

Příloha 1 Závěrečné zprávy projektu: Ověření provozně využitelných metod pro hodnocení fyziologického stavu sadebního materiálu listnatých dřevin (DB, BK)

Metodický postup hodnocení aktuálního stavu sadebního materiálu buku a dubu



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



Ing. Jan Leugner, Ph.D.,
RNDr. Jarmila Martincová

Obsah

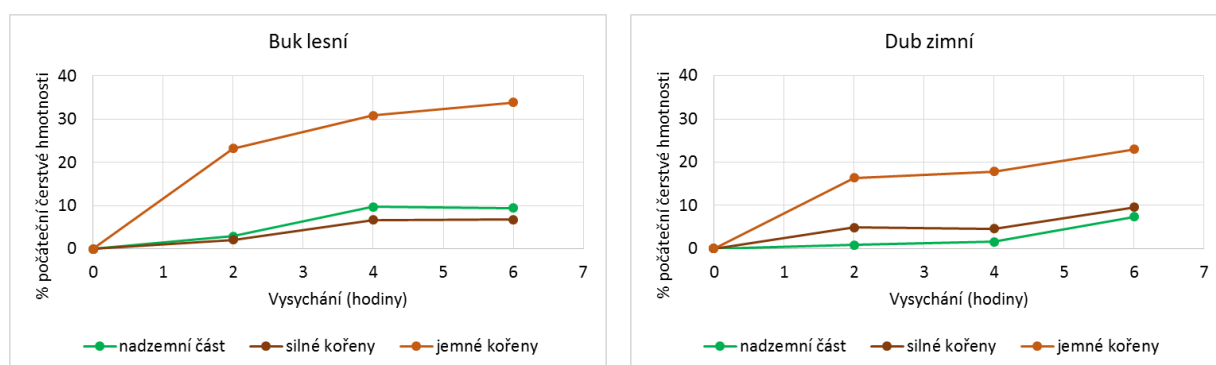
1	Úvod	2
2	Cíl metodiky	2
3	Vlastní popis metodiky	3
3.1	Kdy a proč hodnotit fyziologickou kvalitu sadebního materiálu?	3
3.2	Ověřované metody hodnocení fyziologického stavu	3
3.3	Odběr a doprava vzorků pro laboratorní měření	3
3.4	Příprava vzorků pro laboratorní měření	4
3.5	Popis používaných metod	4
3.5.1	Měření vodního stresu rostlin (plant moisture stress - PMS) tlakovou komorou .	4
3.5.2	Měření elektrické vodivosti výluhů z rostlinných pletiv (relative electrolyte leakage - REL)	6
3.5.3	Vodní deficit (water deficit - WD)	7
3.5.4	Růstový potenciál kořenů (root growth potential - RGP)	7
3.5.5	Kontrolní výsadby	9
4	Shrnutí	9
5	Literatura použitá při vypracování metodiky nebo související s problematikou ..	10
6	Seznam prací souvisejících s metodikou publikovaných autory	12

1 Úvod

Vysoká kvalita sadebního materiálu je nutnou podmínkou pro úspěšnou umělou obnovu. V důsledku zvyšujícího se sucha a s ním spojeného odumírání některých druhů jehličnatých dřevin (např. kůrovcová kalamita smrku ztepilého, odumírání borovice lesní a další) se zvyšují požadavky na obnovu lesa převážně listnatými dřevinami. Se stoupajícím podílem pěstovaných listnáčů se zvyšuje také podíl pěstování krytokořenného sadebního materiálu i rozsah podzimních výsadeb. Ve stále větší míře je využíváno skladování sadebního materiálu přes zimu v klimatizovaných skladech.

Buk a dub jsou dřeviny s křivými kořeny. V nich si i prostokořenné sazenice dokáží částečně udržovat zásobu vody při vystavení kořenových systémů vysychání během manipulace. Buk lesní a zejména duby jsou relativně odolné k mírnému vyschnutí během manipulace. Při nesprávné manipulaci tak nedochází zpravidla k výraznému poklesu obsahu vody v rostlinách. Velmi silně však ztrácejí vodu jemné postranní kořeny (obr. 1), které mohou být i nevratně poškozeny.

U krytokořenného sadebního materiálu může při vystavení obalů nízkým teplotám během zimy docházet k závažnému poškození kořenových systémů mrazem.



