořenné buky v substrátu s Lignofibre mají lepší přírůstky a vyšší výtěžnost z plochy než kontrolní porost bez Lignofibre. Další vlastností dřevních vláken je lepší osychání povrchu substrátu.

Nevýhodou Lignofibre je fakt, že funguje jen 1 vegetační sezónu, následně dochází k jeho rozkladu. U volně ložených substrátů mohou urychlit samovolné zahřívání. Dřevní vlákna jsou součástí téměř všech bezrašelinových substrátů. Např. pro okrasné stromy v arbotaskách se výborně osvědčil substrát s 50% podílem Lignofibre. Používají jej velké školky pro široký sortiment listnatých stromů.

Cocopeat

Jedná se o rozemleté oplodí kokosové palmy, je vedlejším produktem při výrobě potravin. Dováží se z Indie a Srí Lanky a vlastnostmi se nejvíc blíží rašelině. Cocopeat se rozkládá výrazně pomaleji než dřevní vlákna a fyzikální vlastnosti si zachová po dobu několika let, díky čemuž stabilizuje vzdušnou kapacitu substrátu. Současně má i přiměřenou vodní kapacitu. Před použitím do substrátů se musí zbavit sodíku, chlóru a celkového zasolení. Právě s ohledem na obsah těchto prvků se v Německu rozlišuje různá kvalita suroviny. Označení Cocopeat Typ 30, 60 a 100 znamená jeho % použití do substrátů. Typ 100 je nejčistší produkt, který lze použít jako samostatný substrát např. pro hydroponické pěstování. Cocopeat přirozeně obsahuje vysoký podíl draslíku, ten ale zpravidla nepůsobí žádné problémy v kultuře.

Cocopeat se výborně osvědčil např. do plnosíjí smrku v podílu 20-30 %, jeho jedinou nevýhodou je vysoká cena. Cocopeat usnadňuje smáčivost substrátu (příjem vody v případě přeschnutí), proto se přednostně používá např. do obalů pro jehličnany v podílu 8-20 %. Díky jeho jemné struktuře okolo do 3 mm nečiní problémy při strojovém plnění sadbovačů. Cocopeat by v profesionálních substrátech našel výrazně vyšší uplatnění, brání tomu jeho vysoká cena podtržená vysokou cenou lodní dopravy ze středního východu.

Kokosová vlákna

Jsou stejně jako cocopeat vedlejším produktem při získávání potravin – kokosu. Před použitím do substrátů se musí zbavit chloru, sodíku a nadbytečných solí. V substrátech se používají v podílu 5-20 %, mají vysokou drenážní schopnost, tvoří skelet substrátu, který zajišťuje odvod přebytečné vody po dobu několika let. Jejich čtenějšímu použití do substrátů brání vysoká cena.

Kompost a kompostovaná kůra

Komposty přirozeně obsahují vysoký podíl draslíku (asi 1.500 mg/litr), mají vysoký obsah solí a vysoké pH. To limituje jejich použití do substrátů zejména u citlivých kultur. Do substrátů lze použít jen hotové komposty v pátém stupni zralosti. Komposty zásadně zvyšují vodní kapacitu substrátu. Komposty mohou sloužit jako bohatý zdroj mikroorganismů do substrátu. Kompost má dobrou pufrací schopnost a zabraňuje prudkým výkyvům pH.

Již 10 % podíl kompostu v substrátu zpomaluje rychlost zakořenění a snižuje

přírůstky např. u prostokořenných buků (veškeré prostokořenné taxony jsou citlivé na zasolení). Osobně komposty do školkařských substrátů nepoužívám.

Kompostovaná kůra je strukturně zajímavý materiál s přibližně polovičním obsahem draslíku v porovnání s kompostem. Nemá tak vysoký obsah solí a vysoké pH jako kompost, proto je vhodnější pro použití do substrátů. Je dobrým zdrojem mikrobiálního osídlení. Její nevýhodou je vysoká cena, způsobená vysokou pracností a omezenou dostupností.

U některých taxonů lze zlepšit přírůstky a docílit lepší barvy rostlin použitím 15 % podílu kompostované kůry. Kompostovaná kůra bývá součástí bezrašelinových substrátů, samostatně se používá rovněž jako mulčovací materiál proti růstu plevelů. Osobně kompostovanou kůru do školkařských substrátů nepoužívám výhradně kvůli její vysoké ceně.

Piniová kůra

Piniová kůra je dobrým komponentem pro hrubé školkařské substráty do velkých kontejnerů, zejména pro víceleté pěstování taxonů citlivých na přemokření. Tvoří vzduchové kapsy, které zabraňují přelití. Piniová kůra nepodléhá rychlé degradaci a v substrátech plní drenážní schopnost po dobu několika let. Používá se v různých zrnitostních frakcích. Osobně ji používám jen pro roubované borovice a několik málo dalších taxonů citlivých na přemokření. Jejím širšímu použití brání vysoká cena.

Rýžové a špaldové plevy

Plevy jako odpadní materiál lze použít jak čerstvé, tak i kompostované. Čerstvé plevy se musí zbavit klíčivých obilek propařením. Kompostováním lze získat kvalitní materiál vlastnostmi podobný rašelině. Nevýhodou je celková dostupnost těchto materiálů a v příp. kompostování i potřeba dostatečného zázemí a vysoká pracnost. Čerstvé plevy se v substrátech používají jako materiál zlepšující strukturu a vzdušnou kapacitu v podílu 10-20 %. Kompostované plevy lze použít v podílu 30-50 %, aniž by měly jakýkoli negativní dopad na růst rostlin. Jsou výborným obnovitelným komponentem, jejich širšímu využití brání omezená dostupnost.

Perlit a keramzit

Jedná se o expandované materiály s výraznou drenážní schopností a malou vodní kapacitou. Zejména perlit se používá např. u krytokořenného buku pro zlepšení vzdušné kapacity v podílu 10-15 %. Stejný podíl se používá i v příp. pěstování jehličnanů v obalech. Perlit ani keramzit neuvolňují žádné živiny, nemají pufruční schopnost a jedná se tedy o čistou drenáž. Keramzit se používá do hrubších substrátů např. ve frakci 2-6 mm, již v podílu 8-10 % zásadně urychluje odvod přebytečné vody.

Shrnutí

S řadou obnovitelných komponentů máme za posledních 8-10 let výborné zkušenosti. Jejich správně zvoleným poměrem lze docílit lepších pěstebních výsledků a kvalitnějších sazenic než v čistě rašelinových substrátech. Aktuálně je používají desítky školkařů do celé řady kultur. Pokud jejich podíl nepřekročí 40-50

%, nemusí školkař upravovat hnojení ani závlahový režim. Při podílu obnovitelných komponentů nad 50 % je zpravidla nutné zvýšit dávky hnojení (zejména dusíkem) a zvýšit četnost závlahy. Extrémem jsou 100 % bezrašelinové substráty, které lze využít jen pro část taxonů, nelze je tedy použít do všech kultur. Zpravidla jsou i výrazně dražší než substráty se sníženým podílem rašeliny.

Nevýhodou obnovitelných komponentů je jejich omezená dostupnost. Ne všechny jsou k dispozici ve velkých objemech, příp. se vyskytují jen lokálně (např. rýžové a špaldové plevy). Dalšími nevýhodami je nedostatek zkušeností s některými z nich, některé nelze použít univerzálně (kompost), některé nemají žádnou pufrační schopnost (dřevní vlákna), příp. může docházet poklesu pH v průběhu pěstování (cocopeat).

Některé předpovědi kalkulují s 2-4násobným nárůstem poptávky po substrátech do roku 2050 oproti roku 2020. Tuto globálně rostoucí poptávku po substrátech nelze uspokojit pouze rašelinou. Zejména když hrozí postupné utlumování těžby rašeliny v některých evropských státech z čistě politických důvodů. I to je zásadní důvod, proč je používání obnovitelných komponentů v substrátech nezbytností.

Zkušenosti a použitím antagonistických mikroorganismů

Antagonistické mikroorganismy patří mezi rostlinné biostimulanty, nejedná se o přípravky na ochranu rostlin. Patří sem jak houby (např. rodu *Trichoderma*), tak bakterie (např. *Bacillus* ze skupiny PGPR – plant growth promoting rhizobacteria). Tyto skupiny mikroorganismů mají několik mechanismů účinku, mezi hlavní patří indukovaná rezistence. Jedná se o systémovou odpověď rostlin na přítomnost užitečných mikroorganismů v rhizosféře.

Hlavním mechanismem účinku je posílení vlastní obranyschopnosti rostlin a aktivace jejich imunitního systému. Takto posílené rostliny se dokáží s tlakem patogenů samy vypořádat, což jde ruku v ruce s nižší spotřebou fungicidů. Řadě fungicidních přípravků navíc končí registrace. Současná změna klimatu např. vysoké letní teploty nahrávají patogenům, oslabené semenáčky jsou náchylnější na houbové choroby.

Antagonistické mikroorganismy jsou tak slibnou nadějí pro školkaře. Vedlejším, ale pozitivním účinkem je zvýšení odolnosti rostlin vůči abiotickému stresu. Rostliny lépe snáší přesazování, kolísání teplot včetně přímrazků, přísušky, změnu intenzity osvětlení apod. Lépe regenerují po již prodělaném stresu.

PGPR bakterie nejsou primárním zdrojem živin, ale zlepšují efektivitu využívání živin rostlinami. Některé umí poutat vzdušný dusík a zpřístupnit jej rostlinám, jiné uvolňují fosfor a draslík z pevných vazeb. Umožňují tak dosáhnout stejného nebo lepšího výnosu a současně snížit dávku hnojiv o desítky %. Některé kmeny mikroorganismů rovněž podporují rychlost zakořenění a tvorbu postranních kořenů, čímž rovněž přispívají k lepší kvalitě rostlin.

Již několik let zkouší školkaři přípravky na bázi antagonistických hub a bakterií MO VITAL. Osvědčil se např. v plnších smrku v boji proti padání semenáčků. Porosty ošetřené přípravkem MO VITAL mají díky indukované rezistenci prokazatelně nižší úhyn semenáčků na houbové patogeny než neošetřené porosty. Nejlepších výsledků lze docílit integrovanou ochranou. Od dubna do konce června lze odolnost rostlin podpořit opakovanou aplikací antagonistických hub

a bakterií, od dosažení zápoje (zpravidla od zač. až pol. července s ohledem na termín výsevu a hustotu porostu) jsou pod chemickou ochranou. Výhodou použití mikroorganismů v raném stádiu vývoje je fakt, že rostliny nemusí spotřebovávat energii na odbourání pesticidů. Po aplikaci fungicidu semenáčky na 2-3 dny zastaví růst, po aplikaci biologické ochrany nikoli. Výsledkem je statisticky významný rozdíl v délce semenáčků o 2 nebo i více centimetrů.

Pokusy ukázaly, že množství vypěstovaných semenáčků je srovnatelné, ale kvalita semenáčků je lepší v případě použití antagonistických hub a bakterií. Dobrých pěstebních výsledků lze pomocí mikroorganismů docílit i v místech promořených patogenními mikroorganismy (Pythium, Alternaria, Cylicodrocarpon). Pokud však podmínky prostředí nahrávají rozvoji patogenů (vysoká půdní a vzdušná vlhkost, nízký rosný bod, kolísavé teploty), potom jejich rozvoji nezabrání ani fungicidy, ani antagonistické mikroorganismy. Např. v podmáčených záhonech má ochrana jen omezený účinek, neboť nadbytek vody snižuje obsah půdního vzduchu a oslabené semenáčky snadno podlehnou patogennímu tlaku.

Antagonistické mikroorganismy je správné aplikovat v ranních nebo večerních hodinách zálivkou a jejich populaci v půdě a substrátu podpořit každých ca. 14 dní dodatečnou aplikací. Četnější aplikací lze docílit lepších výsledků, neboť populace mikroorganismů v substrátu a v půdě se velmi rychle mění. A to jak vlivem okolních faktorů (teplota, vlhkost), tak skutečností, že fytopatogenní houby mají vysokou míru agresivity a širokou ekologickou amplitudu.

Zajímavých výsledků bylo dosaženo v případě inkrustace (moření) osiv antagonistickými mikroorganismy. Bylo dosaženo statisticky významného zvýšení energie klíčení u řady taxonů a to až o desítky %. Tohoto poznatku by se dalo využít např. v nesemenných rocích a v případě použití starších např. zamražených osiv s kolísavou klíčovostí a nízkou energií klíčení.

Je správné uvést zde i přípravek POLYVERSUM (účinnou látkou je Pythium oligandrum), který je jako jediný registrovaným fungicidem (ostatní přípravky jsou uváděny na trh jako rostlinné biostimulanty).

Na český trh aktuálně přichází nový přípravek na bázi antagonistických bakterií PENTACIL®, který je až 20x koncentrovanější než jiné dostupné přípravky. Dává slibné výsledky u řady zahradních plodin a bude zajímavé jej vyzkoušet do lesních kultur.

Použité zkratky

GGG/RAL německy *Gütegemeinschaft Substrate für Pflanzen e.V./Reichsausschuss für Lieferbedingungen und Gütesicherung* (nyní *Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung*)

GmbH & Co. KG německy *Gesellschaft mit beschränkter Haftung & Compagnie Kommanditgesellschaft*

Adresa autora:

Ing. Zbyněk Slezáček, MSc.

Gramoflor GmbH & Co.KG

E-mail: zbynek.slezacek@substraty.info

Obrazová příloha příspěvku:



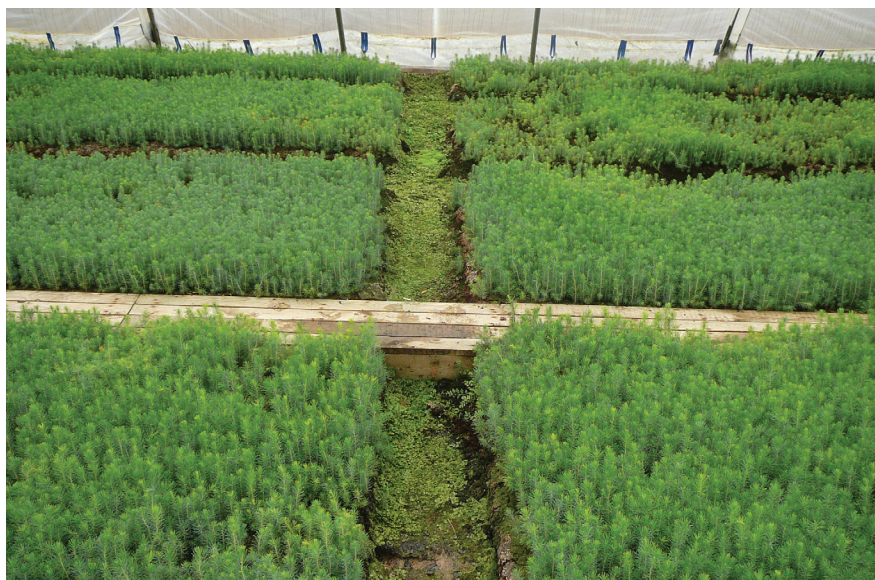
Obr. 1: Semenáčky smrku, detail: semenáčky smrku, vlevo konvenční substrát, vpravo s 20 % Lignofibre



Obr. 2: Semenáčky smrku, srovnání: semenáčky smrku, vlevo substrát s 20 % Lignofibre a 20 % cocopeatu, vpravo konvenční



Obr. 3: *Semenáčky smrku, porost: Semenáčky smrku, celkový porost v substrátu s 30 % Lignofibre*



Obr. 5: *Semenáčky smrku, MO VITAL: semenáčky smrku, vlevo ošetřené antagonistickými mikroorganismy (přípravek MO VITAL), vpravo pod fungicidní clonou*



Obr. 4: Buk obal: vyříděný krytokořenný buk v substrátu s 20 % Lignofibre

NIKTORÉ POZNATKY Z GENETICKÝCH ANALÝZ VYBRANÝCH PORASTOV DUBA ZIMNÉHO (*Quercus petraea* (Mattusch.) Liebl.) A DUBA ŽLTKASTÉHO (*Quercus dalechampii* Ten.) NA SLOVENSKU

Ute Tröber, Dirk-Roger Eisenhauer, Miriam Sušková

Abstrakt

Spolahlivé zásobovanie lesníckej praxe vhodným a vysoko kvalitným reprodukčným materiálom sa pod vplyvom klimatických zmien stáva čoraz väčšou výzvou pre Saské štátne lesy (ďalej len „SBS“), vyslovene u dubov. Spolupráca Odštepného závodu Semenoles (LESY Slovenskej republiky, š. p.) a Kompetenčného centra pre lesy a lesníctvo SBS sa zaoberá otázkou, do akej miery reprodukčný materiál zo slovenských zdrojov môže byť vhodný do saských pomerov. V prvom kroku sa vybrali dubové porasty na testovanie v praktických pokusných výsadbách v Sasku. Výber a pokusy sprevádzajú genetické analýzy, ktorých prvé výsledky sú prezentované v príspevku.

Kľúčové slová

duby, genetické analýzy, lesný reprodukčný materiál, uznané porasty

Úvod

Dub letný (*Q. robur* L.) a dub zimný (*Q. petraea* (Mattusch.) Liebl.), ako domáce dreviny Saska, zohrávajú významnú úlohu pri obnove a ekologickej prestavbe lesa.

V posledných rokoch sa čoraz častejšie prejavuje nedostatok lesného reprodukčného materiálu z domácich porastov uznaných pre zber semien. Na jednej strane je to tým, že dubové porasty plodia pomerne zriedkavo a nepravidelne. Na druhej strane suché letá v ostatných rokoch spôsobili narušenie vývoja a dozrievania žaludov, čím sa znížilo množstvo a kvalita osiva.

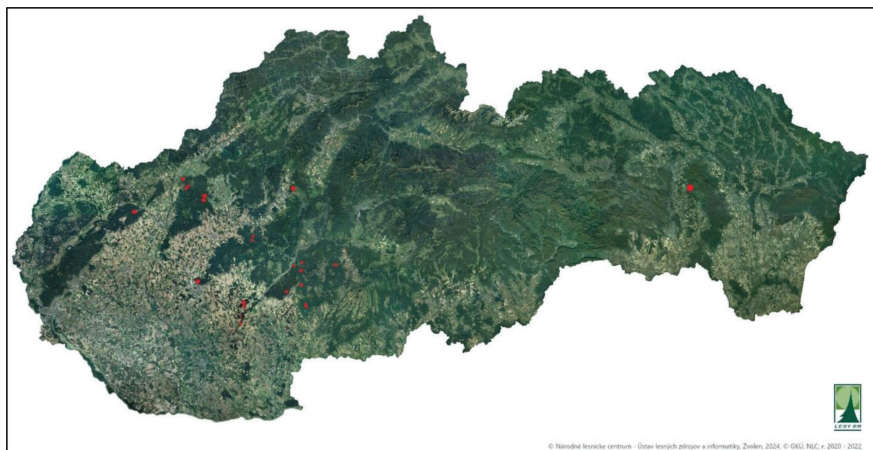
V spolupráci Odštepného závodu Semenoles (LESY Slovenskej republiky, š. p.) a Kompetenčného centra SBS boli posúdené dubové porasty na Slovensku. V rokoch 2021 a 2022 sa zozbierali vzorky listov na genetické analýzy. Na základe ich výsledkov sa skontrolovalo priradenie druhov a posúdili sa genetické štruktúry. Cieľom štúdie je predbežný výber porastov, ktoré by mohli mať potenciál pre saské stanovištné pomery aj pod vplyvom klimatických zmien. Potomstvo niektorých z týchto porastov sa testuje v praktických pokusných výsadbách v Saských štátnych lesoch.

