

VYHODNOCENÍ MORFOLOGICKÝCH ZNAKŮ SADEBNÍHO MATERIÁLU DUBU LETNÍHO A DUBU ZIMNÍHO Z RŮZNÝCH ZDROJŮ PŮVODU

EVALUATION OF THE MORPHOLOGICAL TRAITS OF PEDUNCULATE OAK AND SESSILE OAK SEEDLINGS FROM DIFFERENT PROVENANCE SOURCES

JAN LEUGNER¹⁾✉ - ELIŠKA ŽIŽKOVÁ²⁾ - JAKUB ČERNÝ^{1,2)}

¹⁾Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i, Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Czech Republic

²⁾Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic

✉ e-mail: leugner@vulhmop.cz

ORCID: J. Leugner 0009-0009-4397-4079

E. Žižková 0009-0009-0799-462X

J. Černý 0000-0002-9954-1506

ABSTRACT

Pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) are two important tree species in the ongoing conversion of Central European forests. In the initial testing series introduced in this study, we examined whether values of standard nursery quality traits differ between provenance lots and between the two oak species tested. One-year-old containerised seedlings grown from nine certified seed sources (six pedunculate oak and three sessile oak) were produced in air-cushion container trays. Seedling height and root-collar diameter were measured in accordance with the Czech Standard No. 48 2115. Volume of fresh shoots, coarse roots (>1 mm) and fine roots (<1 mm) were quantified using the xylometric method, and the root-to-shoot volume ratio and the percentage of the fine root volume from the total volume of the root system were subsequently calculated. Differences between lots and oak species were tested using one-way ANOVA, followed by Games-Howell post-hoc test ($p < 0.05$). Seedling height differed significantly between the provenance lots and oak species. Sessile oak seedlings were smaller, except for the one sessile oak seedling lot (7 DBZ) that had a stem height comparable to that of pedunculate oak seedlings. Statistically significant differences were found in the morphological parameters of sessile oak and pedunculate oak seedlings. Within the pedunculate oak group, the individual provenance lots were more homogeneous. In contrast, significant differences were also observed between the individual provenance lots of sessile oak.

For more information see Summary at the end of the article.

Klíčová slova: umělá obnova lesa; lesní školkařství; tloušťka kořenového krčku; poměr kořenů a nadzemní části; jemné kořeny

Key words: artificial regeneration; forest nursery; root-collar diameter; root-to-shoot ratio; fine root volume

ÚVOD

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

al. 2018). Na druhé straně však může být jejich rozšiřování do vyšších vegetačních stupňů či severnějších oblastí limitováno dalšími ekologickými podmínkami, jako je například výskyt pozdních mrazů nebo nevhodné půdní podmínky (Ducouso, Bordacs 2004). Z tohoto důvodu je nezbytné pečlivě testovat jednotlivé zdroje reprodukčního materiálu z hlediska původu. Klíčové jsou především ekologické parametry, ve kterých rostou mateřské porosty (zdroje osiva).

Rozbor problematiky

Dub letní (*Quercus robur* L.) a dub zimní (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl.) patří mezi nejdůležitější druhy listnatých dřevin ve střední Evropě z hlediska ekologie i lesního hospodářství (Annighöfer et al. 2015; Löff et al. 2016).

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

Podpora pěstování dubu zimního a dubu letního se jeví jako vhodná vzhledem k jejich vysoké odolnosti vůči suchu (ÚRADNÍČEK et al. 2009; PERKINS et al. 2018; ČERNÝ et al. 2024, 2025) i větrným polomům (NICOLESCU et al. 2025). Oba druhy dubů umožňují tvorbu smíšených porostů, které jsou za podmínek GKZ stabilnější a produktivnější než monokultury (STECKEL et al. 2019, 2020; PRETZSCH et al. 2020; DEL RÍO et al. 2022). V současnosti je realizována také výsadba dubu letního a zimního i mimo areál původního rozšíření (EATON et al. 2016). V podmínkách České republiky je to především posun do vyšších vegetačních stupňů. Zvyšující se zastoupení dubu tak reaguje na klimatické scénáře, které predikují především zvyšování teplot a s tím spojenou vyšší frekvenci suchých period (BURIÁNEK et al. 2013). Pro takové použití je ovšem velmi důležité používat odpovídající původ reprodukčního materiálu, který by měl odpovídat místu použití.

Pro významné zvyšování zastoupení obou druhů dubů v lesních porostech střední Evropy je nezbytná umělá obnova, která umožňuje zakládat mladé porosty i tam, kde duby nejsou součástí mateřských porostů. Přestože je přirozená obnova často nevhodnější, v praxi přibývá situací, kdy vysoké riziko jejího selhání vyžaduje využití umělé obnovy (DEX et al. 2008). K dosažení úspěšné umělé obnovy dubu letního a zimního je nutný komplexní přístup, který zahrnuje nejen striktní dodržování pravidel přenosu reprodukčního materiálu, ale také využívání vhodných ekotypů podle ekologických podmínek v místě použití. Součástí tohoto přístupu je i volba vhodné technologie výsadby. Za zásadní se považuje realistické plánování rozsahu obnovy podle finančních a personálních kapacit na následnou výchovu, protože bez těchto navazujících opatření bývá úspěch obnovy výrazně omezen (MÖLDER et al. 2019). Velmi důležité je také použití kvalitního sadebního materiálu s dobře vyvinutým kořenovým systémem zahrnujícím silný kůlový kořen a s dostatečným množstvím jemných kořenů. Ignorování pravidel přenosu reprodukčního materiálu představuje genetické riziko pro budoucí stabilitu porostu, zejména při rozšiřování použití mimo ekologická a růstová optima obou druhů dubů.