Obr. 1: Úbytek vody během vystavení rostlin vysychání vyjádřený v % počátečního obsahu vody

V minulosti byly ověřeny různé metody pro hodnocení fyziologické kvality sazenic hlavních druhů jehličnatých dřevin. O sledování fyziologického stavu listnatých dřevin je mnohem méně poznatků. Předkládaná metodika se zabývá hodnocením fyziologické kvality (aktuálního fyziologického stavu) sadebního materiálu našich hlavních listnatých dřevin dubů a buku lesního. Navazuje na certifikovanou metodiku „Provozně použitelný postup hodnocení aktuálního stavu vodního režimu sadebního materiálu smrku ztepilého a borovice lesní“ (Martincová et al. 2018).

2 Cíl metodiky

Metodika je zaměřena na ověření použitelnosti různých metod hodnocení aktuálního fyziologického stavu sadebního materiálu dubů (zimního a letního) a buku lesního používaného pro umělou obnovu lesa. Cílem hodnocení fyziologické kvality je upozornit na případný negativní vliv předchozí manipulace (včetně skladování nebo přezimování

krytokořenného sadebního materiálu) a pomoci vysvětlit příčiny případných neúspěchů umělé obnovy lesa.

3 Vlastní popis metodiky

3.1 Kdy a proč hodnotit fyziologickou kvalitu sadebního materiálu?

- na jaře při vyzvedávání sazenic
- 4 týdny před expedicí z klimatizovaných skladů po dlouhodobém skladování
- při podezření na snížení vitality nebo kvality sazenic
- při přejímce zakoupeného sadebního materiálu

3.2 Ověřované metody hodnocení fyziologického stavu

Pro laboratorní hodnocení fyziologického stavu sadebního materiálu jsou používány následující metody: měření **vodního stresu** (plant moisture stress - **PMS**) tlakovou komorou, měření **elektrické vodivosti výluhů** z jemných a silných kořenů a segmentů kmínků (**RELj**, **RELS**, **SEL**), **gravimetrické zjišťování obsahu vody** v nadzemních částech a v kořenech a **vodní deficit (WD)** zjišťovaný po plném nasycení segmentu kmínku vodou. Pro komplexní posouzení fyziologického stavu je hodnocen **růstový potenciál kořenů (RGP)** jako obnova růstu kořenů v optimálních podmínkách. Výsledky jsou porovnávány s ujímavostí a růstem **kontrolních venkovních výsadeb**.

3.3 Odběr a doprava vzorků pro laboratorní měření

Pro odběr vzorků sadebního materiálu pro následné hodnocení jeho fyziologické kvality je doporučeno využít službu zkušených pracovníků nezávislého pracoviště (VÚLHM VS Opočno), kteří zároveň posoudí stav sadebního materiálu a předchozí manipulaci.

Pro odběr je nutné použít vhodnou vzorkovací metodu, kdy je nutné odběr provádět minimálně ze čtyř míst (z pěstebních ploch nebo ze záložiště, případně z různých druhů skladů). Při odběru více jak 100 ks rostlin se zvýší počet odběrných míst na osm. Vlastní odběrná místa se stanoví dle konstantní odstupové vzdálenosti vypočítané z celkové plochy odběru.

Na rozdíl od jehličnatých dřevin vykazuje bezlistý sadební materiál buku a dubů jen minimální změny fyziologického stavu v průběhu dne. Při běžných odběrech vzorků expedovaného sadebního materiálu ze zastíněných záložišť, ze sněžné jámy nebo z klimatizovaného skladu není tak důležitá denní doba odběru vzorků jako v případě jehličnanů. Také z výsadeb na holinách nebo z nezastíněných záhonů ve školce je na jaře a na podzim na rozdíl od jehličnanů možno odebírat vzorky rostlin během celého dne.

Pro komplexní hodnocení fyziologického stavu jsou používány celé rostliny. Jejich odběr je prováděn z většího počtu svazků nebo z více míst na ploše pro získání reprezentativního souboru. Vzhledem k variabilitě sadebního materiálu listnatých dřevin je pro základní laboratorní hodnocení fyziologického stavu nutný minimální počet 30 rostlin. Další rostliny mohou být současně odebírány pro hodnocení morfologické kvality (100 ks)



Obr. 2: Polystyrenová přepravka pro dopravu rostlinných vzorků

a růstového potenciálu kořenů (30 – 40 ks) akreditovanou laboratoří Školkařská kontrola. Odebírané vzorky jsou okamžitě uzavírány do polyetylenových pytlů pro ochranu především kořenů před ztrátou vody. Během provádění odběrů jsou pytle se sazenicemi uchovány zásadně ve stínu. Za chladného časné jarního nebo podzimního počasí (do 15 °C) je možno vzorky přepravovat přímo v zavazadlovém prostoru auta. Při teplejším počasí jsou vzorky přepravovány izolovaných přepravech s gelovými chladícími náplněmi (obr. 2), nebo v upraveném zavazadlovém prostoru auta. Po převezení do laboratoře jsou vzorky uloženy v klimatizovaném skladu (teplota $+3,5 \pm 1$ °C).