Materiál a metódy

Pri obhliadke porastov boli odobraté vzorky listov celkovo z 23 porastov, z toho 19 je priradených k dubu zimnému (*Q. petraea*) a 2 k dubu žltkastému (*Q. dalechampii*) podľa slovenského národného zoznamu zdrojov LRM. Okrem toho boli zohľadnené dva fenotypovo dobré, ale neuznané porasty (obr. 1, tab. 1).

Z porastov boli odobraté vzorky listov v počte od 5 do 19 rôznych jedincov (spolu 245) a tieto boli následne vysušené. Na genotypizáciu sa použilo 20 jadrových (nSSR) mikrosatelitných markerov (tab. 2), ktoré boli vybrané tak, aby bola zabezpečená porovnateľnosť s výsledkami iných publikovaných štúdií (napr. Mačejovský et al. 2020, Dvořák et al. 2022, Eusemann & Liesebach 2021, Guichoux et al. 2011).

Na vyhodnotenie sa ako referenčné súbory použili dve vzorky semien duba letného, ktoré už boli zozbierané skôr v Sasku a skúmané na rovnaké markery.



Obr. 1: Prehľad skúmaných porastov

Výsledky boli vyhodnotené pomocou programov GenAlex 6.5 (Peakall & Smouth 2006, 2012) a Structure 2.3.4. (Pritchard et al. 2000, 2009), pre ktoré sa potrebné dáta pripravovali pomocou softvéru Convert (Glaubitz 2004). Pomocou Structure sa v modelovej bayesovskej zhlukovej analýze kvantifikujú proporcie genetickeho zloženia pre všetky genotypy, na základe ktorej sú individuálne priradené k vopred určenému počtu zhlukov (geneticky podobných skupín). Na analýzu sa použili nasledujúce predpoklady: medzi populáciami existuje genetická výmena („admixture model“) a frekvencie alel korelujú („correlated allele frequency model“). Na základe predbežného skúmania sa odhad pre jeden až desať zhlukov ($K=1$ až $K=10$) vykonal v desiatich cykloch, z ktorých každý pozostával z 10 000 krokov „burn in“ a 10 000 krokov pre skutočnú simuláciu. Výsledky tejto simulácie boli spracované pomocou online verzie programu Structure Harvester

Tab. 1: Prehľad vzoriek (* podľa slovenského národného zoznamu zdrojov LRM)

Vzorka	Číslo vzorky	Počet jedincov	Drevina*	SO	LVS	LHC	Kategória
L1_Bohunice	1	17	Q. petraea	1	3	Bohunice	Selektovaný
L2_Bohunice	2	16	Q. petraea	1	2	Bohunice	Selektovaný
L3_Devicany	3	13	Q. petraea	1	2	Devičany	Selektovaný
L4_Čifáre	4	12	Q. petraea	1	1	Čifáre	Selektovaný
L5_Čifáre	5	12	Q. petraea	1	1	Čifáre	Selektovaný
L6_Čifáre	6	6	Q. petraea	1	1	Čifáre	Selektovaný
L7_Čifáre	7	11	Q. petraea	1	1	Čifáre	Selektovaný
L8_Pukanec	8	5	neuznaný				
P1_Prievidza	9	12	Q. petraea	1	3	Prievidza	Selektovaný
P2_Partizánske	10	19	Q. petraea	1	3	Partizánske	Selektovaný
P3_Partizánske	11	17	Q. petraea	1	3	Partizánske	Selektovaný
P4_Topolcany	12	8	Q. petraea	1	3	Topoľčany	Selektovaný
T1_Patrovec	13	6	Q. petraea	1	2	Patrovec	Selektovaný
T2_Kocovce	14	8	Q. petraea	1	2	Kočovce	Selektovaný
W1_Zobor	15	7	Q. petraea	1	2	Zobor	Selektovaný
W2_Zobor	16	9	Q. petraea	1	2	Zobor	Selektovaný
Z1_Dobrá_Niva	17	10	Q. petraea	1	3	Dobrá Niva	Selektovaný
Z2_Žarnovica	18	12	Q. petraea	1	3	Žarnovica	Selektovaný
Z3_Žarnovica	19	17	Q. petraea	1	3	Žarnovica	Selektovaný
Kokošovce	20	6	Q. petraea	2	2	Solivar	Selektovaný
S1_Vrbové	21	9	Q. dalechampii	1	2	Vrbové	Selektovaný
S2_Vrbové	22	8	Q. dalechampii	1	2	Vrbové	Selektovaný
S3_Vrbové	23	5	neuznaný			Vrbové	

(Earl & von Holdt 2012) založeného na „Evanno-Methode“ (Evanno et al. 2005) s cieľom zistiť počet reprodukčných skupín (K), ktoré najlepšie odráža genetickú variáciu genotypov.

Výsledky

Pôvodne skúmaný marker QrZAG7 nebol hodnotený kvôli ťažkostiam s priradovaním alel.

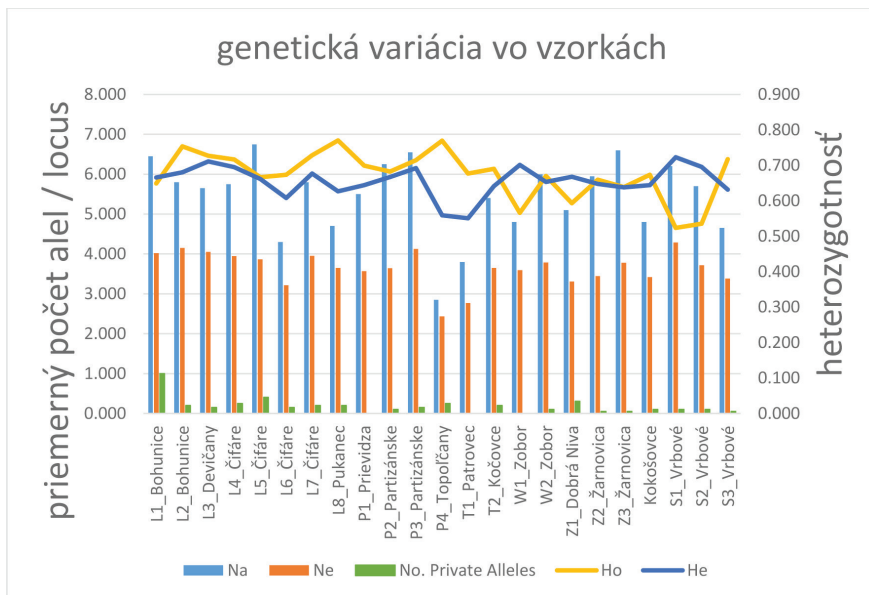
Na 20 hodnotených markeroch sa zistilo celkovo 344 alel, medzi 6 a 32 alelami na marker. Vzhľadom na veľmi malý počet vzoriek z niektorých populácií nemožno použiť výsledky na stanovenie štatisticky spoľahlivých hodnôt populačnej

Tab. 2: Priradenie použitých molekulárno-genetických markerov k reakciám PCR (multiplexom)

Multiplex	Locus	Referenz
MP1	QrZAG112	Kampfer et al. 1998
	QrZAG96	Kampfer et al. 1998
	QrZAG30	Kampfer et al. 1998
MP2	QrZAG20	Kampfer et al. 1998
	QpZAG15	Steinkellner et al. 1997
	†QpZAG110	Steinkellner et al. 1997
MP3	QrZAG7	Kampfer et al. 1998
	MsQ13	Dow et al. 1995
	†QrZAG11	Kampfer et al. 1998
MP4	PIE239	Durand et al. 2010
	PIE227	Durand et al. 2010
	PIE223	Durand et al. 2010
	PIE242	Durand et al. 2010
MP5	PIE243	Durand et al. 2010
	PIE271	Durand et al. 2010
	PIE267	Durand et al. 2010
	PIE258	Durand et al. 2010
MP6	PIE020	Durand et al. 2010
	PIE152	Durand et al. 2010
	PIE215	Durand et al. 2010
	PIE102	Durand et al. 2010

genetiky. Pri priamom porovnaní medzi porastami však parametre genetickej variácie poskytujú informácie o rozdieloch v genetických štruktúrach. Vzorky P4_Topolčany a T1_Patrovec mali veľmi nízku genetickú variáciu (priemerný počet alel na lokus, efektívny počet alel, heterozygotnosť). Vzorka S1_Vrbové dosiahla maximálne hodnoty v rámci štúdie (obr. 2).

Počet „súkromných“ alel, t. j. alel, ktoré sa našli iba v jednej z porovnávaných vzoriek, tiež do značnej miery závisí od veľkosti vzorky. Súkromné alely však môžu poukazovať na genetické rozdiely, najmä ak sa v príslušnej vzorke vyskytujú pomerne často. Celkovo sa zistilo 82 súkromných alel, z ktorých 14 má relatívnu frekvenciu >10 %. Pri tom vynikajú najmä dve vzorky: Vo vzorke L1_Bohunice sa našlo 20 súkromných alel, ktoré boli distribuované na 8 lokusoch. Mnohé z nich sú veľmi zriedkavé, ale 4 alely majú frekvenciu >10 % (max. 34 %). Vzorka P4_Topolčany má 5 súkromných alel, ale všetky s frekvenciami medzi 19 a 50 % (obr.



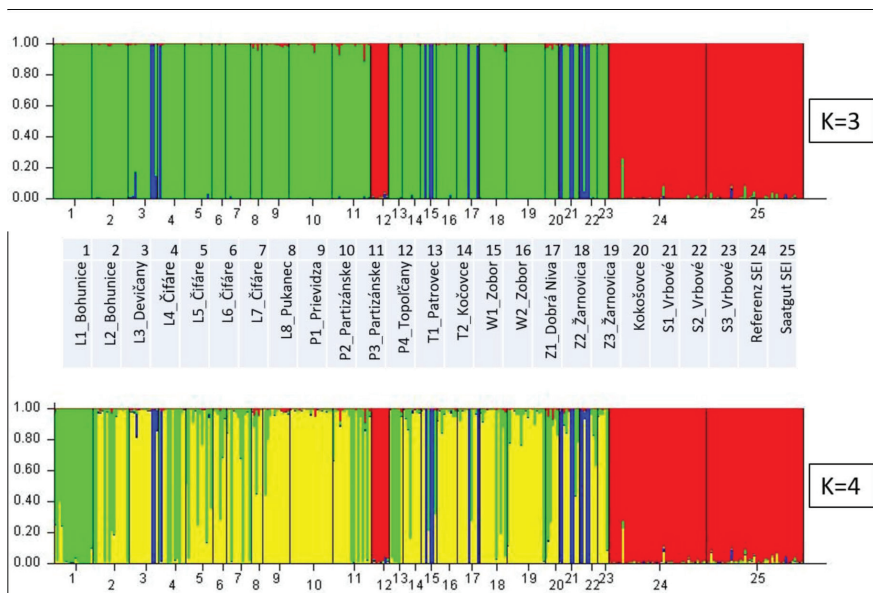
Obr. 2: Priemerné hodnoty genetickej variácie a diverzity: absolútny (Na) a efektívny (Ne) počet alel na lokus, počet súkromných alel, pozorovaná (Ho) a očakávaná (He) heterozygotnosť

2). V tejto vzorke sú distribúcie alel vo všeobecnosti veľmi odlišné od ostatných vzoriek, t. j. alely, ktoré sa vyskytujú viac alebo menej často vo všetkých ostatných vzorkách, čiastočne chýbajú a iné, inak zriedkavé alely sú v tejto vzorke bežné. Genetická vzdialenosť medzi touto vzorkou a ostatnými je odpovedajúco veľká (obr. 4).

Tieto rozdiely sú zrejme aj z výsledkov Structure analýzy (obr. 3), ktoré najlepšie vysvetľujú genetické štruktúry pre K=3 zhlukov (obr. 3 vyššia časť) a pre K=4 zhlukov (obr. 3 nižšia časť). Aby bolo možné hodnotiť rozdiely, boli tu použité aj dve saské vzorky duba letného. Dá sa usúdiť, že červeno sfarbené pruhy patria k zhluku, ktorý zodpovedá druhu Q. robur a vzorka P4_Topolčany pravdepodobne predstavuje aj porast duba letného. Ďalší zhluk (modrá farba) pozostáva zo 16 jedincov z rôznych populácií. Po 4 zástupcoch sa najčastejšie vyskytuje vo vzorkách S1_Vrbové a S2_Vrbové, označovaných podľa registra ako Q. dalechampii a v ďalších štyroch vzorkách po 1 až 3 jedincoch.

Keďže nebola k dispozícii referenčná vzorka Q. dalechampii, možno len predpokladať, že tento zhluk sfarbený na modro predstavuje zástupcov toho druhu. V tomto prípade by boli porasty, v ktorých sa vyskytujú modré pruhy, zmiešané z rôznych druhov.

Väčšina pruhov jednotlivých stromov pozostáva na 95 až 100 % z jednej z týchto troch farieb. Pruhy s proporciami ďalších farieb nad 5 % sú zriedkavé.



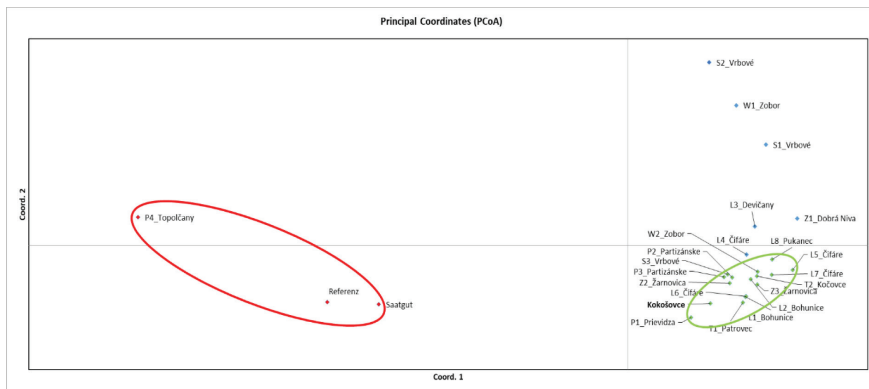
Obr. 3: Výsledok analýzy Structure: priradenie všetkých jedincov do $K=3$ (hore) alebo $K=4$ (dole) geneticky podobných zhlukov.

Za predpokladu, že tri geneticky podobné skupiny predstavujú tri druhy, existuje len niekoľko hybridov, ktoré sú proporcionálne zaradené do viacerých zhlukov. V prospech diferencovania druhov pri $K=3$ zhlukov hovorí fakt, že aj pri priradení ku $K=4$ zhlukom ostávajú „červený“ a „modrý“ zhluk nezmenené a len ten predchádzajúci tretí „zelený“ zhluk, ktorý pravdepodobne predstavuje dub zimný, je rozdelený na dve nové skupiny. Žlté a zelené farby pravdepodobne odrážajú vnútrodruhové variácie v rámci duba zimného. Tu sa opäť naznačuje osobitná štruktúra vzorky L1_Bohunice, aj keď z výsledkov sa zatiaľ nedá určiť jej príčina.

Párové genetické vzdialenosti medzi vzorkami boli vypočítané podľa Nei (1972) z frekvencií alel vo vzorkách. Pomocou analýzy hlavných komponentov môžu byť vzorky zoskupené na základe týchto vzdialeností (obr. 4). Tu sa ukazuje, že čisté porasty duba zimného majú medzi sebou relatívne vysokú genetickú podobnosť. Čím väčší je podiel jedincov pravdepodobne z iného druhu (Q. dalechampii?), tým väčšia je genetická vzdialenosť. Najväčšie vzdialenosti sú k porastu P4_Topolčany, pre ktorý sa na základe výsledkov predpokladá, že patrí k druhu Q. robur.

Diskusia a závery

Podobne ako v Sasku, aj na Slovensku obsahuje morfológická druhová identifikácia dubových porastov v praxi určité nepresnosti a podlieha zmenám vo vývoji porastov. Zdá sa, že hybridizácia nehrá veľkú rolu. Oba výsledky potvrdzujú výsledky Mačejovského et al. (2020), ktorí skúmali duby letné, zimné a plstnaté



Obr. 4: Analýza hlavných komponentov genetických vzdialeností medzi slovenskými vzorkami a dvomi vzorkami zo saského duba letného v rámci 18 spoločne skúmaných markerov. Súradnice 1 a 2 vysvetľujú 82,34 % variácie. Farby založené na obr. 3 hore ($K=3$).

(*Q. pubescens*) na Slovensku morfológicky ako aj rovnakým súborom DNA markerov. Ich porovnávacie výsledky viedli k záveru, že genetická hranica medzi druhmi je čiastočne priepustná, ale existuje. Zistili nižšie miery introgresie ako v západnej Európe a predpokladajú, že lokality stanovištné vhodné pre druhy sú geograficky jasnejšie oddelené, hoci sa vyskytujú mozaikovo vedľa seba a že medzidruhový tok génov je preto menej účinný. Neodporúčajú pestovanie na nevhodných stanovištiach, ani ako zmes medzi druhmi, pretože by to mohlo narušiť izoláciu a zvýšiť mieru introgresie. Autori zo svojich výsledkov vyvodzujú záver, že prirodzený výber pôsobí proti nevhodným genotypom a zachováva druhovú integritu. Pri nedodržiavaní odporúčaní by sa mohlo zvyšovať riziko nevhodnosti vysadených kultúr a tým zvýšeného stresu v dôsledku klimatických zmien. Odporúčajú preto klásť veľký dôraz na druhovú príslušnosť pri udržiavaní porastov uznaných pre zber a jednotiek na zachovanie genofondu, ako aj pri používaní reprodukčného materiálu. Vývoj porastov na zachovanie genofondu má byť sledovaný a sprevádzaný genetickými analýzami (Mačejovský et al. 2020).

Pre zoznam porastov, ktoré majú byť vybrané na produkciu reprodukčného materiálu pre Sachsenforst, z doterajších výsledkov možno vyvodiť tieto závery:

- ak sa predpokladá, že priradenie druhov sa odchyľuje od národného zoznamu zdrojov, potom je potrebné dôslednejšie preskúmanie a vykonanie dodatočných analýz;
- zmiešané porasty zo zoznamu pre potreby Sachsenforst vylúčiť, resp. nahradiť inými.