Je také důležité zmínit, že areály výskytu dubu zimního a dubu letního se velmi často překrývají a oba druhy se tedy v porostech vyskytují společně (SAVILL 2013). Taxonomická klasifikace obou druhů dubů je však dlouhodobě diskutovaná (GARDINER 1970; BURIÁNEK et al. 2013; ČERNÝ et al. 2024). Dub zimní a dub letní jsou popsány buď jako samostatné druhy, nebo jsou zařazeny pouze do druhu *Q. robur* a uváděny jako dva poddruhy (např. PRETZSCH et al. 2013). V České republice jsou ovšem, například z hlediska uznaných zdrojů, oba druhy rozděleny, což může často způsobovat problémy při dosahování druhové čistoty osiva v případě, že se v uznaných porostech vyskytují oba druhy. Z těchto důvodů je vhodné nejen podrobněji popsat jednotlivé zdroje, ale také ověřit případnou možnost rozlišovat jednotlivé druhy na základě dalších analýz.

Morfologické znaky jsou při pěstování semenáčků a sazenic v lesních školkách velmi proměnlivé a pro určování druhů poměrně nespoleh-

livé. Jednou z možností jsou DNA analýzy, které jsou ovšem finančně i časově velmi náročné (BLANC-JOLIVET, LIESEBACH 2015; PANG et al. 2019). Další možností by mohlo být rozlišování na základě parametrů morfologické kvality sadebního materiálu podle ČSN 48 2115 „Sadební materiál lesních dřevin“. Rozdíly v růstové dynamice mezi dubem letním a dubem zimním se totiž často projevují již během pěstování sadebního materiálu ve školkách.

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

Cílem článku je tedy zhodnocení morfologických parametrů jednotlivých výsadby schopných semenáčků různých oddílů a původu dubu letního a dubu zimního z první série testování. Tyto parametry tak mohou být podkladem pro následné využívání různých typů sadebního materiálu v různých stanovištních podmínkách.

MATERIÁL A METODIKA

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

Tab. 1.

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

List of lots of reproductive material of pedunculate oak (DB) and sessile oak (DBZ), with provenance indicated by the approved unit number and the lot designation.

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

U sadebního materiálu vypěstovaného z různých oddílů (původu) intenzivní technologií v sadbovačích na „vzduchovém polštáři“ (pěstební vzorec fk1+0) byly hodnoceny základní morfologické znaky. Pro pěstování byly použity sadbovače BCC 265 (objem buňky 265 ml) s vyhnojeným komerčním substrátem pro pěstování listnatých dřevin (AGRO CS). Pěstování probíhalo ve fóliovém krytu od dubna do konce vegetačního období. Fólie byla odstraněna postupně během měsíce srpna z důvodu vyžívání letorostů. V průběhu pěstování byly preventivně aplikovány postřiky proti houbovým patogenům (Previcur).

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

Morfologické znaky byly hodnoceny pomocí parametrů definovaných v ČSN 48 2115 „Sadební materiál lesních dřevin“. Výška nadzemní části byla měřena od kořenového krčku po vrchol terminálního pupenu s přesností na 1 cm. Tloušťka kořenového krčku byla měřena těsně nad místem styku kmínku s půdou (barevný přechod mezi nadzemní a podzemní částí rostliny) s přesností na 0,01 mm dvakrát, ve dvou na sebe kolmých polohách. Objem jednotlivých částí rostliny byl zjištěn xylometricky (měřením objemu vody vytlačené hodnocenou částí rostliny v kalibrované nádobě) v čerstvém stavu bez asimilačních orgánů. Objem byl hodnocen zvlášť u nadzemních částí rostlin, u silných kořenů (silnějších než 1 mm) a u jemných kořenů (slabších než 1 mm). Ze získaných hodnot byl vypočítán poměr objemu kořenů k objemu nadzemní části (poměr K/NČ) a procentuální podíl objemu jemných kořenů v celkovém objemu kořenového systému (JK/KS).

Statistické zpracování dat

Statistické hodnocení bylo provedeno analýzou rozptylu (jednofaktrová ANOVA). Pro analýzu byl použit software Excel se statistickými doplňky. Před aplikací ANOVA byly u všech souborů dat ověřeny předpoklady normality rozdělení dat (Shapiro-Wilkův test) a shody rozptylů (Leveného test). Následně byl použit Games-Howellův post hoc test, který byl zvolen z důvodu nedosažené shody rozptylů. Rozdíly mezi jednotlivými proměnnými byly hodnoceny na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ ($p < 0,05$). Výsledky jsou zpracovány ve formě krabicových grafů pro jednotlivé parametry.