Obr. 3: Přepravní bedna

3.4 Příprava vzorků pro laboratorní měření

Po dovezení sadebního materiálu nebo v den předcházející hodnocení jsou vzorky rozděleny do souborů určených pro laboratorní měření, hodnocení růstového potenciálu kořenů, měření morfologických znaků a pro kontrolní výsadby.

Před vlastním laboratorním měřením jsou vzorky donesené ze skladu v uzavřených polyetylenových pytlích temperovány na laboratorní teplotu.

Jednotlivé sazenice jsou potom rozděleny na dílčí vzorky pro hodnocení různých znaků a během celého procesu jsou dílčí vzorky chovány v popsaných uzavřených polyetylenových sáčcích pro ochranu před ztrátou vody.

3.5 Popis používaných metod

3.5.1 Měření vodního stresu rostlin (plant moisture stress - PMS) tlakovou komorou

Ztráta vody během manipulace před výsadbou je považována za jeden z hlavních prvků působících šok z přesazení. Výsadba do suché půdy nebo následný přísušek pak vodní stres dále prohlubují, což může mít pro rostliny až fatální následky.

Měření vodního stresu tlakovou komorou (plant moisture stress PMS) je nejčastěji používanou metodou pro zjišťování možného narušení vodního režimu rostlin během manipulace od vyzvedávání ve školce až po výsadbu na zalesňované plochy. Její použití pro sadební materiál smrku a borovice bylo podrobně popsáno v metodice „Provozně použitelný postup hodnocení aktuálního stavu vodního režimu sadebního materiálu smrku ztepilého a borovice lesní“ (Martincová et al. 2018).

3.5.1.1 Postup měření

Hodnocení vodního stresu PMS spočívá v umístění odříznutých terminálních částí rostlin pomocí pryžového těsnění do tlakové komory s řeznou plochou vyčnívající přes komorové víko. Velikost jednotlivých vzorků není důležitá, limitována je pouze velikostí komory. Ze zásobníku stlačeného dusíku je následně přes redukční ventil pomalu zvyšován tlak v komoře. Tlak plynu potřebný pro vytlačení první kapky vody na řezné ploše je zaznamenán jako hodnota vodního stresu rostliny PMS (CLEARY et al. 1999).



Obr. 4: Vybavení pro měření vodního stresu PMS tlakovou komorou

Vodní sloupec v xylému rostliny má stálé určité napětí, jako kdyby tam byla natažená guma. Když je odříznuta část rostliny, vodní sloupec se přeruší a protože je pod napětím, ustoupí zpět do xylému (jako po přerізnutí napnutá guma). Při umístění vzorku rostliny (část větve nebo terminálního výhonu) do tlakové komory a postupným zvyšováním tlaku je voda tlačena zpět k řeznému povrchu. Jakmile se kapička vody objeví na řezné ploše, tlak na ventilu přístroje indikuje vodní stres rostliny PMS. Tento tlak je roven napětí vodního sloupce v xylému v době, kdy byl vzorek odříznut od rostliny a odpovídá síle, jakou je voda v rostlině poutána. (Cleary et al.: Guidelines ...).

Hodnoty vodního potenciálu nebo vodního stresu jsou uváděny v barech nebo MPa, kdy 1 MPa = 10 barů. Odpovídají vodnímu potenciálu ψ , který má záporné hodnoty, zatímco vodní stres PMS má stejně veliké hodnoty kladné.

3.5.1.2 Použitelnost

Metoda měření vodního stresu PMS byla odzkoušena pro hodnocení životaschopnosti sadebního materiálu buku lesního a dubů (zimního a letního). Ověřena byla tlaková komora Model 1000 (PMS Instrument Company, Oregon, USA).



Obr. 5: Měření vodního stresu PMS tlakovou komorou

Na základě rozsáhlého souboru dat z měření bylo zjištěno, že limitní hodnoty PMS jsou druhově specifické. Zatímco při ověřování popsané metody pro některé jehličnany se ukázalo, že hodnoty PMS signalizující závažné narušení vodního režimu u borovice lesní jsou vyšší než 15 barů a u smrku ztepilého vyšší než 30 barů, u listnatých dřevin, zejména pak u buku a dubu, jsou tyto hodnoty značně vyšší a zpravidla přesahují 40 barů. Při práci s tak vysokým tlakem je velmi důležité dodržovat bezpečnostní pravidla a při sledování řezné plochy se zásadně nenaklánět nad víko přístroje.