Skúmanie väčších vzoriek vybraných slovenských a domácich dubových porastov by v budúcnosti mohlo umožniť porovnanie genetickej variácie a vytvoriť podmienky na pozorovanie vývoja potomstva z oboch genofondov v Sasku.

Literatúra

- Durand J., Bodénès C., Chancerel E., Frigerio J.-M., Vendramin G., Sebastiani F. et al. 2010: A fast and cost-effective approach to develop and map EST-SSR markers: oak as a case study. *BMC genomics* 11: 570. DOI: 10.1186/1471-2164-11-570.
- Dow B. D., Ashley M. V., Howe H. F. 1995: Characterization of highly variable (GA/CT) n microsatellites in the bur oak, *Quercus macrocarpa*. *Theoretical and applied genetics* 91(1): 137–141. DOI: 10.1007/BF00220870.
- Dvořák J., Korecký J., Faltinová Z., Zádrapová D. 2022: Genetic diversity of sessile oak populations in the Czech Republic. *J. For. Sci.* 68(1):8–18. DOI: 10.17221/99/2021-JFS.
- Earl D. A., von Holdt B. M. 2012: Structure Harvester: a website and program for visualizing Structure output and implementing the Evanno method. *Conservation Genetics Resources* 4(2) 359–361. DOI: 10.1007/s12686-011-9548-7
- Eusemann P., Liesebach H. 2021: Small-scale genetic structure and mating patterns in an extensive sessile oak forest (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). *Ecol. Evol.* 11 (12):7796–7809. DOI: 10.1002/ece3.7613.
- Evanno G., Regnaut S., Goudet J. 2005: Detecting the number of clusters of individuals using the software Structure: a simulation study. *Molecular Ecology* 14:2611–2620.
- Glaubitz J. C. 2004: Convert: A user-friendly program to reformat diploid genotypic data for commonly used population genetic software packages. *Molecular Ecology Notes* 4:309–310. doi: 10.1111/j.1471-8286.2004.00597.x
- Guichoux E., Lagache L., Wagner S., Léger P., Petit R. J. 2011: Two highly validated multiplexes (12-plex and 8-plex) for species delimitation and parentage analysis in oaks (*Quercus* spp.). *Molecular ecology resources* 11(3):578–585. DOI: 10.1111/j.1755-0998.2011.02983.x.
- Kampfer S., Lexer C., Glössl J., Steinkellner H. 1998: Characterization of (GA)n microsatellite loci from *Quercus robur*: brief report. *Hereditas* 129:183–186.
- Mačejovský V., Schmidtová J., Hrivnák M., Krajmerová D., Sarvašová I., Gömöry D. 2020: *Dendrobiology* 83: 20–29, <http://dx.doi.org/10.12657/denbio.083.002>
- Nei M. 1972: Genetic distance between populations. *The American Naturalist* 106:283–292
- Peakall R., Smouse P. E. 2006: GenAlEx 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Mol. Ecol. 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.
- Pritchard J. K., Stephens M., Donnelly P. 2000: Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155:945–959
- Pritchard J.K., Wen X., Falush D. 2009: Documentation for Structure Software: Version 2.3. https://web.stanford.edu/group/pritchardlab/structure_software/release_versions/v2.3.4/structure_doc.pdf (last visited 22.05.2024)

Steinkellner H., Fluch S., Turetschek E., Lexer C., Streiff R., Kremer A. et al. 1997: Identification and characterization of (GA/CT)*n*-microsatellite loci from *Quercus petraea*. *Plant Molecular Biology* 33(6): 1093–1096. DOI: 10.1023/a:1005736722794.

Kontakt

Ute Tröber

Dr. Dirk-Roger Eisenhauer

Staatsbetrieb Sachsenforst, Bonnewitzer Str. 34, D-01796 Pirna OT Graupa
ute.troeber@smekul.sachsen.de, Dirk-Roger.Eisenhauer@smekul.sachsen.de

Ing. Miriam Sušková, PhD.

Lesy SR š. p., OZ Semenoles, Pri železnici 52, Liptovský Hrádok
miriam.suskova@lesy.sk

PRŮBĚH KALAMITY, OBNOVY A PŘEMĚNY DRUHOVÉ SKLADBY NA MAJETKU MĚSTSKÉ LESY ZNOJMO

Pavel Karásek, Antonín Martiník

Abstrakt

Článek se zabývá průběhem kalamity a následné obnovy (přeměny druhové skladby) na majetku Městské lesy Znojmo (dále jen „ML Znojmo“). Z lesní hospodářské evidence (dále jen „LHE“) byly analyzovány následující položky: průběh nahodilé těžby v jednotlivých letech dle dřevin a věkového stupně, bilance holin dle jednotlivých let, obnova dle způsobu a dřeviny. Kalamita zde probíhá rámcově od r. 2015, vrchol lze datovat do roku 2019, kdy bylo evidováno více než 100 ha holin. Obnova na holinách probíhá jak uměle, tak za využití spontánní obnovy, ve které dominuje habr. V umělé obnově bylo využito více než 15 druhů dřevin, jejichž spektrum se lišilo dle jednotlivých let a stanovišť. Zpočátku převažovala borovice, později byly využity především listnaté dřeviny (osika, bříza, dub aj.), z jehličnanů převážně modřín.

Klíčové slová

holiny, chřadnutí smrku, přeměna, sukcese, umělá obnova, meliorační a zpevňující dřeviny (dále jen „MZD“)

Úvod a cíl práce

Na přelomu 20. – 21. století začala jedna z nejhorších kalamit v českých zemích, největší kůrovcová kalamita od dob Marie Terezie. První vlna byla v letech 2003-2010 (po suchu v roce 2003). Druhá vlna začala v roce 2015 na severní Moravě, kde kůrovec začal napadat suchem oslabené smrky (Holuša 2004; Dušek 2016; Martiník 2023).

V roce 2017 kůrovec poničil přibližně 6 milionů m³ dřeva. Nejhorší situace byla na severní Moravě a ve Slezsku. Celkem bylo v roce 2017 vytěženo 19 milionů m³ dřeva. Pro srovnání - kvůli orkánu Kyrill bylo v roce 2007 vytěženo 18,5 milionů m³ dřeva (MZe 2023).

V roce 2018 první rojení kůrovce začalo v dubnu a v průběhu roku vylétly tři generace. Výjimečně byla zakládána ještě čtvrtá generace. Celkem bylo vytěženo 25,7 milionů m³ dřeva.

V roce 2019 první rojení kůrovce začalo v dubnu, druhé v červenci. Rozmnožování kůrovce bylo ale v obou případech zpomaleno deštěm. Očekávalo

se tedy, že třetí vlna množení kůrovce neproběhne plně a čtvrtá vlna množení neproběhne vůbec.

Kvůli kalamitě klesla cena jednoho m³ smrkové kulatiny na méně než 1000 Kč. Cena vlákninového dřeva klesla na 200 Kč, což je nižší částka než výrobní náklady, které v té době činily 400 až 450 Kč. Na mnoha místech se vlákninové dřevo stalo neprodejným. Někde se tak přestalo dařit dosáhnout průměrného zpeněžení dřeva okolo 1000 Kč/m³, které je nutné pro zajištění běžného provozu, režií a podobně. V některých lokalitách lýkožrout smrkový napadal i borovice a na několika místech se přemnožili kůrovci z jasanu. V roce 2019 bylo napadeno lýkožroutem smrkovým 60 % borovic. V reakci na kalamitu Ministerstvo zemědělství začalo podporovat výsadbu listnatých stromů, které jsou odolnější vůči klimatickým změnám, na nákup jejich sazenic ministerstvo zemědělství přispěje dvakrát až třikrát vyšší částkou než na sazenice smrku. Ministerstvo zemědělství vydalo vyhlášku, podle které musí listnaté stromy zabírat alespoň jednu čtvrtinu plochy v jinak smrkovém porostu (Rambousková 2019).

Ministerstvo zemědělství připravilo pro nestátní vlastníky lesů dotaci ve výši 2,5 miliardy Kč, z čehož 1,5 miliardy Kč měla být k dispozici do konce roku 2019, zbytek ve čtvrtletí roku 2020. Sdružení vlastníků obecních a soukromých lesů na zalesňovací práce v roce 2020 žádalo 7 miliard Kč.

Cílem tohoto článku je shrnutí zkušeností a poznatků z průběhu kalamity a s tím spojené obnovy lesa, resp. přeměny druhové skladby na majetku Městské lesy Znojmo, která probíhá od roku 2016 prakticky až dodnes.

Materiál a metody

Materiál

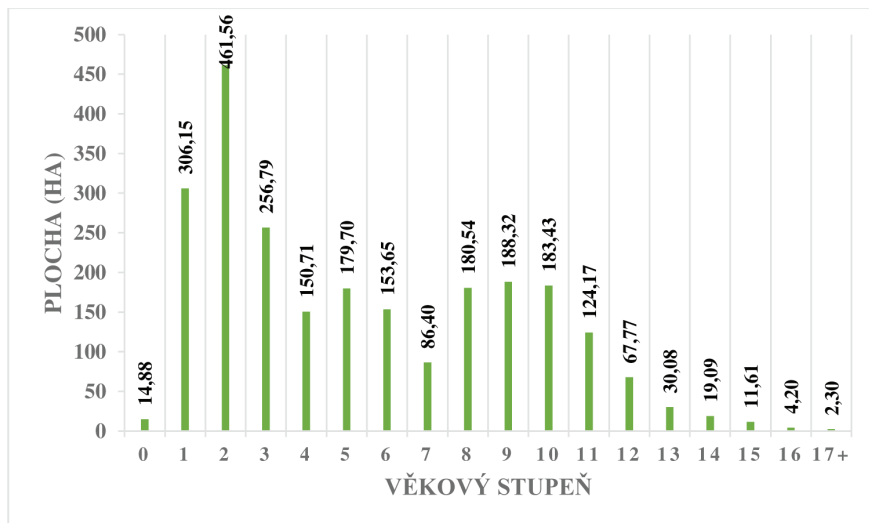
Lesní hospodářský celek (dále jen „LHC“) ML Znojmo tvoří lesy ve vlastnictví města Znojma. Katastrální výměra pozemků začleněných do LHC činí 2 537,66 ha. ML Znojmo tvoří jedno poleší a čtyři lesnické úseky. Téměř celé území LHC Městské lesy Znojmo se nachází v přírodní lesní oblasti 33 – Předhoří Českomoravské vrchoviny. Do přírodní lesní oblasti 35 – Jihomoravské úvaly náleží pouze drobný lesní porost v katastrálním území Derflice (LHP 2015).

S výhledem na rok 2030 by zde měla být průměrná roční teplota 9,1 °C a průměrné roční srážky 501–550 mm (<https://www.klimatickazmena.cz/cs/>). Na LHC Městské lesy Znojmo je zastoupeno 5 cílových hospodářských souborů (dále jen „CHS“), nejvíce zastoupen je CHS 45 (viz tabulka č. 1).

Před kalamitou byl na LHC patrný velmi výrazný nadbytek porostů 2. věkového stupně, výrazný nadbytek 1. a 3. věkového stupně a mírný nadbytek mytních věkových stupňů 10. až 12. a 16. Věkové stupně 13., 14. a 15. dosahovali normální rozlohy. Ostatní věkové stupně (4. až 9.) normální rozlohy naopak nedosahovaly (viz obrázek č. 1).

Tabulka 1: Zastoupení CHS na majetku ML Znojmo

CHS	NÁZEV	ZASTOUPENÍ v %
45	hospodářství živných stanovišť středních poloh	60 %
47	hospodářství oglejených stanovišť středních poloh	15 %
23	hospodářství kyselých stanovišť nižších poloh	13 %
25	hospodářství živných stanovišť nižších poloh	9 %
21	hospodářství exponovaných stanovišť nižších poloh	3 %



Obrázek 1: Plošné rozložení věkových stupňů na majetku ML Znojmo

Zastoupení dřevin před kalamitou zachycuje obrázek číslo 2. Z něj je patrná převaha jehličnanů - smrku a borovice. Dohromady činil podíl těchto dřevin kolem 60 % porostní půdy.

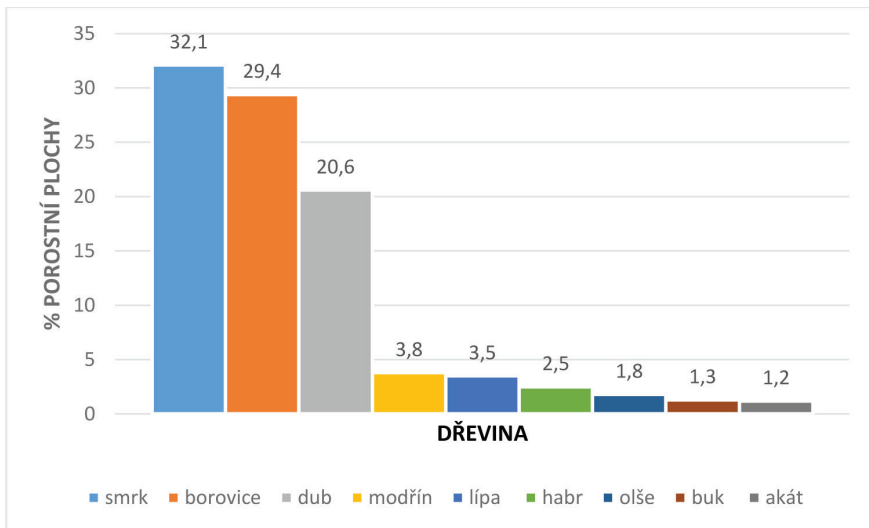
Metody získání dat z LHE

Z programu ProPla PDS byly vyfiltrovány následující položky: průběh nahodilé těžby v jednotlivých letech dle dřevin a věkového stupně, bilance holin dle jednotlivých let, obnova dle způsobu a dřeviny. Následně byla tato data graficky a tabelárně seříděna.

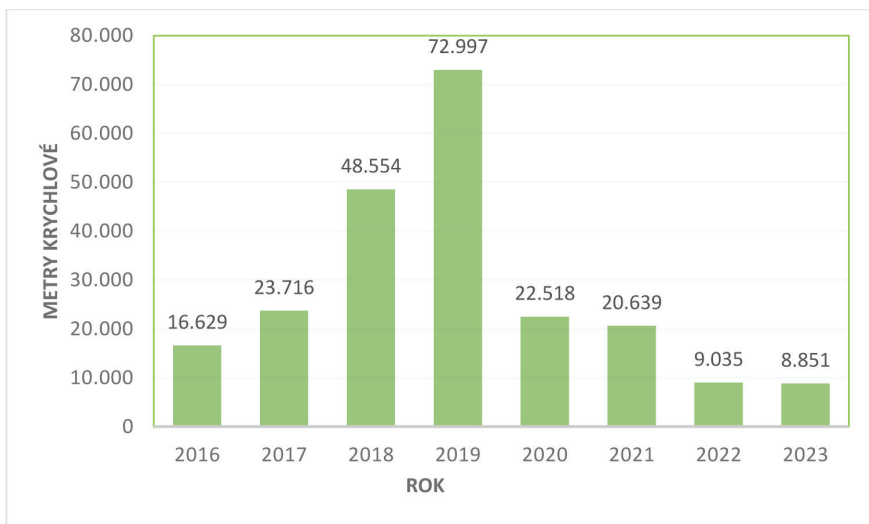
Výsledky

Kůrovcová těžba

Počátek kůrovcové kalamity by se dal datovat od prosince 2014. V roce 2014 postihla ML Znojmo námraza, při které se ve velkém počtu objevily korunové



Obrázek 2: Zastoupení dřevin dle procenta porostní plochy na majetku Městských lesů Znojmo

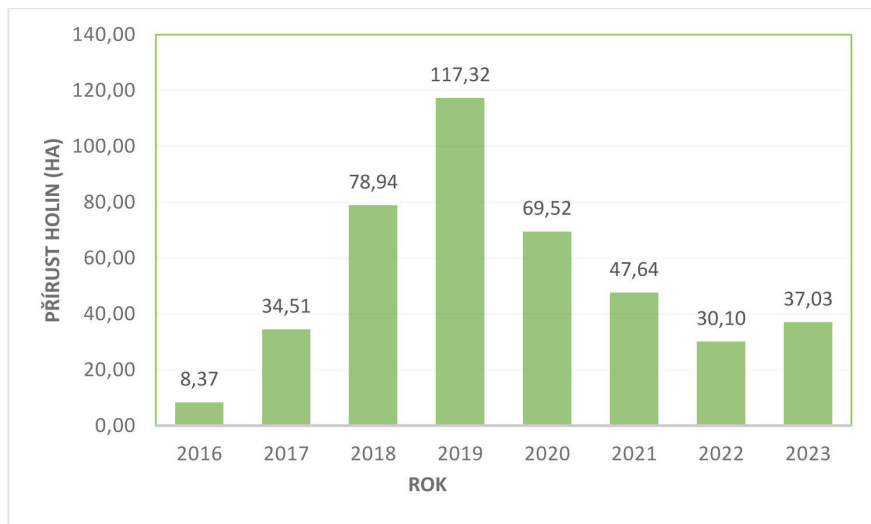


Obrázek 3: Rozsah těžeb v letech 2016–2023 na majetku ML Znojmo

zlomy. Ve zlomech a v torzech stromů se na jaře 2015 začal ve větší míře vyvíjet jak lýkožrout smrkový, tak i lýkožrout lesklý. V tomto roce ještě nebylo patrné, co majetek postihne v dalších letech. Od roku 2016 začala pozvolna propukat kůrovcová kalamita. V následujících letech měla vzestupnou tendenci s vrcholem (co se týká těžby) v roce 2019 (viz obrázek č. 3).

Bilance holin

V návaznosti na kůrovcovou kalamitu vznikaly holiny. Roky 2016 a 2017 nenasvědčovaly tomu, že by se holiny objevily ve větší míře. Následující roky měl však objem holin vzestupnou tendenci. Největší přírůst holin byl zaznamenán v roce 2019. S doznívající kalamitou se i přírůst holin ustálil (viz obrázek č. 4).