VÝSLEDKY

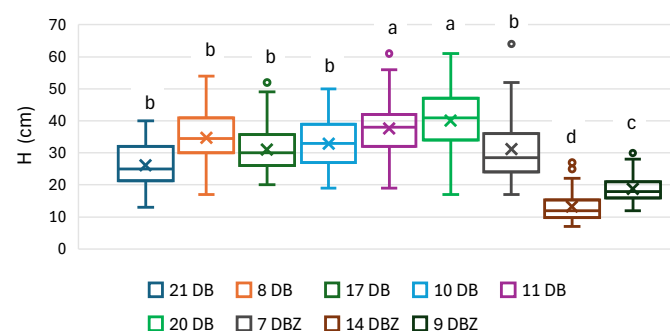
Výsledky hodnocení jednotlivých morfologických znaků (parametrů) sadebního materiálu jednotlivých oddílů původu dubu letního a dubu zimního jsou znázorněny na Obr. 1–4.

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

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

Také při hodnocení tloušťky kořenového krčku byly zjištěny rozdíly mezi oddíly dubu letního a dubu zimního. Oddíly lze rozdělit do tzv. homogenních skupin (označených písmeny). Skupiny se stejným písmenem se od sebe statisticky významně neliší. Skupina „a“ (největší tloušťka): 11 DB, 20 DB, 8 DB, 17 DB a 10 DB. Skupina „b“: 21 DB a 7 DBZ. Skupina „c“: 9 DBZ. Skupina „d“ (nejmenší tloušťka): 14 DBZ. Tato skupina je statisticky unikátní a signifikantně nejnižší ze všech testovaných variant. Rozdíly mezi jednotlivými oddíly původu i oběma druhy dubů byly menší ve srovnání s rozdíly ve výšce semenáčků.

Z hodnocení poměru kořenového systému k nadzemní části (Obr. 3) vyplývá, že významně příznivější poměr je dosahován u oddílů dubu zimního. Signifikantně vyšší hodnoty tohoto poměru měly oddíly 14 DBZ, 9 DBZ i 7 DBZ ve srovnání se všemi oddíly dubu letního. Signifikantní rozdíly byly také mezi jednotlivými oddíly dubu zimního; hodnoty u dubu letního byly homogenní (signifikantně odlišný byl pouze oddíl 21 DB). Tento příznivější poměr je dosažen díky menšímu objemu nadzemních částí u oddílů dubu zimního, který vyplývá také z hodnocení parametru celkové výšky (Obr. 1) a tloušťky kořenového krčku (Obr. 2). Z výsledků tohoto hodnocení tak lze doložit souvislost s výškou semenáčků a poměrem kořenů k nadzemní části, kdy vyšší sadební materiál má méně příznivý poměr K/NČ ve srovnání s nižším.

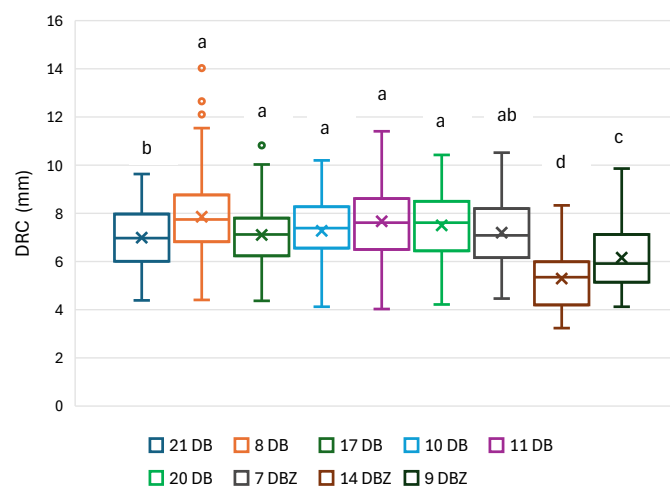


Obr. 1.

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

Fig. 1.

Above-ground height (H) of planting stock in individual provenance lots of pedunculate oak (DB) and sessile oak (DBZ). Different letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).



Obr. 2.

Tloušťka kořenového krčku (DRC) u sadebního materiálu jednotlivých oddílů původu dubu letního (DB) a dubu zimního (DBZ). Odlišná písmena znázorňují signifikantní rozdíly ($p < 0,05$).

Fig. 2.

Root collar diameter (DRC) of planting stock from individual provenance lots of pedunculate oak (DB) and sessile oak (DBZ). Different letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

Při hodnocení podílu jemných kořenů v celkovém objemu kořenového systému byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi oběma druhy dubů a také v rámci oddílů 7 DBZ, 14 DBZ a 9 DBZ, v rámci oddílů dubu letního se významně lišil oddíl 21 DB (Obr. 4).

Výsledky hodnocení ukázaly signifikantní rozdíly mezi jednotlivými oddíly (původy) dubu letního i dubu zimního. Vliv na morfologické znaky má samozřejmě více faktorů, především kvalita semenné suroviny, podmínky při skladování, termín sběru, způsob pěstování

a podobně. Přesto jsou tyto významné rozdíly velice důležité také z pohledu použití jednotlivých druhů a variant ve vazbě na ekologické podmínky lokalit, kam budou vysazovány.