Metoda hodnocení vodního stresu rostlin PMS poskytuje rychlé údaje o stavu vodního režimu, a tím o jednom z nejdůležitějších potenciálních předpokladů dobré ujmavosti a růstu po výsadbě. Výrazně reaguje na osychání rostlin vystavených nesprávné manipulaci. Získané informace ukazují aktuální stav vodního režimu rostlin. Existují však určitá omezení. Vysoké hodnoty PMS (nízký obsah vody) představují závažný symptom poškození

a pravděpodobné zhoršení ujímavosti a růstu. Nízké hodnoty PMS (vysoký obsah vody v rostlinách) nemusí ale vždy znamenat dobrou vitalitu sadebního materiálu, zejména v případě poškození rostlin jinými vlivy než suchem.

3.5.2 Měření elektrické vodivosti výluhů z rostlinných pletiv (relative electrolyte leakage - REL)

Pokud došlo k poškození kořenů sadebního materiálu způsobem, který neovlivnil aktuální vodní režim rostlin (mrazem, mechanicky), není možno toto poškození odhalit měřením vodního stresu PMS. V takovém případě je doporučeno použít metodu měření relativní elektrické vodivosti výluhů. Tato metoda je založena na skutečnosti, že poškozená nebo mrtvá pletiva uvolňují do vody podstatně více elektrolytů než pletiva živá s nepoškozenými buněčnými membránami. Hodnoceny jsou výluhy z různých částí rostlin (jemné nebo silné kořeny, části větviček nebo kmínků).

Měřenou charakteristikou je relativní elektrická vodivost počítaná jako procentuální podíl vodivosti čerstvých pletiv na celkové vodivosti pletiv po jejich usmrcení podle vzorce:

$$\text{relativní vodivost} = (\text{vodivost čerstvých} / \text{vodivost usmrcených pletiv}) \times 100$$

(RITCHIE, LANDIS 2006).

3.5.2.1 Postup měření

Metoda spočívá v měření elektrické vodivosti výluhů z pletiv v čerstvém stavu a po usmrcení. Pro vyluhování je používána destilovaná voda. Vodivost je měřena laboratorním konduktometrem inoLab Cond Level 1se sondou wtw TetraCon 325 s vestavěnou kompenzací teploty (WTW GmbH). Pletiva jsou usmrcována varem po dobu 30 minut v nádobě s regulovanou teplotou ROMMELSBACHER (obr. 6).



Obr. 6: Měření elektrické vodivosti výluhů

Na výrazné poškození rostlin suchem reagují nejsilněji výluhy z jemných kořenů (slabších než 1 mm). Na poškození rostlin mrazem reagují silně výluhy z hlavních (kulových) kořenů.

Vzorky jemných kořenů o hmotnosti ca 0,5 až 1 g nebo vzorky silného kořene o délce 1,5 až 2 cm rozstříženy na 3 části jsou pečlivě očištěny a promyty vodovodní a následně třikrát destilovanou vodou. To zajistí odstranění zbytků zeminy a dalších nečistot, které by ovlivňovaly výsledky. Promyté vzorky jsou vloženy do zkumavek s 16 ml destilované vody, protřepány a ponechány vyluhovat do dalšího dne. Po dalším protřepání je změřena elektrická vodivost výluhů (čerstvá pletiva). Zkumavky se vzorky jsou zavíčkované. I se stojánky jsou vloženy do varné nádoby s vodou dosahující nad úroveň hladiny vody ve zkumavkách a po

dobu 30 minut vystaveny teplotě nad 100 °C. Následuje vyluhování do dalšího dne a po protřepání provedeme druhé měření elektrické vodivosti výluhů z usmrcených pletiv. Velikost použitých vzorků není rozhodující vzhledem k tomu, že se zjišťuje relativní hodnota (poměr dvou vodivostí ze stejných vzorků).

3.5.2.1 Použitelnost

Výsledky měření jsou k dispozici během 3 dnů. Metoda je vhodná především pro hodnocení kvality krytokořenných semenáčků buku a dubů vystavených nepříznivým vlivům (nízké teplotě) během přezimování.

3.5.3 Vodní deficit (water deficit - WD)

Vodní deficit (WD) je definován jako množství vody potřebné do plného nasycení rostlinných pletiv vodou. Poskytuje smysluplnější hodnocení vodního režimu než prosté zjišťování obsahu vody z rozdílu čerstvé hmotnosti a sušiny vyjádřené v % sušiny, protože podíl sušiny ve vzorku se během růstu mění. Vodní deficit WD je vztažen k obsahu vody v plně nasycených pletivech a tak lépe vyjadřuje vztah s fyziologickými funkcemi (Lopushinsky 1990).