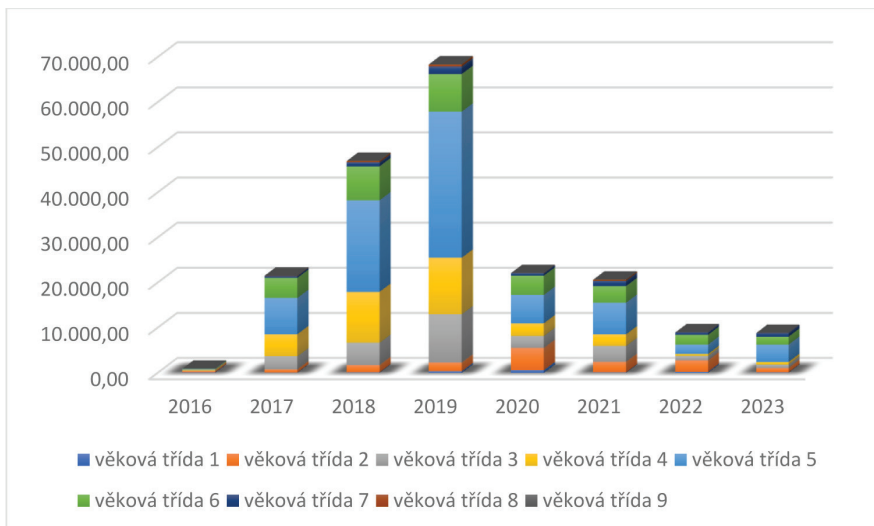
Obrázek 4: Přírůst holin dle roků majetku ML Znojmo

Kůrovcová kalamita dle věkových tříd

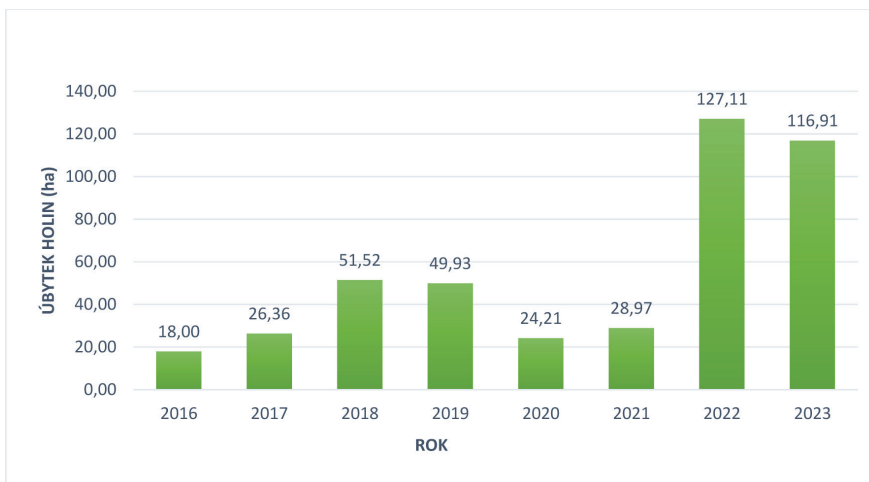
Kůrovcová kalamita neprobíhala pouze v mýtních porostech, ale s postupným mizením smrku, borovice a modřínu lýkožrout sestupoval do nižších věkových tříd. Jak ubývaly stromy s výčetní tloušťkou nad 30 cm, pokoušel se lýkožrout smrkový vyvíjet i v mladších porostech s nižší výčetní tloušťkou. Svůj vývoj dokázal realizovat i v tyčovínách (viz obrázek č. 5).

Obnova lesa u ML Znojmo

Než vypukla kůrovcová kalamita v plné síle, byl úbytek holin u ML Znojmo úměrně relevantní k mýtním a nahodilým těžbám. Zlom nastal v roce 2018 a 2019, kdy bylo obnoveno kolem 50 ha. Další dva roky byly na obnovu lesa chudší, a to z důvodu vydání Opatření obecné povahy, kde bylo LHC zařazeno do tzv. Červené zóny (KÚJMK, 2019). Tato zóna neplatila v letech 2018 a 2019, kdy se muselo obnovovat do dvou let od vzniku holiny. Opatření obecné povahy povolovalo obnovovat vzniklé holiny do 5 let. Následující dva roky se obnovovaly pouze holiny, kde nebyla vidina přirozené obnovy (např. smrkové tyčoviny). Tam, kde se přirozená obnova očekávala, nechala se obnova porostů na nejzazší termín. Největší úbytek holin proběhl v letech 2022 a 2023 (viz obrázek č. 6). Pro umělou obnovu byla zpočátku volena borovice lesní (viz obrázek č. 7). Pro dodržení MZD

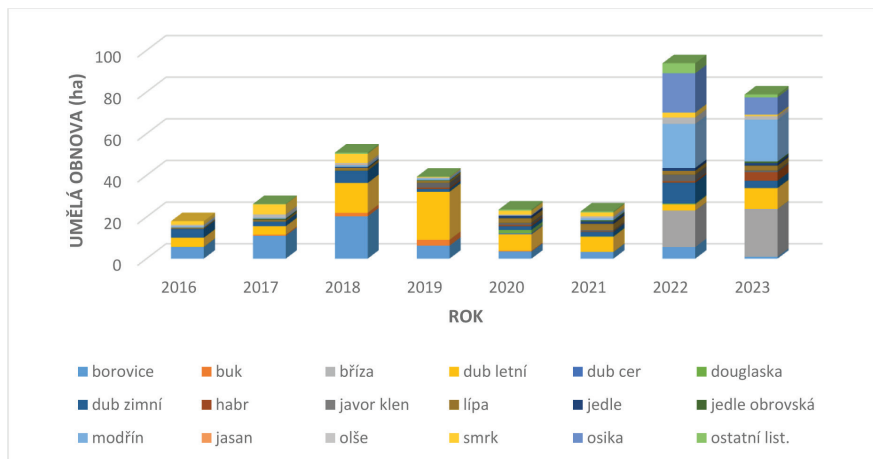


Obrázek 5: Kůrovcová kalamita dle věkových tříd na majetku ML Znojmo

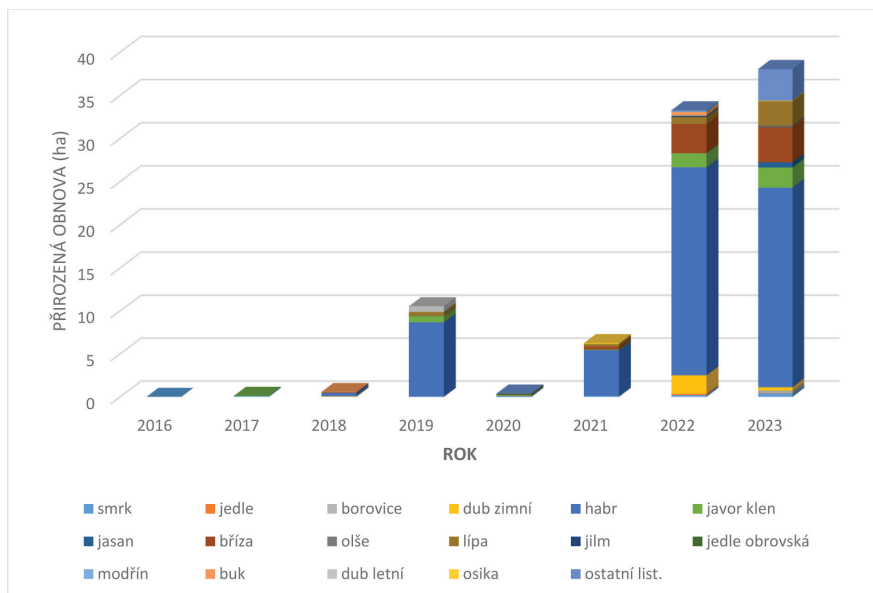


Obrázek 6: Úbytek holin na majetku ML Znojmo

se zpočátku obnovy kalamitních holin obnovoval dub letní a dub zimní. Jak se blížil konec 5leté lhůty pro obnovu, tak se začaly obnovovat další dřeviny, které splňovali MZD. Byly to osika obecná, bříza bradavičnatá, modřín opadavý. Největší podíl přirozené obnovy nastal v letech 2022 a 2023. Dominantní dřevinou, která se přirozeně obnovila, byl habr obecný, a to z více jak 90 % (viz obrázek č. 8). Dalšími dřevinami byly jedle obrovská, smrk ztepilý, javor klen, bříza bradavičnatá, osika obecná a další.



Obrázek 7: Umělá obnova na majetku ML Znojmo



Obrázek 8: Přirozená obnova na majetku ML Znojmo

Diskuze

Průběh kalamity byl v zájmové oblasti velmi rychlý a strmý (obr. 3), podobný průběh je zaznamenán také z dalších kalamitních oblastí v rámci ČR (Roreček 2022; Martiník 2023). Během této relativně krátké doby byla často zlikvidována veškerá zásoba ve středně starých a dospělých porostech smrku případně borovice (Dyrčík 2021; Roreček 2022). Výjimkou jsou oblasti, kde jsou pro tyto dřeviny

vhodnější růstové podmínky (Bártů 2022; Pur 2024). V tomto kontextu jsou pro smrk v zájmové oblasti podmínky zcela nevyhovující, u borovice je situace lepší, i když i zde jsou pozorovány příznaky jejího chřadnutí. Vrchol kalamity byl v zájmové oblasti rok 2019, kdy vzniklo více než 100 ha holin. V celé ČR je největší rozsah holin evidován v letech 2020-2022, kdy je holina na ploše kolem 70 tis. ha (Zpráva 2023). Z uvedeného je patrné, že kalamita se v zájmové oblasti „prohnala“ před kalamitním vrcholem v rámci celé ČR.

Ze zkušeností lesníků vyplývá, že obnovy kalamitních holin trvají i více než dvacet let. Ve většině případů se nikdy nedosáhne obnovního cíle. Na těchto plochách se negativně projevuje vliv spárkaté zvěře, ale také zvěře zaječí. Dalším limitujícím faktorem je vliv veřejnosti a s tím spojený tlak na mimoprodukční funkce lesa.

Když na LHC vypukla kůrovcová kalamita, bylo třeba si položit otázku, jakou zvolit vhodnou dřevinnou skladbu na vzniklých holinách, kde se převážně vyskytoval smrk ztepilý. Bylo třeba najít vhodné stanovištní dřeviny a zamyslet se nad složením směsí. Při dodržení MZD. smrkové monokultury byly zamítnuty, ale smrk byl vložen do směsí. Snahou je návrat pestrosti do lesních porostů, proto jsou vtroušeně zalesňovány i dřeviny, které nejsou až tak obvyklé jako např.: jeřáb břek, jeřáb oskeruše, jírovec maďal, douglaska tisolistá, třešeň ptačí a jiné.

S nárůstem velkých kalamitních holin, bylo třeba určit, jak danou holinu rozčlenit na více celků, aby nevznikaly monokultury stejné dřeviny. Holiny byly rozděleny oplocenkami kvůli škodám zvěře (černá, srncí, vysoká a zajíci). Do oplocenek byly vysazovány dřeviny náchylné na okus a vyrývání. Patří sem osika, modřín, jedle, dub. Ochrana douglasek byla individuálně za pomoci oplůtků. Zkušenosti s rozdělováním kalamitních holin pomocí oplocenek jsou dobré. Škody na lesních porostech nejsou tak rozsáhlé. Na dřeviny, které nejsou oploceny, je použita chemická ochrana (náter).

Na obnovu lesních porostů je v dnešní době těžké sehnat nejen kvalitní sadební materiál, ale i dostatek pracovníků, kteří by odváděli kvalitní práci. V průběhu posledních let se zalesňovalo vždy více než 250 000 ks sazenic. Obnova lesních porostů po kůrovcové kalamitě byla náročná i z hlediska zabezpečení kvalitních a spolehlivých lidí. Pro obnovu porostů bylo třeba využít nejen vlastních zaměstnanců, ale také pracovníků ze zahraničí, a to především pracovníků z Ukrajiny. Zpočátku nebyl problém se zajištěním kvalitních sazenic, ale postupem času byly dodávky problematické, stejně jako kvalita dodávaných sazenic. Na počátku byla položena zásadní otázka, jak se budou kalamitní holiny obnovovat. Netvořit monokultury, ale zakládat směsi. Řešily se dřeviny a jejich poměr obnovy, aby bylo docíleno směsi (např. lípa s modřínem, osika s modřínem, bříza s modřínem, bříza s osikou).

Dřevina na holiny byla zvolena dle stanovištních podmínek a podílu MZD. Cílem je tvorba smíšených porostů. Směsi porostů jsou např.: modřín s lípou, osika s modřínem, smrk s dubem nebo jedlí a jiné. V některých lokalitách, nebylo možné volit směsi (podmáčená stanoviště), proto byla vysazována olše lepkavá. Na slunné, vysychavé a kamenité stanoviště byla zvolena borovice lesní.

Na majetku měl největší zastoupení smrk, který vymizel. Smrk již není

zastoupen ve věkových stupních od 60 let výše. Stejný problém se začátkem kalamity měl i sousední majetek Lesy České republiky. Řešili stejnou problematiku jako ML Znojmo. Chyběla technika, která by zpracovávala kalamitu. U tohoto podniku byl také problém s výběrovými řízeními. Tato výběrová řízení se mnohdy táhla i řadu měsíců. Smrk byl nahrazen listnatými dřevinami, které by měly být odolnější k místním podmínkám. Tam, kde byly smrkové monokultury, jsou nahrazeny listnáči podle přírodních podmínek. Ostatní lesnické subjekty na Znojemsku, které také postihla kalamita, se vydaly cestou obnovy s využitím výsadby směsí. Obnovoval se i smrk, borovice, jedle i modřín. Ne každý lesnický subjekt v ČR se vydal cestou směsí. Některé lesnické subjekty i nadále obnovovaly pomocí monokultur bez vzniku směsí.

Závěr

Obnova lesa po kůrovcové kalamitě, respektive její rozsah, je přímo úměrný k výši nahodilé těžby a spojený s procesem chřadnutí a rozpadu smrkových porostů. Netýkalo se to jen ML Znojmo, ale všech lokalit, kde se kůrovcová kalamita projevila. Vrcholem kalamity byl na zájmovém území rok 2019, kdy bylo evidováno více než 100 ha holin. Za období let 2016 - 2023 byla obnova lesa realizována na 443,01 ha kalamitních holin. Využita byla jak obnova umělá, tak i obnova spontánní, ve které převažoval habr. V umělé obnově bylo využito více než 15 druhů dřevin, jejichž spektrum se lišilo dle jednotlivých let a stanovišť. Zpočátku převažovala borovice, později byly využívány především listnaté dřeviny (osika, bříza, dub aj.) z jehličnanu pak hlavně modřín. Základ obnovy a přeměny druhové skladby byl položen a teprve čas ukáže, zda úspěšně.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován díky podpoře projektu NAZV č. QK22020008: Komplexní vyhodnocení plnění produkčních a mimoprodukčních funkcí lesa u porostů přípravných dřevin.

Literatura

- Bártů J. 2022: Chřadnutí a obnova lesa na revíru Řásná LS Telč – Lesy ČR s. p. Brno, 114 s. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta.
- Holuša J. 2004: Problematika pěstování smrku v nižších polohách severní Moravy a Slezska. In: Problematika pěstování lesa v oblastech postihovaných odumíráním smrku – sborník referátů, ČLS a Mze ČR, Hradec nad Moravicí: 8–11.
- Dušek M. 2016: Vliv klimatických změn na chřadnutí smrku v oblasti severní a střední Moravy. In: Růžková, M., Válek, P. (eds.): Klimatická změna – možné dopady na lesní ekosystémy. Sborník přednášek odborné konference. Kostelec nad Černými lesy, 28. – 29. 04. 2016. Pelhřimov, Sdružení vlastníků obecních a soukromých lesů v ČR: 29–32.

- Dyrčík V. 2021: Průběh kalamity a stav obnovy na revíru Polana, LS Jablunkov. Brno, 104 s. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta.
- Kújmík 2019: Opatření obecné povahy – dostupné na <https://www.kr-jihomoravsky.cz/Default.aspx?ID=168480&TypeID=1>
- LHP 2015: Textová část LHP LHC Městské lesy Znojmo (1. 1. 2016 – 31. 12. 2025)
- Martiník A. 2023: Spontánně vzniklé porosty bříz bělokoré na severní Moravě – studnice poznání a příležitostí. Sborník – využití domácích taxonů bříz, ČZU, Kostelec nad Černými lesy, 66s.
- Pur J. 2023: Ekonomika obnovních postupů zejména na kalamitních plochách. Bakalářská práce, 104 s. Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta.
- Roreček D. 2022: Potenciál sukcese k obnově lesa po kalamitě na revíru Olšovec LS Vítkov (Lesy České republiky, s. p.), Bakalářská práce Brno, LDF Mendelu: 69 s.
- MZe 2023: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2022. Ministerstvo zemědělství, Praha, 136 s., ISBN 978-80-7434-703-2.
- Rambousková, 2019: Skrytá kalamita kůrovce. V potížích bude šlechta, říkají lesníci. 24. 8. 2019
<https://www.klimatickazmena.cz/cs/>

Kontakt

Ing. Pavel Karásek; doc. Ing. Antonín Martiník Ph.D.
Ústav zakládání a pěstění lesů, Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta
Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic
e-mail: antonin.martinik@mendelu.cz

VÝVOJ KULTÚR ÔSMICH DREVÍN DEVÄT ROKOV PO ZALOŽENÍ SEJBOU A SADBOU NA KALAMITNEJ PLOCHE V JAVORNÍKOC

Martin Belko, Anna Tučeková, Valéria Longauerová, Roman Longauer, Vladimír Mačejovský, Elena Takáčová, Slavomír Strmeň, Ivan Horvát

Abstrakt

Cieľom tohto príspevku je zhodnotenie úspešnosti plnenia kritérií zabezpečenej kultúry (ZK) (prežívanie, výška nadzemnej časti, poškodenie) drevinami smrek obyčajný, smrekovec opadavý, jedľa biela, douglaska tisolistá, buk lesný, dub zimný, jaseň štíhly a javor horský počas deviatich rokov od založenia sejbou a sadbou na kalamitnej ploche v rámci Demonštračného objektu rekonštrukcie smrečín Husárik v Javorníkoch. Najlepšie prežíval a odrastal smrek a smrekovec, vývoj jedle, douglasky a listnatých drevín bol pozvoľnejší. Výsadby testovaných drevín dosiahli vyššiu úspešnosť plnenia kritérií ZK ako ich výsevy. Použitie voľnokorenných sadeníc zabezpečilo v porovnaní s krytokorennými sadenicami splnenie kritérií ZK pri väčšom počte testovaných drevín. Metóda výsevu do vegetačných buniek vytvorila v porovnaní s metódou priameho výsevu priaznivejšie podmienky pre iniciálny vývin všetkých testovaných drevín, pri smreku, smrekovci a buku taktiež aj pre úspešné splnenie kritérií ZK.