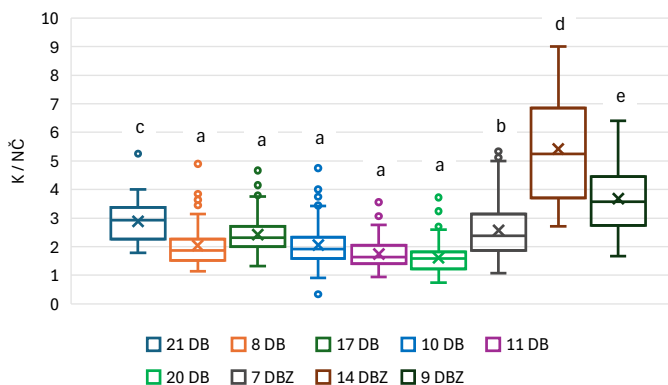
DISKUSE

Umělá obnova je nejdůležitějším způsobem, jak významně měnit druhové složení lesních porostů. V procesu adaptace lesních ekosystémů je změna dřevinné skladby jedním z nejdůležitějších procesů (LINDNER et al. 2014; SCHELHAAS et al. 2015). V podmínkách střední Evropy jsou nejdůležitějšími dřevinami dub letní a dub zimní. Souhrnný přehled adaptačních strategií dubu zimního zdůrazňuje jeho významnou toleranci k suchu, která souvisí zejména s hluboko sahajícím kořenovým systémem, a jako klíčové adaptační přístupy uvádí zakládání smíšených porostů a úpravu hustoty porostu výchovnými zásahy (SOHN et al. 2016; ČERNÝ et al. 2024).

Úspěšnost obnovy však nezávisí pouze na volbě dřeviny a péstební koncepci, ale i na kombinaci kvality sadebního materiálu a stanovištních podmínek, zejména dostupnosti světla a konkurenčních poměrů v obnově. Z hlediska ujmavosti a růstu po výsadbě bylo zjištěno, že semenáčky s větší tloušťkou kořenového krčku dosahují výrazně lepších výsledků ve srovnání se semenáčky s tenčím kořenovým krčkem (DEX et al. 2008). Na základě zkušeností a výsledků testování v akreditované laboratoři „Školkařská kontrola“ je také zřejmá korelace mezi tloušťkou kořenového krčku a podzemní biomasou. Proto tloušťka kořenového krčku a poměr podzemní (kořenové) a nadzemní části představují zásadní parametry sadebního materiálu pro úspěšnou obnovu na suchem ohrožených lokalitách. Tento důraz na kořenový systém je v souladu s poznatkem, že duby díky hlubokému kořenovému systému mohou využívat hlubší zásoby vody, což podporuje jejich schopnost vyhýbat se stresu suchem a přispívá k odolnosti porostů v měnících se klimatických podmínkách (STECKEL et al. 2020). VOSPERNIK et al. (2023) navíc uvádějí u rodu *Quercus* anizohydrickou strategii regulace průduchů a obecně dobrou rezistenci i resilienci vůči suchu. U dubu zimního je zároveň uváděna vyšší fyziologická účinnost hospodaření s vodou než u dubu letního (VOSPERNIK et al. 2023). Stejná zjištění jako v našem experimentu uvádějí JOKANOVIC et al. (2024), kteří zaznamenali výrazně nižší výšku semenáčků dubu zimního ve srovnání s dubem letním při pěstování jednoletých kryto-kořenových semenáčků.

Význam světelných podmínek a zvoleného způsobu obnovy pro raný růst dubu zimního dokládají i výsledky práce ŽIŽKOVÁ et al. (2025), kteří porovnávali přirozené zmlazení dubu v podmínkách clonné a holé seče. Na plně osluněných obnovních prvcích vykazovaly semenáčky signifikantně větší délku nadzemní části i hlavního křového kořene, větší tloušťku kořenového krčku a větší množství podzemní i nadzemní biomasy než jedinci pod porostním zápojem. Zároveň je vhodné tento výsledek interpretovat v kontextu obecné ekologie dubu zimního, který je světlomilnou dřevinou, u níž vyšší dostupnost světla podporuje raný růst, avšak uzavřenější porostní zápoj může tlumit dopady klimatických extrémů (zejména teplotních výkyvů a sucha), takže volba míry otevřenosti zápoje představuje praktický kompromis (ČERNÝ et al. 2024).

Poměr objemu kořenů k nadzemní části je jedním z nejdůležitějších parametrů z hlediska ujmavosti sadebního materiálu po výsadbě. Vyšší podíl podzemní biomasy (kořenového systému) vytváří dobrý předpoklad pro dostatečný příjem vody a živin po přesazení při umělé obnově lesa. Z výsledků našeho experimentu by bylo možné usuzovat, že podíl jemných kořenů je pravděpodobně z větší části ovlivňován péstební technologií, případně složením péstebního substrátu, spíše než genetickými nebo druhovými predispozicemi. V práci podobného zaměření bylo zjištěno, že morfologické znaky semenáčků mohou sloužit jako indikátor genetického potenciálu mateřských stromů (Po-