Segment rostliny je po zvážení ponořen do vody a ponechán sytit po několik hodin. Zjištěna je aktuální hmotnost čerstvého vzorku, hmotnost po plném nasycení a následně hmotnost sušiny. Vodní deficit je počítán podle vzorce:

$$WD = (hmotnost\ po\ nasycení - čerstvá\ hmotnost) / (hmotnost\ po\ nasycení - sušina) * 100.$$

3.5.3.1 Postup měření

Vodní deficit je měřen na segmentech kmínků nebo větví. Při komplexním hodnocení jsou 2 – 3 cm dlouhé segmenty odebírány pod místem, kde byly odříznuty terminální části pro měření PMS tlakovou komorou. Povrch vzorků je pečlivě očištěn vodou a osušen ubrouskem. Potom jsou rychle zváženy s přesností na 0,001 g (váhy OHAUS Pioneer PA413). Po vložení do zkumavek s vodou jsou ponechány sytit do následujícího dne. Následně jsou vzorky postupně vyjímány z vody, ubrouskem osušeny na povrchu a zváženy pro zjištění hmotnosti po nasycení. V sušárně jsou potom při 105 °C vysušeny do konstantní hmotnosti pro stanovení sušiny.



Obr. 7: Hodnocení vodního deficitu WD

3.5.3.1 Použitelnost

Hodnoty vodního deficitu WD poskytují informaci o aktuálním nedostatku vody v rostlinách, a tím o možném narušení normálního vodního režimu nadměrným vyschnutím. Výsledky jsou k dispozici během několika dnů.

3.5.4 Růstový potenciál kořenů (root growth potential - RGP)

Růstový potenciál kořenů je definován jako schopnost rostliny rychle obnovit růst kořenů po výsadbě do příznivých podmínek. Je hodnocen jako počet nových kořenů vytvořených v definovaných podmínkách v daném časovém intervalu. Vyjadřuje potenciální schopnost

zakládání a růstu nových kořenů po přesazení rostlin do optimálních růstových podmínek (Ritchie, Tanaka 1990). Odráží komplexně aktuální fyziologický stav sadebního materiálu. Jestliže došlo k jeho poškození nebo narušení fyziologického stavu různými typy stresových faktorů, na rychlosti obnovy růstu kořenů se to zpravidla výrazně projeví.

3.5.4.1 Postup hodnocení

Hodnocení růstového potenciálu kořenů RGP probíhá podle standardního operačního postupu akreditované laboratoře Školkařská kontrola. Sazenice jsou umístěny do nádob se směsí vláknité rašeliny a perlitu. Po dobu 3 týdnů jsou pěstovány v růstové komoře při teplotě 22 °C a relativní vlhkosti vzduchu 70 %. Délka dne je umělým přisvětlováním nastavena na 16 hodin.



Obr. 8: Hodnocení růstového potenciálu kořenů

Po skončení testu jsou kořeny šetrně promyty a jsou počítány nově vyrostlé (bílé) kořeny, a to odděleně kořeny delší než 5 mm a kořeny krátké. V případě velkého množství nových kořenů je toto počítání velmi náročné na čas a pečlivost práce. Pro usnadnění hodnocení počtu nových kořenů a zároveň pro omezení vlivu případných extrémních hodnot na průměrné výsledky, je možno použít následující stupnici tzv. „Indexu růstu kořenů“ (tabulka 1).

Tabulka 1: Indexy růstu kořenů“ (upraveno podle Burdett 1979, Tanaka et al. 1994)

Index růstu kořenů	Počet nových kořenů delších než 5 mm (ks)
0	žádné nové kořeny
1	několik nových kořenů, ale žádný delší než 5 mm
2	1 – 3
3	4 – 10
4	11 – 30
5	31 – 100
6	101 – 300
7	více než 300

3.5.4.1 Použitelnost

Růstový potenciál kořenů RGP slouží jako komplexní indikátor celkové vitality sazenic, protože jakýkoli stres se projeví na intenzitě růstu kořenů. Vzhledem k nutné třítydenní době expozice však délka trvání testu neumožňuje rychlou reakci na aktuální stav sadebního materiálu během manipulace a výsadby.

3.5.5 Kontrolní výsadby

U všech vzorků je vhodné zároveň s hodnocením fyziologického stavu realizovat kontrolní výsadby na venkovní záhony. Sledování těchto výsadeb slouží k verifikaci poznatků získaných laboratorními metodami.

4 Shrnutí

Fyziologická kvalita je komplexní pojem a jednotlivý test není většinou schopen poskytnout celkové hodnocení kvality sadebního materiálu. Exaktně jsou zpravidla posuzovány pouze jednotlivé složky fyziologického stavu v souvislosti s odhalováním možného poškození specifickými faktory. Doporučováno je tedy komplexní hodnocení celkového stavu kombinací několika laboratorních metod (tabulka 2).