Kľúčové slová

buk lesný, dub zimný, DORS Husárik, douglaska tisolistá, výsadba

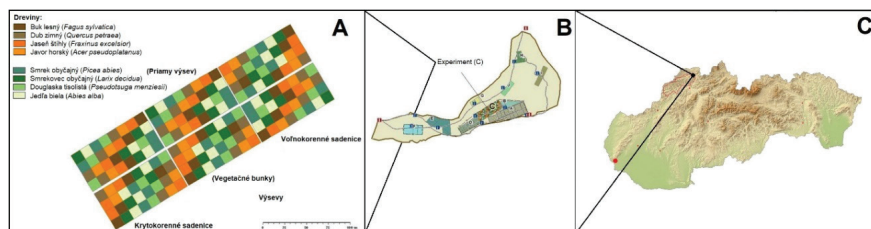
Úvod

Prebiehajúci veľkoplošný rozpad smrekových monokultúr v Strednej Európe nastolil otázku ich ďalšieho trvalo udržateľného manažmentu. Jedným z navrhnutých opatrení bolo aj rozloženie ekologického rizika na väčší počet druhov drevín v budúcich lesných porastoch (Konôpka, Konôpka 2007). Avšak, vzhľadom na rozsah a intenzitu vzniku nových holín a z toho plynúcich zalesňovacích povinností, mohla byť praktická realizácia tohto opatrenia v niektorých prípadoch čiastočne obmedzená. Potreba dlhšej doby pestovania sadbového materiálu vybraných drevín (napr. jedľa biela), neočakávaný zvýšený dopyt po iných druhoch drevín (napr. cenných listnáčoch), ako aj predbežné overovanie postupov umelej obnovy nepôvodných drevín (napr. douglaska tisolistá), sa premietli do zvýšených nárokov kladených na umelú obnovu lesa a štandardne používané zalesňovacie postupy (Belko a kol. 2024). V prípade aktuálne prebiehajúceho rozpadu smrekových

monokultúr vyústilo viacročné skúmanie a experimentálne overovanie možností zvýšenia úspechu umelej obnovy hlavných drevín v podmienkach Slovenska napokon do založenia Demonštračného objektu rekonštrukcie smrečín Husárik (DORS Husárik) v Javorníkoch (Sitková, Šebeň 2012). Cieľom tohto príspevku je zhodnotenie úspešnosti plnenia kritérií zabezpečenej kultúry drevinami smrek obyčajný, smrekovec opadavý, jedľa biela, douglaska tisolistá, buk lesný, dub zimný, jaseň štíhly a javor horský vnesenými sejbou a sadbou na kalamitnú plochu DORS Husárik v Javorníkoch.

Materiál a metodika

Experimentálna plocha bola založená ako súčasť Demonštračného objektu premeny odumierajúcich smrekových lesov na ekologicky stabilnejšie multifunkčné ekosystémy (DORS Husárik) na veľkoplošnej holine (24 ha) situovanej v orografickom celku Javorníky (49° 24' 47" N, 18° 46' 10" E) (Obr. 1). Podrobnejšie informácie týkajúce sa charakteristík experimentálnej plochy a pomerov na nej v čase výsadby je možné nájsť v práci Tučekovej (2015).



Obrázok 1: Usporiadanie experimentálnych výsadiel a výsevov vybraných drevín založených na experimentálnej ploche (A) v rámci DORS Husárik (B) situovanom v pohorí Javorníky (C).

Experimentálna plocha bola založená v jarnom termíne roku 2011 s použitím lesného reprodukčného materiálu (sadbový materiál, semená) 8 drevín zahŕňajúceho buk lesný (buk), dub zimný (dub), jaseň štíhly (jaseň), javor horský (javor), smrek obyčajný (smrek), smrekovec obyčajný (smrekovec), douglaska tisolistá (douglaska) a jedľa biela (jedľa). Lesný reprodukčný materiál vybraných drevín bol na experimentálnu plochu vnesený v rámci 4 rôznych variantov:

- I) výsadba voľnokorenných sadeníc (VK)
- II) výsadba krytokorenných sadeníc (KK)
- III) priamy výsev semien do stanoveného množstva substrátu nasypanom do minerálnej pôdy experimentálnej plochy (PS)
- IV) výsev semien do vegetačných buniek inštalovaných v minerálnej pôde výsadbovej plochy (VBS)

Výsadba VK, KK sadeníc rovnako ako výsev semien (PS, VBS) vybraných drevín bol realizovaný na experimentálnej ploche po vykonaní pomiestnej mechanickej prípravy prostredia. Na manuálne pripravených plôškach (veľkosť 30 × 30 cm)

rozmiestnených v pravidelnom spone a rozstupe 1,2 m × 1,2 m pre buk, dub, jaseň a javor; 2,0 m × 2,0 m pre smrek, smrekovec, 1,5×1,5 m pre jedľa a douglasku, bolo spolu na ploche 2,76 ha vysadených 8 800 ks sadeníc (VK, KK) a vysiatych 38 400 ks semien (PS, VBS) (Tabuľka 1).

Tabuľka 1. Vybrané charakteristiky semien a sadeníc testovaných drevín v čase výsadby a výsevu na experimentálnej ploche Husárik v Javorníkoch.

Semená			
Drevina	Klíčivosť (%)	Energia klíčenia (%)	Registračný kód
Smrek	80	25	pab01554NO-485
Smrekovec	30	10	lde13545DK-002
Jedľa	42 ¹	n. h. ²	aal03424ZA-089
Douglaska	64 ¹	n. h. ²	pme11413BS-001
Buk	70 ¹	n. h. ²	fsy26525BJ-269
Dub	70	10	qpe20513RV-634
Jaseň	75 ¹	n. h. ²	fex33514LM-016
Javor	75 ¹	n. h. ²	aps28614NO-485
Sadbový materiál			
Drevina	Typ a vek sadbového materiálu (Výška stonky/hrúbka v koreňovom krčku)		Celkový počet vysadených sadeníc
Smrek	VK 2+2 (35,5 cm/4,6mm), KK 1+0 (15,2 cm/2,9 mm) 38.9 cm / 5.6 mm		VK 288, KK 288
Smrekovec	VK 2+0 (33,0 cm/4,5 mm), KK 1+0 (22,0 cm/3,0 mm) 38.9 cm / 5.6 mm		VK288, KK 288
Jedľa	VK 3+2 (33,5cm/5,9 mm), KK 2+0 (15,2 cm/2,9 mm)		VK 512, KK 512
Douglaska	VK 2+1 (23,5 cm/4,0mm), KK 2+0 (15,5 cm/3,1 mm)		VK 512, KK 512
Buk	VK 1+1 (26,1 cm, 4,5 mm), KK 1+0 (27,1 cm, 3,9 mm) 38.9 cm / 5.6 mm		VK 800, KK 800
Dub	VK 1+2 (45,4 cm, 9,3 mm), KK 1+0 (19,3 cm, 3,4 mm) 38.9 cm / 5.6 mm		VK 800, KK 800
Jaseň	VK 2+0 (28,5 cm, 4,8 mm),		VK 800, KK ³
Javor	VK 1+0 (32,1 cm, 3,8 mm), KK 1+0 (26,4 cm, 6,5 mm)		VK 800, KK 800

¹pre dreviny jedľa, douglaska, buk, jaseň a javor reprezentujú uvedené hodnoty výsledok testov životnosti, ²nebolo hodnotené, ³KK jaseň nebol v čase zakladania plochy dostupný.

Manuálna výsadba sadeníc (VK, KK) rovnako ako výsev semien (PS, VBS) boli vykonané na plôškach rozmiestnených v pravidelnom spone na štvorcoch 12 m × 12 m. Manuálna výsadba sadeníc zahŕňala prekopanie a odstránenie humusovej vrstvy pôdy motykou na ploške 30 cm × 30 cm vykopanie jamky, umiestnenie koreňového systému sadenice do jamky a zasypanie zeminou s následným zhutnením. Výsev semien bol realizovaný taktiež na plôškach 30 cm × 30 cm, na ktorých sa odstránila vrstva surového humusu a následne sa vykopala výsevovalá jamka. V prípade metódy priameho výsevu (PS) sa do vykopanej jamky umiestnil pestovateľský substrát, do ktorého bolo vysiatych 4 až 8 semien (smrek 4 ks, smrekovec/jedľa 8 ks, douglaska 5 ks, buk/dub/jaseň/javor 4ks), ktoré sa zahrnuli 1 až 2 cm hrubou zásypkou minerálnej pôdy. V prípade výsevu do vegetačných buniek (VB) bol postup obdobný: i) do vykopanej jamky s hĺbkou 10 cm a priemerom použitej bunky (najčastejšie plastový profil kruhového prierezu) - cca 8 cm, sa ii) nasypala 5 cm hrubá vrstva výsevného substrátu, na ktorú sa iii) realizoval výsev 4 až 8 semien podobne ako pri PS, a iv) umiestnila sa ďalšia vrstva substrátu alebo navlhčeného perlitu (zásypka) (Tučeková 2015).

Výsledky prezentované v tomto príspevku sumarizujú deväťročný vývoj jedincov vybraných drevín založených sadbou a sejbou na experimentálnej ploche situovanej v rámci DORS Husárik. Prežívanie bolo pri výsadbách vyjadrené ako podiel prežitých z celkového počtu vysadených jedincov, pri semenáčikoch pochádzajúcich z výsevu ako podiel celkového počtu výsevových plôšok s vysiatym semenom a počtu plôšok s prítomnosťou aspoň jedného živého jedinca. Poškodenie bolo vyjadrené rovnako pre sadenice aj pre semenáčiky, ako podiel poškodených z celkového počtu prežitých. Poškodenie a prežívanie bolo hodnotené vždy na konci každého vegetačného obdobia, v práci sú prezentované výsledky po 1., 5., 7. a 9. vegetačnom období.

Hodnotenie morfológických parametrov zahŕňalo výšku nadzemnej časti meranú na nepoškodených jedincoch (v prípade nadmerného rozsahu poškodenia pri vybraných drevinách boli zahrnuté do merania aj poškodené jedince) na konci každého vegetačného obdobia. V práci sú prezentované výsledky merania výšok získané po každom z deviatich vegetačných období. Všetky hodnotené parametre, prežívanie, poškodenie, výška nadzemnej časti, zároveň patria medzi hlavné kritériá pri posudzovaní zabezpečenej kultúry podľa Vyhľadávky č. 453/2006 a to v nasledovnom znení: i) priemerná výška jedincov vysadených drevín presahuje 2/3 výšky okolitých bylinných rastlín ii) jedince vysadených drevín sú rovnomerne rozmiestnené a zaberajú min. 50 % zalesnenej plochy iii) podiel poškodených jedincov z celkového počtu prežitých jedincov drevín nepresahuje 50 %. V momente splnenia uvedených kritérií (prežívanie, poškodenie, výška nadzemnej časti) bola príslušná kombinácia drevina × technológia umelej obnovy klasifikovaná ako zabezpečená kultúra.

Získané dáta boli spracované štandardnými štatistickými metódami. Štatistická významnosť rozdielov v prežívaní medzi porovnávanými variantmi bola posúdená prostredníctvom 1-faktorovej Analýzy variancie a Tuckey (HSD) testu. V prípade

nesplnenia niektorého z predpokladov použitia uvedenej štatistickej metódy, dáta boli transformované (arcsin). Vzhľadom na výrazné rozdiely v morfologickej vyspelosti jedincov založených na experimentálnej ploche prostredníctvom rôznych technologických postupov, (výsadba, výsev) významnosť rozdielov medzi hodnotami rastových parametrov bola posúdená samostatne medzi sadenicami (VK, KK) a samostatne medzi jedincami z výsevov (PS, VBS) s použitím Dvojvýberového t-testu. Štatistické analýzy boli vykonané pomocou softwaru STATISTICA 12 (StatSoft Inc. 2013, Tulsa, USA).

2.2 Výsledky

Ihličnaté dreviny

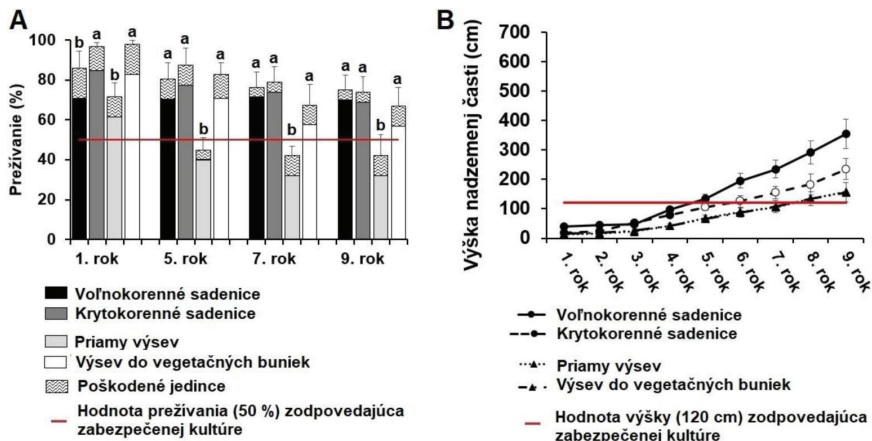
Smrek

Deväť rokov po založení experimentálnej plochy dosiahlo priemerné prežívanie smreka pri VK 75 %, KK 74 %, PS 42 % a VBS 67 %. Najvýraznejší pokles hodnôt prežívania bol zaznamenaný v prvých piatich rokoch po založení. Štatisticky významne lepšie prežívanie KK ako VK zaznamenané v prvom roku malo len dočasné trvanie. V piatom roku po výsadbe už rozdiely v prežívaní medzi VK a KK sadenicami neboli štatisticky významné (Obrázok 2). Pri výsevoch bol v prvom, ale aj nasledujúcich rokoch zaznamenaný štatisticky významne vyšší podiel obsadených výsevových plôšok pri VBS ako pri PS. Úspešné splnenie kritéria zabezpečenej kultúry týkajúceho sa prežívania bolo preukázané pri VK a KK sadenicách a VBS semenáčikoch (Obrázok 2).

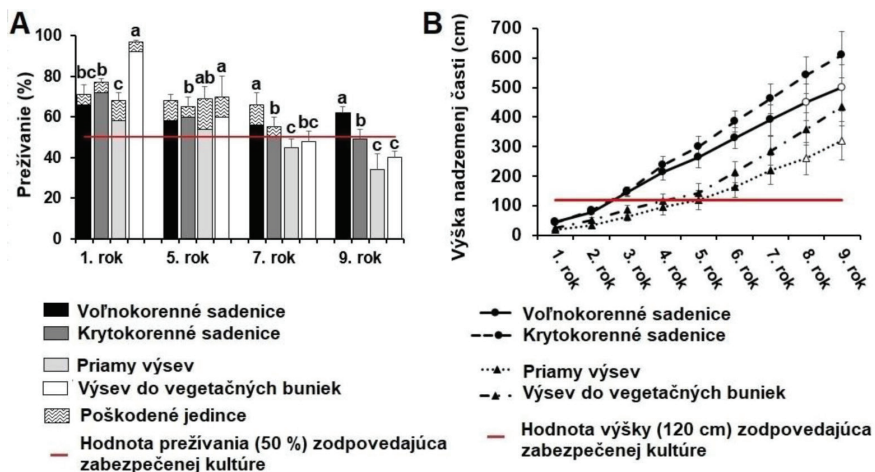
Deväť rokov po založení experimentálnej plochy dosiahla priemerná výška smreka pri VK 355 cm, KK 235 cm, PS 160 cm a VBS 156 cm (Obrázok 2). Postupná akcelerácia výškového prírastku VK viedla v piatom a nasledujúcich rokoch k dosiahnutiu štatisticky významne vyššej výšky nadzemnej časti VK v porovnaní s KK. Výškový rast PS a VBS sa štatisticky významne nelíšil. Úspešné splnenie kritéria zabezpečenej kultúry týkajúce sa výšky nadzemnej časti bolo preukázané pri VK päť rokov a pri KK šesť rokov po výsadbe, pri PS a VBS osem rokov po vysiatí (Obrázok 2).

Smrekovec

Deväť rokov po založení experimentálnej plochy dosiahlo priemerné prežívanie smrekovca pri VK 62 %, KK 49 %, PV 34 % a VB 40 %. Najvýraznejší pokles v prežívaní vysadených sadenic bol zaznamenaný v prvom roku, v ktorom na konci vegetačného obdobia prežívalo 71 % VK a 77 % KK. V nasledujúcich rokoch bol pokles prežívania výraznejší pri KK ako pri VK. Štatistická významnosť rozdielov v prežívaní VK a KK však bola preukázaná až po skončení siedmeho vegetačného obdobia po výsadbe na ploche. Pri výsevoch bol v prvom roku pre VBS (97 %) zaznamenaný štatisticky významne vyšší podiel obsadených výsevových plôšok ako pre PS (68 %). Zaznamenaný rozdiel mal však iba dočasný charakter. Deväť rokov po vysiatí už rozdiely v prežívaní VBS a PS jedincov neboli štatisticky významné.



Obrázok 2: Priemerná ujatosť a prežívanie (A), výška nadzemnej časti (B) voľnokorenňého a krytokorenňého sadbového materiálu a vyklíčených semenáčikov (priamy výsev, vegetačné bunky) smreka počas deviatich hodnotených rokov na experimentálnej ploche Husárik v Javorníkoch. Medzi variantmi označenými rôznym písmenom (časť A) a variantmi označenými značkami rôznej farby (časť B) je štatisticky významný rozdiel ($p < 0,05$).



Obrázok 3: Priemerná ujatosť a prežívanie (A), výška nadzemnej časti (B) voľnokorenňého a krytokorenňého sadbového materiálu a vyklíčených semenáčikov (priamy výsev, vegetačné bunky) smrekovca počas deviatich hodnotených rokov na experimentálnej ploche Husárik v Javorníkoch. Medzi variantmi označenými rôznym písmenom (časť A) a variantmi označenými značkami rôznej farby (časť B) je štatisticky významný rozdiel ($p < 0,05$).

Úspešné splnenie kritéria zabezpečenej kultúry týkajúceho sa prežívania bolo preukázané len pri VK, KK a VBS (Obrázok 3).

Deväť rokov po založení experimentálnej plochy dosiahla priemerná výška pri VK 500 cm, KK 610 cm, PV 320 cm a VB 435 cm (Obrázok 3).

KK dosiahli v 8. a 9. roku po vysadení štatisticky významne vyššiu výšku nadzemnej časti ako VK. V prvých rokoch po vysiatí dosiahli VBS jedince mierne vyššie hodnoty výšky nadzemnej časti ako jedince pochádzajúce z PS, v 8. a 9. roku po vysiatí bol už tento rozdiel vyhodnotený ako štatisticky významný. Úspešné splnenie kritéria zabezpečenej kultúry týkajúce sa výšky nadzemnej časti bolo preukázané pri VK a KK tri roky po výsadbe, pri PS a VBS päť rokov po vysiatí (Obrázok 3).