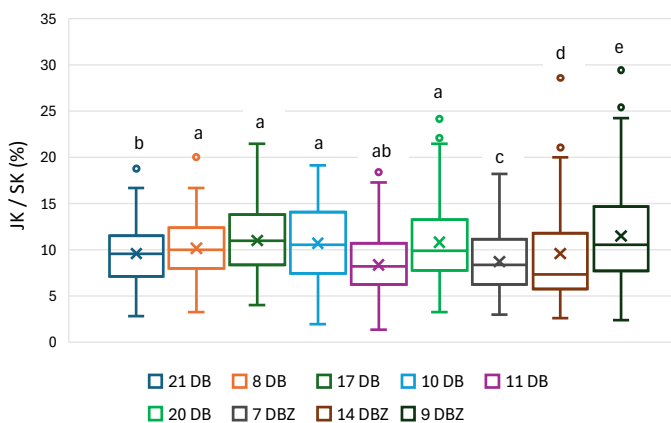


Obr. 3.

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

Fig. 3.

Root-to-shoot volume ratio (K/NČ) of planting stock from individual provenance lots of pedunculate oak (DB) and sessile oak (DBZ). Different letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).



Obr. 4.

Podíl objemu jemných kořenů (JK) na celkovém objemu kořenového systému (KS) u sadebního materiálu jednotlivých oddílů původu dubu letního (DB) a dubu zimního (DBZ). Odlišná písmena znázorňují signifikantní rozdíly ($p < 0,05$).

Fig. 4.

Proportion of fine-root volume (JK) in the total root system volume (KS) of planting stock from individual provenance lots of pedunculate oak (DB) and sessile oak (DBZ). Different letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

POVIĆ et al. 2025). Tento indikátor bude i na základě našeho hodnocení ještě dále ověřován v dalších sériích hodnocení.

V kontextu prezentované první série výsledků to znamená, že je vhodné volbu typu sadebního materiálu vztáhnout k předpokládaným světelným a konkurenčním poměrům na obnovované ploše, aby byly růstové předpoklady sadebního materiálu v souladu se zvoleným způsobem obnovy.

ZÁVĚR

Pro úspěšnou umělou obnovu je nutný komplexní přístup, který zahrnuje nejen striktní dodržování pravidel přenosu reprodukčního materiálu, ale také využívání sadebního materiálu s vhodnými morfologickými parametry ve vazbě na stanovištní podmínky lokalit, kde bude použit. Optimální morfologické parametry sadebního materiálu jsou klíčovým předpokladem ujmavosti a následného odrůstání po výsadbě. V rámci hodnocení první série našeho experimentu byly zjištěny významné rozdíly v některých hodnocených znacích mezi dubem letním a dubem zimním, ale také v rámci jednotlivých oddílů původu reprodukčního materiálu. Nejvýznamnější rozdíly byly zjištěny ve výšce nadzemních částí, přičemž tento parametr je velmi důležitý při volbě sadebního materiálu pro konkrétní podmínky stanoviště pro výsadbu (vyšší sadební materiál je výhodnější pro zabuřené lokality s relativním dostatkem vody). Naopak sadební materiál s vyšším poměrem kořenů k nadzemní části je vhodný pro výsadbu do lokalit ohrožených vysycháním. Výsledky experimentu tak naznačují, že morfologické znaky semenáčků dubu letního i dubu zimního jsou velmi variabilní. Tyto rozdíly je důležité vyhodnotit při výběru sadebního materiálu k výsadbě pro různé typy stanovištních podmínek. Vliv na morfologické znaky má samozřejmě mnoho faktorů (kvalita semenné suroviny, způsob pěstování a podobně). Identifikované rozdíly jsou z výzkumného hlediska relevantní, nicméně vzhledem k předběžné povaze dat je nutné jejich robustnost ověřit v navazujících studiích, které budou realizovány v dalších letech.

Poděkování:

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

LITERATURA

- ANNIGHÖFER P., BECKSCHÄFER P., VOR T., AMMER C. 2015. Regeneration patterns of European oak species (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Quercus robur* L.) in dependence of environment and neighborhood. *Plos One*, 10: E0134935. DOI: 10.1371/journal.pone.0134935
- BAKKENES M., ALKEMADE J.R.M., IHLE F., LEEMANS R., LATOUR J.B. 2002. Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. *Global Change Biology*, 8: 390–407. DOI: 10.1046/j.1354-1013.2001.00467.x
- BLANC-JOLIVET C., LIESEBACH M. 2015. Tracing the origin and species identity of *Quercus robur* and *Quercus petraea* in Europe: a review. *Silvae Genetica*, 64: 182–193. DOI: 10.1515/sg-2015-0017
- BURAS A., MENZEL A. 2019. Projecting tree species composition changes of European forests for 2061–2090 under RCP4.5 and RCP8.5 scenarios. *Frontiers in Plant Science*, 9: 1986. DOI: 10.3389/fpls.2018.01986
- BURIÁNEK V., BENEDÍKOVÁ M., FRÝDL J., NOVOTNÝ P. 2013. Metodická příručka určování domácích druhů dubů. Strnady, VÚLHM: 40 s. Lesnický průvodce, 8/2013.
- COOK B.I., MANKIN J.S., ANCHUKAITIS K.J. 2018. Climate change and drought: from past to future. *Current Climate Change Reports*, 4: 164–179. DOI: 10.1007/s40641-018-0093-2
- ČERNÝ J., ŠPULÁK O., KOMÁNEK M., ŽIŽKOVÁ E., SÝKORA P. 2024. Sessile oak (*Quercus petraea* (Mill.) Liebl.) and its adaptation strategies in the context of global climate change: a review. *Central European Forestry Journal*, 70: 77–94. DOI: 10.2478/forj-2024-0012
- ČERNÝ J., DAŇKOVÁ T., MUDRÁK O., SPURNÁ V., FROUZ J. 2025. Establishment, survival, and growth of beech, oak, and spruce seedlings during unassisted forest recovery in post-mining sites. *Forests*, 16: 1651. DOI: 10.3390/f16111651
- DEL RÍO M., PRETZSCH H., RUIZ-PEINADO R., JACTEL H., COLL L., LÖF M., ALDEA J., AMMER C., AVDAGIĆ A., BARBEITO I., BIELAK K., BRAVO F., BRAZAITIS G., ČERNÝ J., COLLET C., CONDÉS S., DRÖSSLER L., FABRIKA M., HEYM M., HOLM S.-O., HYLEN G., JANSOONS A., KURYLYAK V., LOMBARDI F., MATOVIĆ B., METSLAID M., MOTTA R., NORD-LARSEN T., NOTHDURFT A., DEN OUDEN J., PACH M., PARDOS M., POEYEDBAT CH., PONETTE Q., PÉROT T., REVENTLOW D.O.J., SITKO R., ŠRÁMEK V., STECKEL M., SVOBODA M., VERHEYEN K., VOSPERNIK S., WOLFF B., ZLATANOV T., BRAVO-OVIEDO A. 2022. Emerging stability of forest productivity by mixing two species buffers temperature destabilizing effect. *Journal of Applied Ecology*, 59: 2730–2741. DOI: 10.1111/1365-2664.14267
- DEY D.C., JACOBS D., McNABB K., MILLER G., BALDWIN V., FOSTER G. 2008. Artificial regeneration of major oak (*Quercus*) species in the Eastern United States – A review of the literature. *Forest Science*, 54: 77–106. DOI: 10.1093/forestscience/54.1.77
- DUCOUSSO A., BORDACS S. 2004. EUFORGEN: Technical guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur* and *Quercus petraea*). Rome, International Plant Genetic Resource Institute: 6 s.
- EATON E., CAUDULLO G., OLIVEIRA S., DE RIGO D. 2016. *Quercus robur* and *Quercus petraea* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayán J. et al. (eds.): European atlas of forest tree species. Luxembourg, Publication Office EU: 160–163.
- GARDINER A.S. 1970. Pedunculate and sessile oak (*Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.): A review of the hybrid controversy. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 43: 151–160. DOI: 10.1093/forestry/43.2.151
- HLÁSNÝ T., MÁTYÁS C., SEIDL R., KULLA L., MORGANIČOVÁ K., TROMBIK J., DOBOR L., BARCZA Z., KONŮPKA B. 2014. Climate change increases the drought risk in Central European forests: What are the options for adaptation? *Central European Forestry Journal*, 60: 5–18. DOI: 10.2478/forj-2014-0001
- JOKANOVIĆ D., NIKOLIĆ JOKANOVIĆ V., ŽIVANOVIĆ K., ILIĆ M., ANATANASIJEVIĆ N., JOVANOVIĆ F. 2024. Variability of morpho-anatomical traits of one-year-old *Quercus* sp. container seedlings. *Reforestia*, 18: 22–33. DOI: 10.21750/REFOR.18.02.118
- LÖF M., BRUNET J., FILYUSHKINA A. 2016. Management of oak forests: striking a balance between timber production, biodiversity and cultural services. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 12: 59–73. DOI: 10.1080/21513732.2015.1120780.
- LINDNER M., FITZGERALD J.B., ZIMMERMANN N.E., REYER CH., DELZON S., VAN DER MAATEN E., SCHELHAAS M.-J., LASCH P., EGGERS J., VAN DER MAATEN-THEUNISSEN M., SUCKOW F., PSO-