Tabulka 2: Přehled metod používaných při hodnocení fyziologické kvality sadebního materiálu dubu zimního a buku lesního

Znak	Metoda	Získané hodnoty (jednotky)
Vodní potenciál	sledování řezné plochy větvičky při zvyšování tlaku v tlakové komoře	tlak při objevení kapičky vody (bar)
Obsah vody	vážení nadzemních částí a kořenů čerstvých a po vysušení	% čerstvé hmotnosti
Vodní deficit	vážení segmentů nadzemních částí čerstvých, po plném nasycení vodou a po vysušení	množství vody potřebné pro nasycení (% sušiny)
Vodivost výluhů z jemných a silných kořenů	vodivost po 24 hod vyluhování a následně 24 hod po usmrcení varem	REL (podíl vodivost z živých na celkové vodivosti z mrtvých pletiv v %)
Růstový potenciál kořenů (RGP)	expozice 3 týdny v optimálních podmínkách růstové místnosti	počet nově rostoucích kořenů (doplňkově rašení)
Morfologická kvalita	standardní postup používaný v akreditované laboratoři Školkařská kontrola	výška, průměr kořenového krčku, objem nadzemních částí a kořenů, poměr K/N, podíl jemných kořenů
Kontrolní výsadby	výsadba na záhonech v objektu VS	fenologie, ujímavost a růst

Metoda hodnocení vodního stresu rostlin PMS (vodního potenciálu) tlakovou komorou je rychlá, spolehlivá a v případě větších sazenic nedestruktivní (k měření je použita pouze boční větev). Metoda poskytuje spolehlivé údaje o aktuálním stavu vodního režimu semenáčků a sazenic. Upozorňuje na možné narušení fyziologické kvality vodním stresem způsobeným nesprávnou manipulací se sadebním materiálem. Poznatky o stavu vodního režimu může doplnit hodnocení vodního deficitu (WD).

Metoda hodnocení relativní elektrické vodivosti výluhů kořenů (jemných i silných) REL je využitelná především při podezření na poškození sadebního materiálu jiným způsobem než vysycháním. Především při potenciálním poškození mrazem, zapařením nebo mechanicky. Například na poškození krytokořených semenáčků buku a dubů silným mrazem reaguje nejsilněji relativní elektrická vodivost výluhů ze silných kořenů. Hodnoty relativní elektrické

vodivosti výluhů z jemných kořenů signalizují kromě poškození kořenů mrazem nebo jinými vlivy také závažnější poškození vyschnutím.

Hodnocení růstového potenciálu kořenů RGP poskytuje komplexní informaci o celkové vitalitě sadebního materiálu. Indikuje zhoršení fyziologického stavu bez ohledu na typ stresového faktoru. Jeho nevýhodou je však dlouhá doba potřebná pro získání výsledků (3 až 4 týdny).

Kromě fyziologických charakteristik je třeba věnovat pozornost i morfologickým znakům. Pokud má sadební materiál nedostatečný poměr kořenů k nadzemním částem, je mnohem citlivější k jakémukoli poškození během manipulace. Důležitým faktorem je také průběh počasí před a po výsadbě. Při výsadbě do vlhké půdy při následném deštivém počasí jsou sazenice schopné přežít i se silně narušeným vodním režimem. Při dobré vitalitě silných kořenů a jejich dobré regenerační schopnosti se laboratorně zjištěné poškození nemusí významně projevit po výsadbě. Na druhé straně v případě nepříznivých podmínek po výsadbě ani nepoškozené kvalitní kořeny nemusí být schopné zajistit rostlině dostatečný přísun vody a živin pro přežití a úspěšný růst.