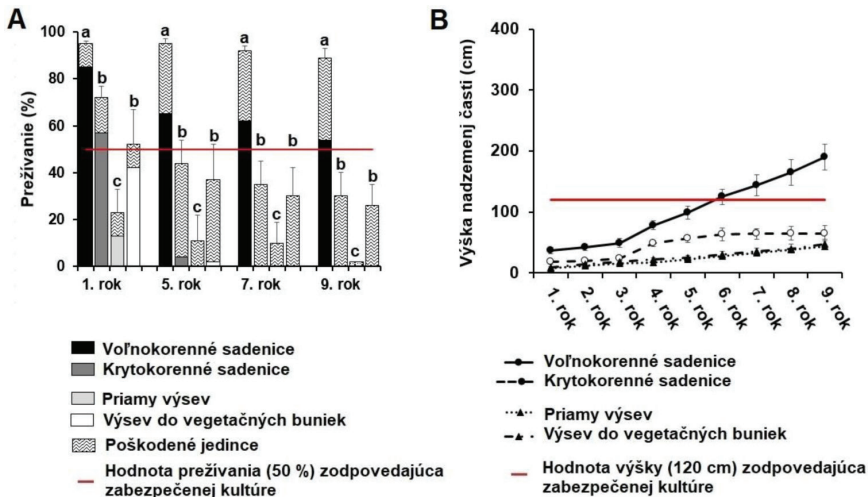
Jedľa

Deväť rokov po založení experimentálnej plochy dosiahlo priemerné prežívanie jedle pri VK 89 %, KK 30 %, PS 2 % a VBS 26 %. Najvýraznejší pokles prežívania vysadených jedincov bol zaznamenaný v prvom roku po výsadbe. VK dosiahli štatisticky významne vyššie prežívanie ako KK na konci každého z hodnotených rokov (Obrázok 4). VBS dosiahli štatisticky významne vyšší podiel obsadených výsevových plôšok ako PS v prvom roku po výseve a následne aj štatisticky významne vyššie prežívanie v ďalších rokoch. Úspešné splnenie kritéria zabezpečenej kultúry týkajúce sa prežívania bolo preukázané len pri VK (Obrázok 4). Bez ohľadu na porovnávaný variant bol pri jedincoch jedle zaznamenaný zvýšený podiel (10 -40 %) jedincov poškodených zverou nielen v prvom, ale aj v ďalších rokoch po založení plochy.

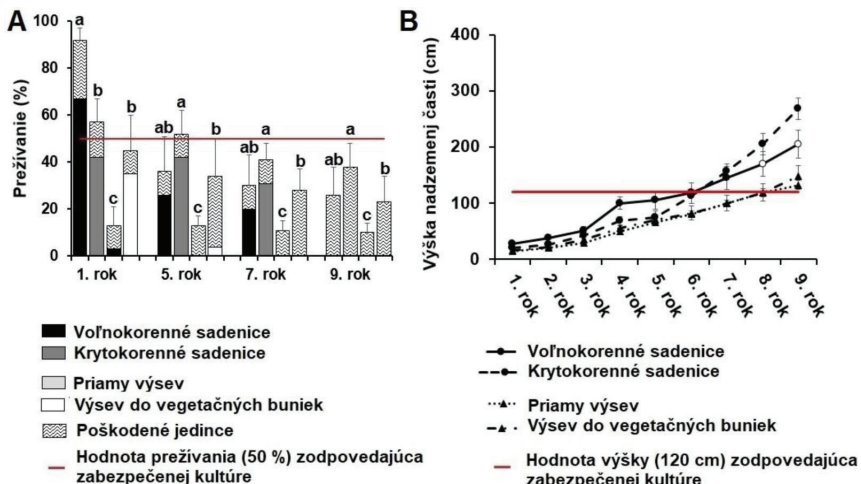
Deväť rokov po založení experimentálnej plochy dosiahla priemerná výška jedle pri VK 190 cm, KK 65 cm, PS 43 cm a VBS 47 cm (Obrázok 4). VK dosiahli štatisticky významne vyššiu výšku ako KK v každom z hodnotených rokov. Rast nadzemnej časti jedincov z PS a VBS bol značne spomalený. Deväť rokov po vysiatí nepresiahla celková výška nadzemnej časti vyklíčených jedincov 50 cm. Úspešné splnenie kritéria zabezpečenej kultúry týkajúce sa výšky nadzemnej časti bolo preukázané len pri VK šesť rokov po výsadbe (Obrázok 4).

Douglaska

Deväť rokov po založení experimentálnej plochy dosiahlo priemerné prežívanie douglasky v pri VK 26 %, KK 38 %, PS 10 % a VBS 23 %. Štatisticky významne lepšie prežívanie VK ako KK zaznamenané v prvom roku malo len dočasný charakter. Päť rokov po výsadbe už neboli rozdiely v prežívaní medzi VK a KK štatisticky významné. Štatisticky významne vyšší podiel obsadených výsevových plôšok pri VBS v porovnaní s PS zaznamenaný v prvom roku nemal významnejší dopad na následné prežívanie vyklíčených semenáčikov v ďalších hodnotených rokoch. Bez ohľadu na porovnávaný variant sa jedince douglasky vyznačovali nadmerným rozsahom poškodenia (v niektorých variantoch až 38 %) spôsobeným zverou (Obrázok 5). Úspešné splnenie kritéria zabezpečenej kultúry týkajúceho sa



Obrázok 4: Priemerná ujatnosť a prežívanie (A), výška nadzemnej časti (B) voľnokorenného a krytokorenného sadbového materiálu a vyklíčených semenáčikov (priamy výsev, vegetačné bunky) jedle počas deviatich hodnotených rokov na experimentálnej ploche Husárik v Javorníkoch. Medzi variantmi označenými rôznym písmenom (časť A) a variantmi označenými značkami rôznej farby (časť B) je štatisticky významný rozdiel ($p < 0,05$).



Obrázok 5: Priemerná ujatnosť a prežívanie (A), výška nadzemnej časti (B) voľnokorenného a krytokorenného sadbového materiálu a vyklíčených semenáčikov (priamy výsev, vegetačné bunky) douglasky počas deviatich hodnotených rokov na experimentálnej ploche Husárik v Javorníkoch. Medzi variantmi označenými rôznym písmenom (časť A) a variantmi označenými značkami rôznej farby (časť B) je štatisticky významný rozdiel ($p < 0,05$).

prežívania nebolo v prípade douglasky zaznamenané pri žiadnom z porovnávaných variantov (Obrázok 5).

Deväť rokov po založení experimentálnej plochy dosiahla priemerná výška pri VK 205 cm, KK 268 cm, PS 132 cm a VBS 148 cm (Obrázok 5).

KK dosiahli štatisticky významne vyššiu výšku ako VK v 8. a 9. roku po založení plochy. Okrem posledného merania vykonaného deväť rokov po založení plochy, neboli rozdiely vo výške nadzemnej časti medzi jedincami rastúcimi v rámci VBS a PS štatisticky významné. Úspešné splnenie kritéria zabezpečenej kultúry týkajúceho sa výšky nadzemnej časti bolo preukázané pri VK, KK sadeniach sedem rokov po výsadbe, pri VBS a PS semenáčikoch deväť rokov po vyklíčení (Obrázok 5).

Listnaté dreviny

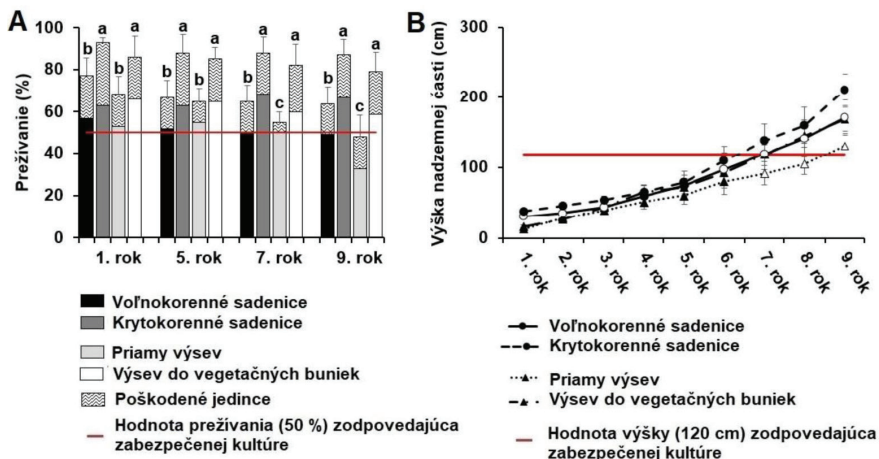
Buk

Deväť rokov po založení experimentálnej plochy dosiahlo priemerné prežívanie buka pri VK 64 %, KK 87 %, PS 48 % a VBS 79 %. Najvýraznejší pokles v prežívaní bol zaznamenaný v prvom roku po založení experimentálnej plochy, predovšetkým pri VK a PS. KK prežívali počas všetkých deviatich rokov významne lepšie ako VK (Obrázok 6). Rovnako pri výsevoch bol v prvom, ale aj nasledujúcich rokoch zaznamenaný štatisticky významne vyšší podiel obsadených výsevových plôšok pri VBS ako pri PS. Úspešné splnenie kritéria zabezpečenej kultúry týkajúce sa prežívania bolo zaznamenané pri VK a KK sadeniach a VBS semenáčikoch (Obrázok 6).

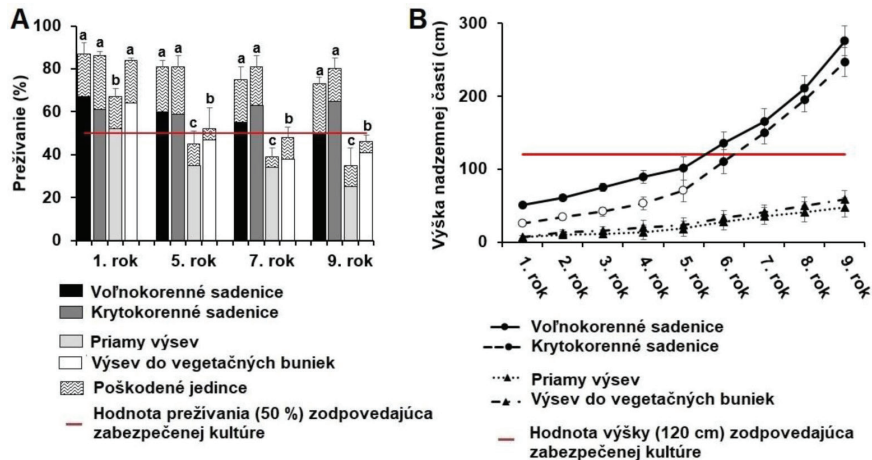
Deväť rokov po založení experimentálnej plochy dosiahla priemerná výška pri VK 171 cm, KK 211 cm, PS 132 cm a VBS 169 cm (Obrázok 6). KK si pred VK semenáčikmi s výnimkou krátkeho obdobia v 4. a 5. roku po výsadbe udržiavali štatisticky významný výškový odstup počas celého hodnoteného obdobia. Pri výsevoch neboli vo výške nadzemnej časti medzi porovnávanými variantmi až do štvrtého roku zaznamenané výraznejšie rozdiely. V štvrtom a piatom roku po založení už VBS dosiahli vyššiu výšku nadzemnej časti ako PS, od siedmeho roku boli už tieto rozdiely štatisticky významné. Úspešné splnenie kritéria zabezpečenej kultúry týkajúceho sa výšky nadzemnej časti bolo preukázané pri VK osem rokov a pri KK sedem rokov po výsadbe, pri PS deväť a VBS osem rokov po vysiatí (Obrázok 6).

Dub

Deväť rokov po založení experimentálnej plochy dosiahlo priemerné prežívanie duba pri VK 73 %, KK 80 %, PS 35 % a VBS 46 %. Pri oboch typoch sadbového materiálu bol zaznamenaný najväčší prepád v prežívaní v prvom roku po výsadbe. V nasledujúcich rokoch mal už pozvoľný charakter a medziročná zmena v prežívaní nepresiahla 5 %. Pri výsevoch dosiahol v prvom roku podiel obsadených výsevových plôšok pri VBS štatisticky významne vyšší podiel ako



Obrázok 6: Priemerná ujatnosť a prežívanie (A), výška nadzemnej časti (B) voľnokorenného a krytokorenného sadbového materiálu a vyklíčených semenáčikov (priamy výsev, vegetačné bunky) buka počas deviatich hodnotených rokov na experimentálnej ploche Husárik v Javorníkoch. Medzi variantmi označenými rôznym písmenom (časť A) a variantmi označenými značkami rôznej farby (časť B) je štatisticky významný rozdiel ($p < 0,05$).



Obrázok 7: Priemerná ujatnosť a prežívanie (A), výška nadzemnej časti (B) voľnokorenného a krytokorenného sadbového materiálu a vyklíčených semenáčikov (priamy výsev, vegetačné bunky) duba počas deviatich hodnotených rokov na experimentálnej ploche Husárik v Javorníkoch. Medzi variantmi označenými rôznym písmenom (časť A) a variantmi označenými značkami rôznej farby (časť B) je štatisticky významný rozdiel ($p < 0,05$).

pri PS. V nasledujúcich rokoch bol v obidvoch variantoch výsevu zaznamenaný výrazný pokles prežívania vyklíčených semenáčikov. Mierne lepšie prežívanie VBS v porovnaní s PS bolo zachované počas celého hodnoteného obdobia (Obrázok 7).

Deväť rokov po založení experimentálnej plochy dosiahla priemerná pri VK 276 cm, KK 246 cm, PS 47 cm a VBS 59 cm (Obrázok 7).

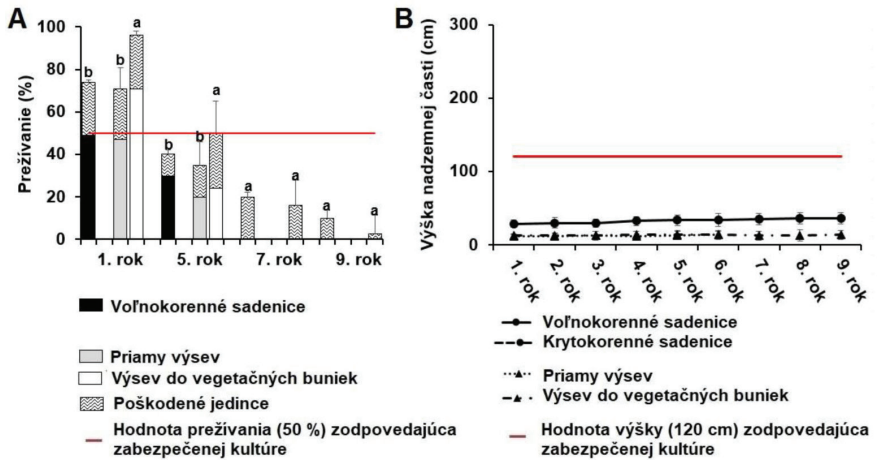
V čase výsadby výrazne vyspelejšie VK sadenice dosiahli štatisticky významne vyššiu výšku nadzemnej časti ako KK semenáčiky v každom z prvých piatich rokov po výsadbe. Akcelerácia výškového rastu KK semenáčikov počas hodnoteného obdobia, zaznamenaný rozdiel vo výške nadzemnej časti znížila natolko, že v ďalších hodnotených rokoch už neboli rozdiely vo výške nadzemnej časti medzi VK a KK štatisticky významné. Rast nadzemnej časti jedincov z PS a VBS bol značne spomalený. Deväť rokov po vysiatí nepresiahla celková výška nadzemnej časti vyklíčených jedincov 60 cm. Úspešné splnenie kritéria zabezpečenej kultúry týkajúce sa výšky nadzemnej časti bolo preukázané len pri VK šesť a pri KK sedem rokov po výsadbe (Obrázok 7).

Jaseň a javor

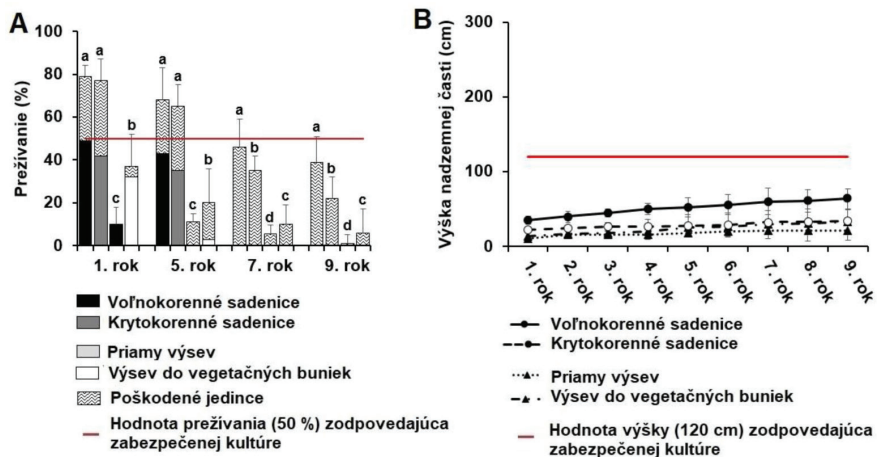
Deväť rokov po založení experimentálnej plochy dosiahlo priemerné prežívanie jaseňa pri VK 10 %, PS 0 % a VBS 2,5 %. Bez ohľadu na použitú zalesňovaciu technológiu bol vo všetkých variantoch zaznamenaný v prvých piatich rokoch po založení plochy výrazný pokles. Pri VK sadenicách klesol podiel prežitých zo 71 % v prvom roku po výsadbe na 40 % v piatom roku po výsadbe. Pri výsevoch klesol podiel výsevových plôšok so živým jedincom z 96 % v prvom roku na 50 % v piatom roku pri VBS a zo 71 % v prvom roku na 35 % v piatom roku pri PS (Obrázok 8).

Deväť rokov po založení experimentálnej plochy dosiahlo priemerné prežívanie javora pri VK 39 %, KK 22 %, PS 1 % a VBS 6 %. VK a KK sadenice dosiahli počas prvých piatich rokov podobné hodnoty prežívania. V siedmom a deviatom roku už VK v porovnaní s KK prežívali významne lepšie. VBS v porovnaní s PS štatisticky významne zvýšili podiel výsevových plôšok so živým jedincom v prvom roku (Obrázok 9). V nasledujúcich rokoch bol však pri výsevoch zaznamenaný výrazný úbytok živých jedincov javora. Bez ohľadu na porovnávaný variant sa prežívajúce jedince jaseňa a javora vyznačovali okrem zvýšeného výskytu poškodenia aj celkovou zníženou vitalitou prežívajúcich jedincov spôsobenou pravdepodobne zverou (Obrázok 8 a 9). Úspešné splnenie kritéria zabezpečenej kultúry týkajúceho sa prežívania nebolo v prípade jaseňa a javora zaznamenané pri žiadnom z porovnávaných variantov (Obrázok 8 a 9).

Deväť rokov po založení dosiahla priemerná výška v jaseňa pri VK 36 cm, VBS 14 cm a javora pri VK 63 cm KK 34 cm PS 21 cm a VBS 33 cm (Obrázok 8 a 9). Jedince jaseňa a javora sa vyznačovali počas všetkých deviatich hodnotených rokov stagnáciou výškového rastu v dôsledku čoho nebolo zaznamenané splnenie kritéria týkajúceho sa výšky nadzemnej časti pri žiadnom z hodnotených variantov.



Obrázok 8: Priemerná ujatnosť a prežívanie (A), výška nadzemnej časti (B) voľnokorenného a krytokorenného sadbového materiálu a vyklíčených semenáčikov (priamy výsev, vegetačné bunky) jaseňa počas deviatich hodnotených rokov na experimentálnej ploche Husárik v Javorníkoch. Medzi variantmi označenými rôznym písmenom (časť A) a variantmi označenými značkami rôznej farby (časť B) je štatisticky významný rozdiel ($p < 0,05$).