- MAS A., POULTER B., HANEWINKEL M. 2014. Climate change and European forests: what do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *Journal of Environmental Management*, 146: 69–83. DOI: 10.1016/j.jenvman.2014.07.030
- MODRZYNSKI J., ERIKSON G. 2002. Response of *Picea abies* populations from elevational transects in the Polish Sudety and Carpathian mountains to simulated drought stress. *Forest Ecology and Management*, 165: 105–116. DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00651-X
- MÖLDER A., SENNHENN-REULEN H., FISCHER C., RUMPF H., SCHÖNFELDER E., STOCKMANN J., NAGEL R.-V. 2019. Success factors for high-quality oak forest (*Quercus robur*, *Quercus petraea*) regeneration. *Forest Ecosystems*, 6: 49. DOI: 10.1186/s40663-019-0206-y
- NICOLESCU V.N., VOR T., BRUS R., ĐODAN, M., PERIĆ S., PODRÁZSKÝ V., ANDRAŠEV S., TSAVKOV E., AYAN S., YÜCEDAĞ C., TRAJKOV P., KOLEVSKA D.D., BUZATU-GOANȚĂ C., PÁSTOR M., MAČEJOVSKÝ V., MODRANSKÝ J., KLISZ M., GIL W., LAVNYI V., MADSEN P., LA PORTA N., BARTLETT D. 2025. Management of sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), a major forest species in Europe. *Journal of Forestry Research*, 36: 78. DOI: 10.1007/s11676-025-01868-1
- NOACK M. 2011. Growth and nutrition of *Quercus petraea* underplanted in artificial pine stands under conversion in the northeast German Lowlands. *Forest Systems*, 20: 423–436. DOI: 10.5424/fs/20112003-11034
- PANG X., LIU H., WU S., YUAN Y., LI H., DONG J., LIU Z., AN C., SU Z., LI B. 2019. Species identification of oaks (*Quercus* L., Fagaceae) from gene to genome. *International Journal of Molecular Sciences*, 20: 5940. DOI: 10.3390/ijms20235940
- PERKINS D., UHL E., BIBER P., DU TOIT B., CARRARO V., ROTZER T., PRETZSCH H. 2018. Impact of climate trends and drought events on the growth of oaks (*Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) within and beyond their natural range. *Forests*, 9: 108. DOI: 10.3390/f9030108
- POPOVIĆ V., LAZIĆ S., LUČIĆ A., RAKONJAC L., DANIČIĆ V., IVANOVIĆ B., PETROVIĆ A. 2025. Morphological assessment of plus trees progeny as a basis for establishing a sessile oak seed orchard. *Reforestacija*, 21:41–53. DOI: 10.21750/REFOR.20.03.129
- PRETZSCH H., SCHÜTZE G., UHL E. 2013. Resistance of European tree species to drought stress in mixed versus pure forests: evidence of stress release by inter-specific facilitation. *Plant Biology*, 15: 483–495. DOI: 10.1111/j.1438-8677.2012.00670.x
- PRETZSCH H., STECKEL M., HEYM M., BIBER P., AMMER C., EHBRECHT M., BIELAK K., BRAVO F., ORDÓÑEZ C., COLLET C., VAST F., DROESSLER L., BRAZAITIS G., JANSONS A., COLL L., LÖF M., ALDEA J., KORBOULEWSKY N., REVENTLOW D.O.J., NOTHDURFT A., ENGEL M., PACH M., SKRZYSZEWSKI J., PARDOS M., PONNETTE Q., SITKO R., FABRIKA M., SVOBODA M., ČERNÝ J., WOLFF A., RUIZ-PEINADO R., DEL RÍO M. 2020. Stand growth and structure of monospecific and mixed-species stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Q. robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) analysed along a productivity gradient through Europe. *European Journal of Forest Research*, 139: 349–367. DOI: 10.1007/s10342-019-01233-y
- SAVILL P. 2013. *The silviculture of trees used in British forestry*. 2nd edition. CAB International, Wallingford: 280 s.
- SELIGER A., AMMER C., KREFT H., ZERBE S. 2023. Diversification of coniferous monocultures in the last 30 years and implications for forest restoration: a case study from temperate lower montane forests in Central Europe. *European Journal of Forest Research*, 142: 1353–1368. DOI: 10.1007/s10342-023-01595-4
- SCHELHAAS M.-J., NABUURS G.-J., HENGEVELD G., REYER CH., HANEWINKEL M., ZIMMERMANN N.E., CULLMANN D. 2015. Alternative forest management strategies to account for climate change – induced productivity and species suitability changes in Europe. *Regional Environmental Change*, 15: 1581–1594. DOI: 10.1007/s10113-015-0788-z
- SOHN J.A., SAHA S., BAUHUS J. 2016. Potential of forest thinning to mitigate drought stress: A meta-analysis. *Forest Ecology and Management*, 380: 261–273. DOI: 10.1016/j.foreco.2016.07.046
- STECKEL M., HEYM M., WOLFF B., REVENTLOW D.O.J., PRETZSCH H. 2019. Transgressive overyielding in mixed compared with monospecific Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) stands – productivity gains increase with annual water supply. *Forest Ecology and Management*, 439: 81–96. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.02.038.
- STECKEL M., DEL RÍO M., HEYM M., ALDEA J., BIELAK K., BRAZAITIS G., ČERNÝ J., COLL L., COLLET C., EHBRECHT M., JANSON A., NOTHDURFT A., PACH M., PARDOS M., PONNETTE Q., REVENTLOW D.O.J., SITKO R., SVOBODA M., VALLET P., WOLFF B., PRETZSCH H. 2020. Species mixing reduces drought susceptibility of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) – site water supply and fertility modify the mixing effect. *Forest Ecology and Management*, 461: 117908. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.117908
- ÚRADNÍČEK L., MADĚRA P., TICHÁ S., KOBLÍŽEK J. 2009. *Dřeviny České republiky*. 2. přepracované vydání. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 367 s. ISBN 978-80-87154-62-5
- VOSPERNIK S., HEYM M., PRETZSCH H., PACH M., STECKEL M., ALDEA J., BRAZAITIS G., BRAVO-OVIEDO A., DEL RÍO M., LÖF M., PARDOS M., BIELAK K., BRAVO F., COLL L., ČERNÝ J., DRÖSSLER L., EHBRECHT M., JANSONS A., KORBOULEWSKY N., JOURDAN M., NORD-LARSEN T., NOTHDURFT A., RUIZ-PEINADO R., PONNETTE Q., SITKO R., SVOBODA M., WOLFF B. 2023. Tree species growth response to climate in mixtures of *Quercus robur*/*Quercus petraea* and *Pinus sylvestris* across Europe – a dynamic, sensitive equilibrium. *Forest Ecology and Management*, 530: 120753. DOI: 10.1016/j.foreco.2022.120753
- VRŠKA T., PONIKELSKÝ J., PAVLICOVÁ P., JANÍK D., ADAM D. 2016. Twenty years of conversion: from Scots pine plantations to oak-dominated multifunctional forests. *iForest–Biogeosciences and Forestry*, 10: 75–82. DOI: 10.3832/ifer1967-009
- ŽIŽKOVÁ E., KOMÁNEK M., KRAUSKOVÁ D., ČERNÝ J. 2025. Comparison of shelterwood and clear-cut regeneration methods on morphological traits of naturally regenerated sessile oak (*Quercus petraea* (Mill.) Liebl.) seedlings. *Journal of Forest Science*, 71: 542–554. DOI: 10.17221/77/2025-JFS