5 Literatura použitá při vypracování metodiky nebo související s problematikou

- BIGRAS, F. J., DUMAIS, D. 2005. Root-freezing damage in the containerized nursery: impact on plantation sites – A review. *New Forests*, 30: 167 – 184.
- BURDETT, A. N. 1979. New methods for measuring root growth capacity: their value in assessing lodgepole pine stock quality. *Canadian Journal of Forest Research*, 9: 63 – 67.
- COUTTS, M. P. 1981. Effects of root or shoot exposure before planting on the water relations, growth, and survival of Sitka spruce. *Canadian Journal of Forest Research*, 11: 703 – 709.
- CLEARY, B. D., ZAERR, J. B. 1980. Pressure chamber techniques for monitoring and evaluating seedling water status. *New Zealand Journal of Forest Science*, 10: 133 – 141.
- CLEARY, B., ZAERR, J., HAMEL, J. 1999. Guidelines for measuring plant moisture stress with a pressure chamber. Corvallis (USA), PMS Instrument Comp. 26 s.
- DEANS, J. D., LUNDBERG, C., TABBUSH, P. M., CANNELL, M. G. R., SHEPPARD, L. J., MURRAY, M. B. 1990. The influence of desiccation, rough handling and cold storage on the quality and establishment of sitka spruce planting stock. *Forestry*, 63 (2): 129 – 141.
- EDGREN, J. W. 1984. Nursery storage to planting hole: A seedling's hazardous journey. In: *Forest nursery manual: Production of bareroot seedlings*. M. L. Duryea and T. D. Landis (eds.). Hague/Boston/Lanchester, Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers for Forest Research Laboratory, Oregon State University (Corvallis): 235 – 242.
- GIRARD, S., CLÉMENT, A., BOULET-GERCOURT, B., GUEHL J-M. 1997. Effects of exposure to air on planting stress in red oak seedlings. *Ann. Sci. For.*, 54: 395 – 401.
- GROSSNICKLE, S. 2012. Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests*, 43: 711 – 738.

- HAASE, D. L., ROSE, R. 1990. Moisture stress and root volume influence transplant shock: Preliminary results. In: Target Seedling Symposium: Proc. Comb. Meet. West. For. Nursery Assoc. August 13-17, 1990. Rosenberg, Oregon. Gen. Techn. Rep. RM-200. Ed. R. Rose, S. J. Campbell, T. D. Landis. Fort Collins (Colorado), Rocky Mount. For. and Range Exp. Stat.: 201 – 206.
- INSLEY, H. 1979. Damage to broadleaved seedlings by desiccation. *Arboriculture Research Note*, 8: 4.
- JOLY, R. J. 1985. Techniques for determining seedling water status and their effectiveness in assessing stress. In: *Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests*. Workshop held October 16-18, 1984. (Ed.) M. L. Duryea. Corvallis, Forest Research Laboratory, Oregon State University: 17 – 28.
- KOZLOWSKI, T. T. ed. 1972. Water deficits and plant growth. Vol. III. Plant responses and control of water balance. Academic Press, New York: 368.
- LANDIS, T. D., TINUS, R. W., MCDONALD, S. E., BARNETT, J. P. 1989. Seedling nutrition and irrigation. Vol. IV, *The Container tree nursery manual*. Agric. Handbook 674. Washington, USDA Forest Service: 119. Dostupné na: <http://www.rngr.net/publications/ctnm/volume-4>.
- LANDIS, T. D., DUMROESE, R. K., HAASE, D. L. 2010. *The container tree nursery manual*. Volume 7, Seedling processing, storage, and outplanting. Dostupné na: <http://www.rngr.net/publications/ctnm/volume-7>.
- MCEVOY, C.; MCKAY, H. 1997. Sensitivity of broadleaved trees to desiccation and rough handling between lifting and transplanting. *Miscellaneous Arboriculture Research and Information Note - Arboricultural Advisory and Information Service (AAIS)*: 7.
- MCKAY, H. M. 1992. Electrolyte leakage from fine roots of conifer seedlings: a rapid index of plant vitality following cold storage. *Canadian Journal of Forest Research*, 22: 1371 – 1377.
- MCKAY, H. M. 1997. A review of the effect of stresses between lifting and planting on nursery stock quality and performance. *New Forests*, 13 (1-3): 369 – 399.
- MCKAY, H. M., JINKS, R. L., MCEVOY, C. 1999. The effect of dessication and rough-handling on the survival and early growth of ash, beech, birch and oak seedlings. *Forest Science*, 56: 391 – 402.
- L'HIRONDELLE, S. J., SIMPSON, D. G., BINDER, W. D. 2006. Overwinter storability of conifer planting stock: operational testing of fall frost hardiness. *New For.*, 32: 307 – 321.
- LOPUSHINSKI, W. 1990. Seedling moisture status. In: *Target Seedling Symposium: Proc., Comb. Meet. West. For. Nursery Assoc. August 13-17, 1990*. Rosenberg, Oregon. Gen. Techn. Rep. RM-200. Ed. R. Rose, S. J. Campbell, T. D. Landis. Fort Collins (Colorado), Rocky Mount. For. and Range Exp. Stat.: 123 – 138.
- MATTSSON, A. 1997. Predicting field performance using seedling quality assessment. *New Forests*, 13 (1/3): 227 – 252.
- MOHAMMED, G. H. 1997. The status and future of stock quality testing. *New Forests*, 13: 491 – 514.