Obrázok 9: Priemerná ujatnosť a prežívanie (A), výška nadzemnej časti (B) voľnokorenného a krytokorenného sadbového materiálu a vyklíčených semenáčikov (priamy výsev, vegetačné bunky) javora počas deviatich hodnotených rokov na experimentálnej ploche Husárik v Javorníkoch. Medzi variantmi označenými rôznym písmenom (časť A) a variantmi označenými značkami rôznej farby (časť B) je štatisticky významný rozdiel ($p < 0,05$).

Diskusia

Skúmaniu možností širšieho uplatnenia krytokorenného sadbového materiálu lesných drevín v umelej obnove lesa sa v podmienkach Slovenska venovalo viacero autorov (Šmelková, Tichá 2003; Tučeková 2004; Repáč, Vencúrik 2015). Zvýšený záujem vychádzal okrem iného zo zistení, že v podmienkach výsadbových plôch mal mať KK sadbový materiál tendenciu dosahovať lepšiu ujatosť a následne aj odrastanie ako VK sadbový materiál (Grossnickle, El-Kassaby 2016). Na experimentálnej ploche založenej v rámci DORS Husárik bola táto tendencia pozorovaná pri drevinách smrek, smrekovec a buk. Vyššia počiatková ujatosť, ako aj lepší rast v prvých rokoch po výsadbe sú v prípade KK sadbového materiálu vo väčšine prípadov pripisované lepšej fyziologickej kvalite súvisiacej s koncentráciou koreňového systému do balu tvoreného pestovateľským substrátom (Leugner a kol. 2009). Pestovateľský substrát okrem fyzikálnych vlastností stimulujúcich rast nových koreňov v prvých rokoch po výsadbe môže KK sadbovému materiálu taktiež poskytnúť zvyškové množstvá živín, minerálov prípadne vody z obdobia intenzívnej pestovania v lesnej škôlke (Leugner a kol. 2009; Leugner et al. 2009). Kým pri smreku mala počiatková vyššia ujatosť KK oproti VK výsadbám zaznamenaná v našom experimente len krátkodobý charakter, pri smrekovci a buku bol so zväčšujúcim sa časovým odstupom od momentu výsadby zaznamenaný okrem lepšieho prežívania aj výrazne lepší rast KK oproti VK. McDonald (1991) a Grossnickle (2005) naznačujú, že pre dreviny, vrátane smrekovca a buka, tvoriacich výrazný kolový koreňový systém v juvenilných rastových štádiách, môže byť lepšia schopnosť KK oproti VK prekonať šok z presadenia daná aj priaznivejším zdravotným stavom koreňov. Korene KK sadbového materiálu môžu v momente dosiahnutia priaznivých podmienok obnoviť svoj rast a pokračovať v prirodzenom vývoji, zatiaľ čo pri koreňoch VK sadeníc už došlo v procese pestovania k mechanickej úprave koreňov (podrezávanie, škôlkovanie), ktoré boli navyše v procese manipulácie vystavené ďalšiemu zvýšenému riziku mechanického a fyziologického poškodenia (Grossnickle, El-Kassaby 2016). Na druhej strane, výsledky zaznamenané pri jedli dokazujú, že predpoklad lepšej fyziologickej kvality spájanej s použitím KK nemusí vždy postačovať na úspešné dosiahnutie parametrov zabezpečenej kultúry vysadenej dreviny. Väčšie rozmery ako aj naakumulovaná biomasa asimilačných, absorpčných a zásobných pletív totiž spravidla umožňuje v čase výsadby vyspelejšími VK sadenicami v konkurencii s okolitou vegetáciou lepšie obhájit vymedzený rastový priestor a po prekonaní šoku z presadenia odrásť a splniť kritériá zabezpečenej kultúry (Grossnickle, El-Kassaby 2016; Repáč a kol. 2021). V podmienkach kalamitnej plochy v Javorníkoch dosiahol deväť rokov po vysadení smrek VK v porovnaní s KK o viac ako 100 cm vyššiu výšku, pri jedli bol tento rozdiel ešte výraznejší. Veľkosť rozdielov medzi VK a KK jedľou bola zvyčajne aj intenzitou a rozsahom poškodzovania jedincov tejto dreviny zverou, ktorá prakticky zamedzila menej vyspelým KK semenáčikom odrásť z jej dosahu. Zver však zásadným spôsobom ovplyvnila taktiež vývoj výsadiel a výsevov douglasky, jaseňa a javora, pri ktorých nebolo možné v žiadnom

z hodnotených variantov konštatovať úspešné splnenie kritérií uvádzaných pre zabezpečenie kultúry. Napriek vykonaným opareniam zahrňajúcim celoplošné oplotenie experimentálnej plochy a následnú individuálnu ochranu vysadených jedincov sa vykonané opatrenia v podmienkach zvýšených stavov zveri ukázali ako neefektívne. Na zníženej účinnosti vykonaných ochranných opatrení mohli byť zapríčinené veľkosťou výmery oplotenej plochy (5,12 ha), prípadne použitím nedostatočne účinného pletiva. Zver, srnčia a jelenia, v miestach terénnych depresí prípadne nedostatočného kontaktu s povrchom pôdy plot podliezla alebo nadvihla. Nedostatočnou sa aj napriek odporúčaniam (Pepper 1992; STN 48 24 41) ukázala aj výška použitého pletiva (2 m), ktoré zver dokázala preskočiť.

Založenie kultúr hodnotených drevín s použitím testovaných výsevových metód bolo v porovnaní s výsadbou sadeníc menej úspešné. Z pohľadu dosiahnutia kritérií zabezpečenej kultúry sa úspešnejšou ukázala metóda výsevu do vegetačných buniek. Zatiaľ čo pri metóde priameho výsevu dokázali kritériá zabezpečenej kultúry splniť len vyklíčené semenáčky smrekovca pri metóde výsevu do vegetačných buniek už bolo zaznamenané splnenie kritérií pri smrekovci, smreku a buku. Úspešnosť založenia lesných kultúr prostredníctvom výsevu semien drevín vyznačujúcich sa nižšou klíčivosťou, prípadne nutnosťou stratifikácie sa v súlade so poznatkami uvádzanými v práci Grossnickle, Ivetić (2017) vyznačovala značnou nepredvídateľnosťou. Kým pri buku a jaseň presiahol podiel plôšok obsadených vyklíčeným jedincom v rámci VBS 80 %, pri jedli, douglaske a javore už tento podiel nepresiahol 50 %. Napriek značnému rozdielu vo vyspelosti medzi vysadenými a vyklíčenými jedincami testovaných drevín, dokázali jedince smreka 7 rokov, smrekovca 5 rokov a buka osem rokov po vysiatí do VBS presiahnuť kritickú výšku (120 cm) odvodenú v podmienkach DORS Husárik pre zabezpečenie kultúry. Vývoj výsevov ostatných drevín bol výrazne poznačený nízkym podielom obsadených výsevových plôšok s vyklíčeným jedincom (douglaska, jedľa, javor) opakovaným poškodzovaním zverou a následnou neschopnosťou odrásť z dosahu konkurenčnej vegetácie.

Záver

Výsledky získané počas hodnotenia kultúr vybraných drevín založených s využitím rôznych technológií umelej obnovy na experimentálnej ploche v rámci DORS Husárik poukázali na viaceré známe ale i nové skutočnosti. Podľa očakávania sa v podmienkach experimentálnej plochy darilo najmä drevinám smrekovec a smrek, ktorých sadbový materiál a výsevy sa vyznačovali značnou vitalitou. Na druhej strane bol vývoj ostatných dvoch ihličnatých drevín, jedle a douglasky, omnoho pozvoľnejší a do značnej miery ovplyvnený negatívnym pôsobením zveri. Obdobnú situáciu bolo možné pozorovať aj pri listnatých drevinách, kde sa neočakávanou vitalitou prezentoval najmä dub, ktorého výška nadzemnej časti presiahla deväť rokov po vysadení 250 cm. Zatiaľ čo kultúry buka a duba v sledovanom období splnili kritériá zabezpečenej kultúry, vývoj jedincov javora a jaseňa bol poznačený výraznou stagnáciou, v dôsledku ktorej nepresiahla

výška nadzemnej časti žijúcich jedincov hranicu 100 cm. V podmienkach experimentálnej plochy sa ukázalo byť výhodnejšie použitie VK sadbového materiálu, ktorý sa v porovnaní s použitým KK sadbovým materiálom vyznačoval v čase výsadby väčšou vyspelosťou pri väčšine testovaných drevín. Najvýraznejší rozdiel medzi VK a KK sadbovým materiálom v procese adaptácie a odrastania na experimentálnej ploche bol zaznamenaný pri jedli. V prípade výsevov bolo aj napriek menšej morfolologickej vyspelosti vyklíčených jedincov zaznamenané úspešné splnenie kritérií zabezpečenej kultúry pri VBS smrekovci, smreku a buku. Výsledky spojené s úspešným založením kultúry duba sadbou VK a KK sadeníc, ako aj kultúr vybraných drevín metódou VBS v podmienkach DORS Husárik naznačujú, že v prípade umelej obnovy rozpadajúcich sa smrečín je možné uvažovať aj s menej konvenčnými opatreniami. Voľbou drevín počnúc a výberom zalesňovacích metód končiac.

Literatúra

- Belko M., Tučeková A., Longauer R., Longauerová V., Mačejovský V., Horvát I. 2024: The search for effective artificial regeneration technology of selected commercially important coniferous tree species on large sanitation cut site situated in Javorníky Mts., Western Carpathians. *Journal of Forest Science*, --: V tlači.
- Grossnickle S.C. 2005: Importance of root growth in overcoming planting stress. *New Forests* 30: 273-294.
- Grossnickle S.C., El-Kassaby A.Y. 2016: Bareroot versus container stocktypes: a performance comparison. *New Forests* 47: 1-51.
- Grossnickle S.C., Ivetič V. 2017: Direct seeding in reforestation – A field performance review. *Reforesta* 0(4): 94-142.
- Konôpka J., Konôpka B. 2007: Development of wood salvage cuttings in Slovakia and its prognosis for wind, snow and ice by 2025. *Lesnícky Časopis–Forestry Journal* 53: 273-291.
- Leugner J., Jurásek A., Martincová J. 2009: Comparison of morphological and physiological parameters of the planting material of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) from intensive nursery technologies with current bareroot plants. *Journal of Forest Science* 55(11): 511-517.
- McDonald P.M. 1991: Container seedlings outperform barefoot stock: Survival and growth after 10 years. *New Forests*, 5(2): 147-156.
- Pepper H.W. 1992: Forestry commission bulletin 102, Forest fencing. London, HMSO: 42.
- Repáč I., Vencúrik J. 2015: Intenzifikácia technológií zakladania lesných kultúr so zameraním na aplikáciu stimulačných prípravkov. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 132 s.
- 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 Carpathia Mts. *New Forests* 52: 449-472.
- Sitková Z., Šebeň V. 2012: Demonštračný objekt Husárik – výskum premeny

- smrečín in-situ. Lesnická práce, 91(11-12): 24-25.
- Šmelková L., Tichá I. 2003: Porovnanie kvalitatívnych a kvantitatívnych parametrov semenáčikov smrekovca opadavého (*Larix decidua* Mill.) pestovaných voľnokorennými a krytokorennými technológiami. Acta Facultatis Forestalis Zvolen 45: 135-149.
- Tučeková A. 2004: Výsledky zalesňovania imisných holín voľnokorennými a obalenými sadenicami. Lesnícky časopis - Forestry Journal 50: 17-39.
- Tučeková, A. 2015. Rekonštrukcie smrečín na Kysuciach s použitím umelej obnovy sejbou a sadbou. Aktuálne výsledky umelej obnovy na demonštračnom objekte Husárik na Kysuciach. In: Bednárová D., Štefančík I. (eds.): Aktuálne problémy v zakladaní a pestovaní lesa. Zborník referátov. Liptovský Mikuláš, 5.-6. október 2015. Zvolen, Národné lesnícke centrum: 17-27

Podakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka finančnej podpore Agentúry na podporu výskumu a vývoja MŠVVaŠ SR projektu APVV-19-0601 "Rekonštrukcie nepôvodných smrečín zamerané na podporu druhovej a štruktúrnej diverzity lesa" a podpore projektu TreeAdapt, financovaného z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301).

Kontakt

Ing. Martin Belko, PhD.
Odbor pestovania lesa
Lesnícky výskumný ústav Zvolen
Národné lesnícke centrum
T. G. Masaryka 2175/22
960 01 Zvolen, Slovak Republic
martin.belko@nlcsk.org

KORELÁCIA HMOTNOSTI 1000 KS SEMIEN BOROVICE HORSKEJ (PINUS MUGO TURRA) A ICH NÁSLEDNEJ KLÍČIVOSTI

Vladimír Mačejovský

Abstrakt

Pre svoju protieróznu funkciu v horských oblastiach je borovica horská (*Pinus mugo* TURRA) považovaná za ekologicky dôležitý druh. Preto pri produkcii kvalitných sadeníc potrebných pre zalesňovanie na eróziu rizikových lesných plôch je dôležitý správny výber semenného materiálu. Nájdenie vzťahu medzi veľkosťou semien, ktorá je pod silným genetickým vplyvom, by mohlo pomôcť v lesníckej praxi pri výbere vhodného semenného materiálu.

Zo získaných výsledkov môžeme predpokladať pozitívny korelačný vzťah medzi veľkosťou semien a ich klíčivosťou.

Kľúčové slová

energia klíčenia, klíčivosť, *Pinus mugo* TURRA, veľkosť semien

Úvod

Borovica horská (*Pinus mugo* TURRA) je dôležitým druhom pre svoju protieróznu funkciu v horských oblastiach. Svojím rozsiahlym koreňovým systémom spevňuje pôdu strmých svahov a zabraňuje tvorbe bystrín, či lavínových erózií. Drevo je používané hlavne ako palivo. Zo šišiek a púčikov sa vyrábajú liečivé sirupy, či likéry a čaj z ihličiek je pre svoj vysoký obsah vitamínu C a karoténu používaný pre obnovu imunitného systému (Alexandrov et al., 2019; Ballian et al., 2016).

Prirodzeným areálom rozšírenia tohto druhu sú subalpínske a alpínske oblasti Balkánu, Karpát, Krušných hôr, Álp, Vogéz, Apenín (až po Abruzzo) a Pyrenejí. V Strednej a Východnej Európe sa vyskytuje od 200 (malé a solitárne populácie) do 2 700 m n. m.. Najpočetnejšie sa vyskytuje v páse Východných Álp a Karpát v nadmorskej výške 1 600-2 200 m n. m. (Ballian et al., 2016).

Dreviny sú kríkovitého vzrastu, so širokou morfológickou, či anatomicky charakteristickou variabilitou. Obvykle dosahuje výšku iba 5 m, pričom bočné vetvy môžu dorásť do dĺžky 10 m. Aj keď sú vetvy pomerne dlhé, ich hrúbka a vyššia elasticita im zabezpečuje odolnosť voči polámaniu vetrom, mrazom, či váhou napadnutého, či lavínového snehu (Alexandrov et al., 2019; Pagan, 1999).

Borovica horská dosahuje svoju pohlavnú zrelosť v 10. roku života, kedy začne tvoriť šišky, ktorých semeno vždy dozrieva do druhého roka po odkvitnutí. Výber

správneho semenného materiálu je jedným z kľúčových aspektov pri produkcii kvalitných sadeníc potrebných pre úspešné a cenovo výhodné zalesňovanie lesných pozemkov. Použitie lesného reprodukčného materiálu s nevhodnými kvalitatívnymi vlastnosťami môže nepriaznivo až fatálne ovplyvniť fungovanie a stabilitu budúceho lesného porastu (Pesendorfer, 2015; Tumpa et al., 2021).

Semenný materiál lesných drevín je problematickejší v porovnaní so semenným materiálom hospodárskych plodín. Ich obmedzená časová a množstevná dostupnosť, podmienená úrovňou a silou úrodnosti daného roku je jedným z hlavných rozlišujúcich a limitujúcich faktorov. Zároveň hodnoty klíčivosti lesných drevín, rozhodujúce o úspešnosti nového jedinca v poraste, sú nižšie a náklady na jej zvýšenie sú príliš vysoké. Jedným zo spôsobov, ako znížiť tieto náklady, je zbierať kvalitný semenný materiál s vyššími hodnotami klíčivosti. Klíčivosť a energia klíčenia sú ovplyvnené rôznymi faktormi, ako je zdroj semenného materiálu, klimatické faktory okolia, nutričné zásoby získané od matky, vek a spôsob prípravy semien, ale aj veľkosť semien (Gómez, 2004; Pandey et al., 2017; Pesendorfer, 2015). Veľkosť semien, ktorá je pod silným genetickým vplyvom a je dedená od matky, má vplyv na celkový vývoj nového jedinca (Pesendorfer, 2015). Má tiež vplyv na rast a produkciu biomasy (Shahi et al., 2015; Zhang et al., 2018). Viaceré štúdie, ktoré boli zamerané, síce na buriny a poľnohospodárske plodiny, našli koreláciu medzi veľkosťou semien a ich nutričnou zásobou a aj ich následnou produkciou biomasy.

Táto práca je zameraná na sledovanie prípadného vzťahu medzi veľkosťou semien borovice horskej (*Pinus mugo* TURRA) a jej klíčivosťou, či energiou klíčenia. Nájdenie takéhoto vzťahu by mohlo pomôcť lesníckej praxi pri produkcii vhodného sadbového materiálu a tým aj zabezpečiť stabilitu porastu.

Metodika

Ako vstupné dáta klíčivosti a hmotnosti 1000 ks semien sme použili výsledky oficiálnych skúšok kvality zo semenárskeho laboratória Národného lesníckeho centra, ktoré analyzovalo registrovaný semenný materiál z oficiálnych semenných zdrojov na Slovensku. Analyzované výsledky kvality sú datované od roku 1980 do roku 2023 z celého Slovenska (tab. 1).

Testovaný semenný materiál rôznych populácií bol do laboratória prinesený v uzavretých a zapečatených obaloch. Kým sa nevyhodnotila kvalita semien podľa pravidiel ISTA, testovaný materiál bol skladovaný v chladiacom boxe pri teplote 4°C, kde bol pravidelne kontrolovaný na možný výskyt plesní. Počty testovaných oddielov podľa rokov uskladnenia je uvedený v tab. 2.

Testovaním kvality semien sme získali hmotnosť 1000 ks semien, energiu klíčenia a klíčivosť.

Presné veľkosti semien (dĺžka, šírka a hrúbka) neboli pri skúškach kvality stanovené, preto sme pri analýze použili náhradnú veličinu, a to hmotnosť 1 000 ks semien, keďže hmotnosť 1 000 semien sa považuje za vysoko korelované množstvo s veľkosťou semien (Chaisurisri et al., 1992; Mikola, 1980; Quero et al., 2007). Hmotnosť 1000 ks semien bola stanovená podľa platných ISTA postupov.