EVALUATION OF THE MORPHOLOGICAL TRAITS OF PEDUNCULATE OAK AND SESSILE OAK SEEDLINGS FROM DIFFERENT PROVENANCE SOURCES

SUMMARY

Pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and sessile oak (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl.) are increasingly being promoted as key broadleaf tree species for adapting forest ecosystems to climate change in Central Europe, particularly in view of the increasing frequency of drought periods. However, their practical use in forest conversion and assisted range expansion is complicated by their frequent co-occurrence, the often-blurred boundary between the two tree species, ongoing taxonomic discussions and the potential for hybridisation. In operational forestry, strict adherence to the rules governing the transfer of forest reproductive material is essential. However, verifying seed sources and selecting planting stock can be challenging where both oak species occur together. While DNA-based identification can facilitate this process, it is time-consuming and costly.

This study evaluates the morphological parameters of one-year-old oak seedlings intended for planting, sourced from various provenance lots. The planting stock was produced using intensive container technology in “aircushion” trays (cultivation scheme fk1+0). A total of nine approved seed-source lots were analysed: six for pedunculate oak (DB) and three for sessile oak (DBZ). The provenance identifiers and lot designations are summarised in Table 1. A representative sample was assembled from each lot according to the methodology of the accredited “Nursery control” laboratory. Typically, 100 seedlings per lot were assessed, except for 21 DB and 14 DBZ, which had a lower number of plantable individuals (60 and 50 seedlings, respectively).

A morphological assessment was conducted in accordance with the parameters defined in the Czech Standard No. 48 2115 “Forest reproductive material”. The height of the seedling was measured from the root collar to the terminal bud, and the root-collar diameter was measured twice in perpendicular directions just above the zone where the plant contacts the soil. The fresh volumes of the various plant components were determined using the xylometric (water displacement) method: shoots (the aboveground parts without leaves), coarse roots (>1 mm) and fine roots (<1 mm). The root-to-shoot volume ratio and the percentage share of fine root volume within the total root system volume were then calculated from these measurements. Differences between lots and species were tested using one-way ANOVA after checking for normality using the Shapiro–Wilk test and for homogeneity of variances using Levene’s test.

Significant variation in seedling height was observed among the lots and between the two species (Fig. 1). Sessile oak lots were generally shorter, particularly 14 DBZ and 9 DBZ. However, DBZ 7 achieved heights comparable to those of pedunculate oak. Within the pedunculate oak group, some provenance lots also differed significantly (e.g. 20 DB and 11 DB versus 21 DB), though these differences were smaller than those observed at the species level.

Although root-collar diameter varied less than height, significant differences were still observed (Fig. 2). The clearest deviation was observed in 14 DBZ, which had a significantly smaller root-collar diameter. Overall, however, contrasts among lots and between oak species were more moderate than those observed for height.

When expressed as the root-to-shoot volume ratio, allocation patterns differed markedly between oak species (Fig. 3). Sessile oak lots achieved a significantly more favourable ratio, primarily due to their smaller aboveground biomass volume. The results also suggest an inverse relationship between seedling height and the root-to-shoot ratio when taller planting stock tended to have a less favourable ratio than shorter stock.

In contrast, the proportion of fine roots in the total root volume did not differ significantly between provenance lots or oak species (see Fig. 4). The results suggest that this stability indicates that the proportion of fine roots could primarily be influenced by nursery technology and/or substrate composition, rather than by genetic or species-specific predispositions.

Overall, the first testing series revealed substantial variability in standard morphological traits within and between *Q. robur* and *Q. petraea*. The findings emphasise the practical importance of root-collar diameter and biomass allocation metrics, especially the root-to-shoot ratio, when selecting planting stock for specific sites, particularly those prone to drought. They also suggest that fine-root proportion may be less useful for differentiating between provenances or species under uniform nursery practices.

Zasláno/Received: 06. 01. 2026

Přijato do tisku/Accepted: 11. 03. 2026