Tabuľka 1 Počty nazbieraných oddielov v daných rokoch

Rok zberu	Počet oddielov	Rok zberu	Počet oddielov
1980	5	2005	1
1983	5	2006	2
1987	10	2009	2
1988	23	2010	2
1991	23	2012	1
1992	29	2013	1
1994	3	2015	1
1995	12	2016	3
1996	15	2017	1
1997	6	2018	1
1998	3	2019	1
1999	20	2020	1
2000	23	2021	5
2001	9	2022	1
2002	3	2023	1
Spolu	213 oddielov		

Tabuľka 2 Počty testovaných oddielov, podľa počtu rokov ich uskladnenia

Počet rokov uskladnenia	Počet oddielov	Počet rokov uskladnenia	Počet oddielov
0	10	11	3
1	48	12	7
2	19	13	7
3	11	14	7
4	7	15	2
5	11	16	1
6	21	17	7
7	16	18	2
8	9	19	1
9	12	21	1
10	9	22	2
Spolu 213 oddielov			

Klíčovosti osiva sa boli zistené podľa platných ISTA pravidiel, kde bolo osivo vysiate do priesvitných archov (krabičiek) na vzduchom sterilizovanom filtračnom papieri, ktorý bol zaliaty ultračistou vodou. Z každej populácie sa pripravili 4 opakovania (označenie A, B, C, D) po 100 ks semien. Vzorky sa následne uložili do klíčnych skriň, kde sa udržiavala teplota 20°C (perióda tmy 16 hodín) a 30°C (perióda svetla 8 hodín). Všetky varianty boli hodnotené po 7, 10, 15 a 21 dňoch od výsevu.

Pre štatisticky významné rozdiely medzi hodnotenými populáciami bol použitý Kruskal-Wallisov test a možné korelácie medzi premennými hodnotami boli určené pomocou Spearmanovho koeficientu.

Výsledky

Z totálneho počtu 213 analýz semien borovice horskej (*Pinus mugo* TURRA) sme zistili výraznú ľavostrannú asymetriu hodnôt hmotnosti 1 000 semien s priemernou hodnotou 6,22 g a slabšiu pravostrannú asymetriu pri klíčivosti semien s priemernou hodnotou 86,08 %. Energia klíčenia o priemere 46,46 % vykazovala normálne rozdelenie hodnôt. Opisná štatistika meraných hodnôt je uvedená v tab. 3.

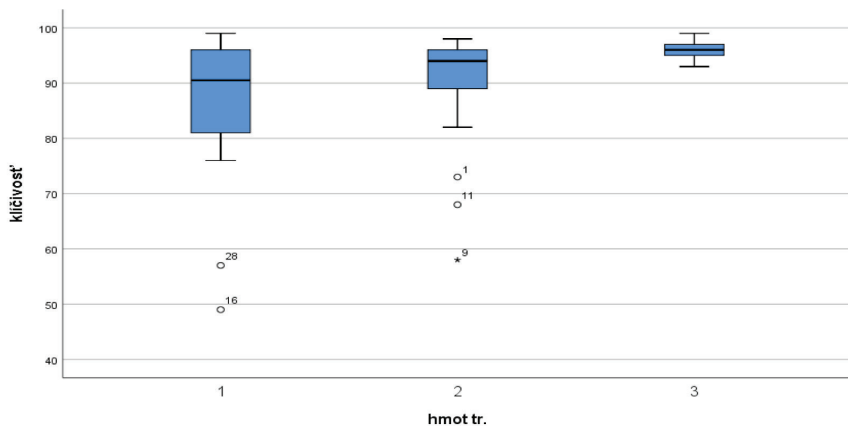
Tabuľka 3 Opisná štatistika meraných hodnôt

		Hodnota	Stredná chyba parametra
klíčivosť	Priemer	86,08	0,865
	Smerodajná odchýlka	12,629	
	Minimum	26	
	Maximum	99	
	Koeficient asymetrie	-1,721	0,167
	Koeficient špicatosti	3,245	0,332
energia klíčenia	Priemer	46,46	1,908
	Smerodajná odchýlka	27,847	
	Minimum	0	
	Maximum	94	
	Koeficient asymetrie	-0,046	0,167
	Koeficient špicatosti	-1,299	0,332
hmotnosť 1000 ks semien	Priemer	6,224	0,048
	Smerodajná odchýlka	0,693	
	Minimum	5,137	
	Maximum	9,011	
	Koeficient asymetrie	1,243	0,167
	Koeficient špicatosti	1,952	0,332

Za účelom zistenia rozdielnej klíčivosti semien v závislosti od ich veľkosti, sme rozdelili namerané hmotnosti 1 000 ks semien do troch hmotnostných tried:

1. malé (5-5,99 g),
2. stredné (6-6,99g),
3. veľké (viac ako 7g).

Z obrázka 1, kde je znázornená klíčivosť čerstvých semien, je zrejmé, že klíčivosť veľkých semien je výrazne koncentrovanejšia pri vyšších hodnotách, v porovnaní s malými a strednými semenami.



Obrázok 1 Grafické znázornenie klíčivosti čerstvých semien troch hmotnostných tried

Avšak analýza rozdielov pomocou Kruskal-Wallisovho testu nám ukazuje, že daný rozdiel nie je štatisticky signifikantný (tab. 4).

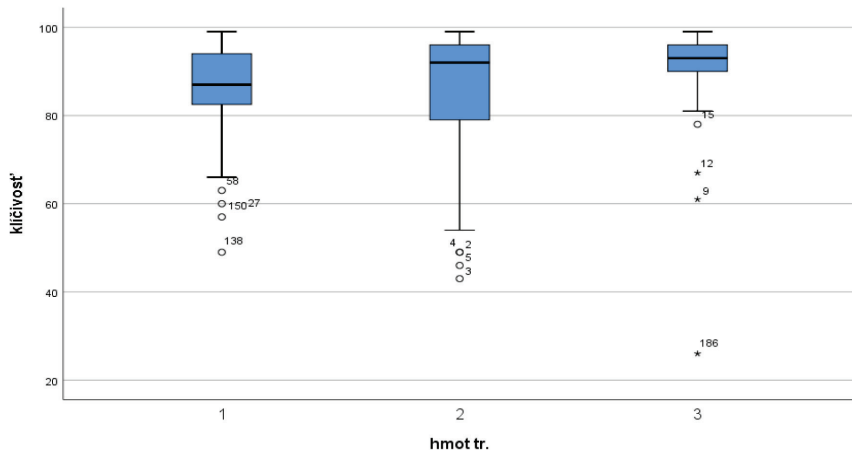
Tabuľka 4 Kruskalov-Wallisov test klíčivosti hmotnostných tried čerstvých semien.

malé x stredné x veľké	Kruskal-Wallis H	5,138
	df	2
	Asymp. Sig.	0,077

Štatistická signifikantnosť rozdielov sa ukázala až pri analýze klíčivosti všetkých, aj dlhodobo skladovaných semien (tab. 5). Pri grafickom znázornení klíčivosti všetkých vekových tried semien borovice horskej sú hodnoty klíčivosti veľkých semien, rovnako ako pri čerstvých, koncentrované vo vyššej úrovni klíčivosti (obrázok 2).

Tabulka 5 Kruskal-Wallisov test klíčivosti hmotnostných tried semien

malé x stredné x veľké	Kruskal-Wallis H	7,129
	df	2
	Asymp. Sig.	0,028



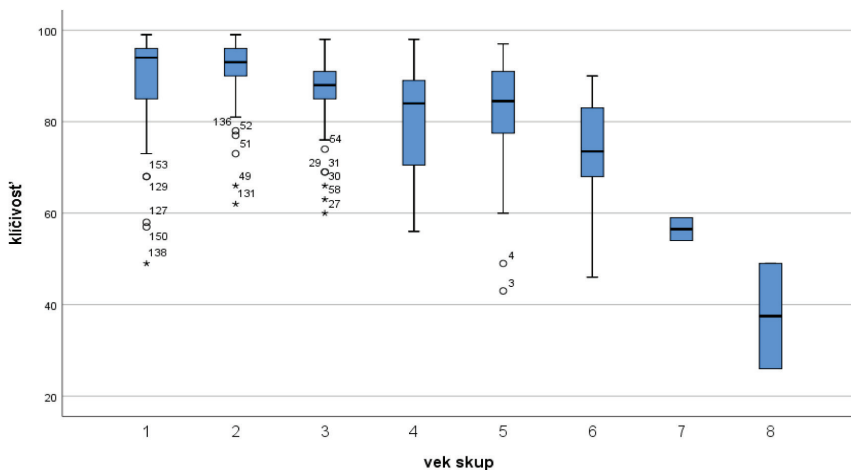
Obrázok 2 Grafické znázornenie klíčivosti troch hmotnostných tried

Z výsledkov párového porovnania medzi jednotlivými hmotnostnými triedami sa zistilo, že štatisticky signifikantný rozdiel klíčivosti je iba medzi triedami malé a veľké semená. Klíčivosť stredných semien sa voči ostatným triedam signifikantne neodlišuje (tab.6).

Tabulka 6 Párové porovnanie rozdielu klíčivosti hmotnostných tried

Velkostné triedy	Test statistic	Std. error	Std test statistic	sig	Ad. Sig
malé x stredné	-14,178	9,075	-1,562	0,118	0,355
malé x veľké	-33,791	13,125	-2,575	0,01	0,03
stredné x veľké	-19,613	13,09	-1,498	0,134	0,402

Klíčovosť semien je výrazne ovplyvnená vekom semenného materiálu (obrázok 3). Pre overenie správnosti hypotézy, že veľkosť semien je primárnym faktorom na nasledovnú klíčivosť, sme namerané dáta analyzovali Spearmanovou korelačnou analýzou (tab. 7). Z výsledkov môžeme povedať, že aj keď klíčivosť semien vekom klesá, medzi hmotnosťou 1 000 ks semien a ich klíčivosťou existuje signifikantný pozitívny korelačný vzťah (čím väčšie semená, tým vyššia klíčivosť).



Obrázok 3 Grafické znázornenie klíčivosti vekových skupín semien.

Tabuľka 7 Spearmanova korelačná analýza medzi charakteristikami semien

		vek	hmot. tr.	klíčivosť	energia
vek	Correlation Coefficient	1,000	-0,053	-,415**	-,322**
	Sig. (2-tailed)		0,443	0,000	0,000
	N	213	213	213	213
hmotnosť 1000 ks semien	Correlation Coefficient	-0,053	1,000	,178**	,154*
	Sig. (2-tailed)	0,443		0,009	0,025
	N	213	213	213	213
klíčivosť	Correlation Coefficient	-,415**	,178**	1,000	,675**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,009		0,000
	N	213	213	213	213
energia klíčenia	Correlation Coefficient	-,322**	,154*	,675**	1,000
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,025	0,000	
	N	213	213	213	213

** . Korelácia významná na úrovni 0,01 (2-tailed).

* . Korelácia významná na úrovni 0,05 (2-tailed).

Diskusia

Zo získaných výsledkov vidíme, že klíčivosť čerstvých semien borovice horskej (*Pinus mugo* TURRA) medzi hmotnostnými triedami nebola štatisticky významná, ale už vykazovala náznak korelačného vzťahu, medzi týmito veličinami. Pri porovnaní klíčivosti medzi hmotnostnými triedami, všetkých vekových skupín, sa rozdiel klíčivosti prejavil ako štatisticky významný. Aj keď klíčivosť semien borovice vekom klesala, ukázalo sa, že väčšie semená majú z dlhodobého hľadiska výhodu, čo sa prejavilo v pozitívnej korelácii klíčivosti a ich veľkosti. Zistený jav je v zhode s výsledkami ďalších štúdií, ktoré sa už venovali problematike klíčenia, s čím súvisí počiatočný vývoj a rast nového jedinca. Už všeobecne sa predpokladá, že väčšie semená disponujú väčšou výhodou pri klíčení a počiatočného rastu, podmienené väčšou zásobou živín a teda stavebného materiálu pre nové semenáčky. Pozitívna korelácia medzi veľkosťou semien a ich klíčivosťou bola pozorovaná už pri *Larix decidua* Mill. (Gorian et al., 2007), *Acer pseudoplatanus* L. (Daws et al., 2006), *Populus deltoids* W. Bartram ex Marshall (Mishra et al., 2010), *Aesculus hippocastanum* L. (Daws et al., 2004), *Quercus douglasii* Hook. & Arn či *Quercus lobata* Née (Shahi et al., 2015). Avšak problematika korelácie medzi veľkosťou semien a ich klíčivosťou, nie je vždy jednoznačná. Niektoré štúdie určitých druhov drevín nezistili žiadnu koreláciu, ako napr. pri *Castanea sativa* Mill. (Tumpa et al., 2021) alebo iné dreviny, ako napr. *Quercus petraea* (Mattusch.) Liebl., ktoré vykazujú koreláciu negatívnu (menšie semená majú vyššiu klíčivosť) (Gómez, 2004; Mačejovský, 2022).

Je treba si uvedomiť, že klíčivosť a aj veľkosť semien je jednou z evolučných adaptácií druhu na svoje prostredie, čím si daný druh (prípadne samotná populácia) zabezpečuje svoju dlhodobú a udržateľnú existenciu, konkurencieschopnosť a možnosť ďalšieho rozširovania sa.

Aj keď sa dá z výsledkov semien *Pinus mugo* TURRA predpokladať, že väčšie semená sú reprodukčne vhodnejšie ako malé semená, treba si pripomenúť, že klíčivosť je iba jednou z podstatných kvalitatívnych vlastností, ale nie konečnou. V prípade druhu *Castanea sativa* Mill. (Tumpa et al., 2021) sa nezistil žiadny vzťah medzi veľkosťou semien a klíčivosťou, ale existovala pozitívna korelácia medzi veľkosťou semien a výškou a hrúbkou krčka nových sadeníc. Ďalej veľkosť semien môže ovplyvniť toleranciu sadeníc voči suchu (Shahi et al., 2015), reakciu na zvýšený CO₂ ako u *Picea rubens* Sarg. (Jones & Reekie, 2007) alebo adaptáciu iných druhov na zmenu klímy (Kijowska-Oberc et al., 2020).

Keďže produkcia semenného materiálu ihličnatých drevín často klesá so zvyšujúcou sa nadmorskou výškou, s čím je spojená aj kvalita semien (Šenfeldr & Tremel, 2020), je potrebné narábať s týmto materiálom čo najefektívnejšie. Aj keď sa zdá, že produkcia a klíčivosť semenného materiálu borovice horskej sa zvýšila v dôsledku nárastu priemerných teplôt (hlavne letných), vysoká úmrtnosť semenáčikov v prvom roku robí daný druh stále náročný a nákladný na produkciu (Šenfeldr & Tremel, 2020). Z daných faktov sú potrebné ďalšie ciele štúdie, ktoré by sledovali vzťahy kvalitatívnych a kvantitatívnych vlastností semien a semenáčikov s ďalšími premennými.

Podakovanie

Táto práca bola podporená v rámci projektu TreeAdapt, financovaného z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301).

Použitá literatúra

- Alexandrov, A. H., Von Wühlisch, G., & Vendramin, G. G. (2019): *Pinus mugo* - Technical guidelines for genetic conservation and use of mountain pine.
- Ballian, D., Ravazzi, C., De Rigo, D., & Caudullo, G. (2016): *Pinus mugo* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In European atlas of forest tree species (pp. 124–125). <https://w3id.org/mtv/FISE-Comm/v01/e012d81>.
- Daws, M. I., Cleland, H., Chmielarz, P., Gorian, F., Leprince, O., Mullins, C. E., Thanos, C. A., Vandvik, V., & Pritchard, H. W. (2006): Variable desiccation tolerance in *Acer pseudoplatanus* seeds in relation to developmental conditions: A case of phenotypic recalcitrance? *Functional Plant Biology*, 33(1), 59–66. <https://doi.org/10.1071/FP04206>
- Daws, M. I., Lydall, E., Chmielarz, P., Leprince, O., Matthews, S., Thanos, C. A., Pritchard, H. W., & Daws, M. I. (2004): Developmental heat sum influences recalcitrant seed traits in *Aesculus hippocastanum* across Europe. *New Phytologist*, 162, 157–166. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01012.x>
- Gómez, J. M. (2004): Bigger is not always better: Conglicting selective pressures on seed size in *Quercus ilex*. *Evolution*, 58(1), 71–80.
- Gorian, F., Pasquini, S., & Daws, M. I. (2007): Seed size and chilling affect germination of *Larix decidua* Mill. seeds. *Seed Science and Technology*, 35(2), 508–513. <https://doi.org/10.15258/sst.2007.35.2.26>
- Jones, T. A., & Reekie, E. G. (2007): Effect of seed size on seedling growth response to elevated CO₂ in *Picea abies* and *Picea rubens*. *Plant Biology*, 9(6), 766–775. <https://doi.org/10.1055/s-2007-965251>
- Kijowska-Oberc, J., Staszak, A. M., Kamiński, J., & Ratajczak, E. (2020): Adaptation of Forest Trees to Rapidly Changing Climate. *Forests*, 11, 1–23. <https://doi.org/10.3390/f11020123>
- Mačejovský, V. (2022): Effect of seed size on germination of sessile oak (*Quercus petraea* (Mattusch.) Liebl.). *Proceedings of Central European Silviculture*, 16–21.
- Mishra, A., Swamy, S. L., Bargali, S. S., & Singh, A. K. (2010): Tree growth, biomass and productivity of wheat under five promising clones of *Populus deltoids*. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 36(2–3), 167–174.
- Pagan, J. (1999): *Lesnícka dendrológia*. Technická univerzita vo Zvolene.
- Pandey, R., Bargali, K., & SS, B. (2017): Does Seed Size Affect Water Stress Tolerance in *Quercus leucotrichophora* A. Camus at Germination and Early Seedling Growth Stage? *Biodiversity International Journal*, 1(1), 24–30. <https://doi.org/10.15406/bij.2017.01.00005>
- Pesendorfer, M. B. (2015). The Effect of Seed Size Variation in *Quercus pacifica* on Seedling Establishment and Growth.
- Šenfeldr, M., & Tremel, V. (2020): Which generative reproduction characteristics determine successful establishment of the subalpine shrub *Pinus mugo*? *Journal*

- of Vegetation Science, 31(3), 403–415. <https://doi.org/10.1111/jvs.12857>
- Shahi, C., Vibhuti, V., Bargali, K., & Bargali, S. (2015): How Seed Size and Water Stress Effect the Seed Germination and Seedling Growth in Wheat Varieties? Current Agriculture Research Journal, 3(1), 60–68. <https://doi.org/10.12944/carj.3.1.08>
- Tumpa, K., Vidaković, A., Drvodelić, D., Šango, M., Idžojtić, M., Perković, I., & Poljak, I. (2021): The effect of seed size on germination and seedling growth in sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.). Forests, 12(7). <https://doi.org/10.3390/f12070858>
- Zhang, H., Xu, S., Pang, S., Piao, X., & Wang, Y. (2018): Effect of seed size on seedling performance, yield and ginsenoside content of *Panax ginseng*. Seed Science and Technology, 46(2), 407–417. <https://doi.org/10.15258/sst.2018.46.2.22>

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



ISBN: 978-80-8093-360-9



9788080933609