- MURAKAMI, P., CHEN, T. H. H., FUCHIGAMI, L. H. 1990. Desiccation tolerance of deciduous plants during postharvest handling. *J. Environ. Hort.* 8: 22 – 25.
- OMI, S. K. 1991. The target seedling and how to produce it. In: *Nursery Management Workshop Proceedings*. Texas Forest Service Publication 148. Texas A&M University: 88 – 118.
- RITCHIE, G. A., LANDIS, T. D. 2005. Seedling quality tests: Root growth potential. *Forest Nursery Notes*, Winter 2003. Portland (Oregon, USA), USDA Forest Service Cooperative Forestry: 8 – 10.
- RITCHIE, G. A., LANDIS, T. D. 2004. Seedling quality tests: Stress resistance. *Forest Nursery Notes*, Summer 2004. Portland (Oregon, USA), USDA Forest Service Cooperative Forestry: 17 – 21.
- RITCHIE, G. A., LANDIS, T. D. 2005. Seedling quality tests: Plant moisture stress. *Forest Nursery Notes*, Summer 2005. Portland (Oregon, USA), USDA Forest Service Cooperative Forestry: 6 – 12.
- RITCHIE, G. A., LANDIS, T. D. 2006. Seedling quality tests: Root electrolyte leakage. *Forest Nursery Notes*, Winter 2006. Portland (Oregon, USA), USDA Forest Service Cooperative Forestry: 6 – 10.
- RITCHIE, G. A., TANAKA, Y. 1990. Root growth potential and the target seedlings. In: Rose, R., Campbell, S. J., Landis, T. D. (eds.) *Target Seedling Symposium: Proc., Comb. Meet. West. For. Nursery Assoc.* August 13-17, 1990. Rosenberg, Oregon. Gen. Techn. Rep. RM-200. Ed. Fort Collins (Colorado), Rocky Mount. For. and Range Exp. Stat: 37 – 52.
- SARVAŠ, M. 1999. Možnosti použitia merania straty elektrolytu na zistenie kvality sadbového materiálu. *J. For. Sci.*, **45** (3): 131 – 138.
- SIMPSON, D. G. 1985. When to measure seedling quality in bareroot nurseries. *Proceedings: Intermountain Nurseryman's Association Meeting*, August 13-15. Fort Collins, Colorado: 78 – 83.
- TANAKA, Y., BROTHERTON, P., HOSTETTER, S., CHAPMAN, D., DYCE, S., BELANGER, J., JOHNSON, B., DUKE, S. 1997. The operational planting stock quality testing program at Weyerhaeuser. *New Forests*, 13:423 – 437.
- TABBUSH, P. M. 1986. Rough handling, soil temperature, and root development in outplanted Sitka spruce and Douglas-fir. *Canadian Journal of Forest Research*, (16): 1385 – 1388.

6 Seznam prací souvisejících s metodikou publikovaných autory

- JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ J., NÁROVCOVÁ, J. 2000. Výkon pověření kontrolou kvality sadebního materiálu (VS Opočno) v kontrolním systému, nabídka specializovaného pracoviště vlastníkům lesa a dalším zájemcům, poznatky ze současné praxe. In: *Kontrola kvality reprodukčního materiálu lesních dřevin. Sborník referátů z celostátního odborného semináře s mezinárodní účastí*. Opočno, 7. - 8. března 2000. Sest. A. Jurásek. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 43 – 46.
- JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ J., LEUGNER J. 2010. Manipulace se sadebním materiálem lesních dřevin od vyzvednutí ve školce až po výsadbu. *Certifikovaná metodika*. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. 34 s. *Lesnický průvodce* 5/2010.

- LEUGNER, J., JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ, J. 2013. Vliv vysychání během manipulace na růst sazenic smrku ztepilého a jedle bělokoré. In: Lesné semenárstvo, škôlkarstvo a umelá obnova lesa 2013 [elektronický zdroj]. Zborník príspevkov. Ed. M. Sušková. Snina, Združenie lesných škôlkarov Slovenskej republiky. 8 s.
- LEUGNER, J., MARTINCOVÁ, J., JURÁSEK, A. 2012. Vliv vysychání během manipulace a prostředí po výsadbě na růst sazenic smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.). Zprávy lesnického výzkumu, 57 (1): 1 – 7.
- LEUGNER, J., MARTINCOVÁ, J., JURÁSEK, A. 2014. Růstová reakce sazenic jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.) na vysychání během manipulace a na prostředí po výsadbě. Zprávy lesnického výzkumu, 59 (1): 28 – 34.
- LEUGNER, J., MARTINCOVÁ, J., ERBANOVA, E. 2015. Změny vodního potenciálu u sadebního materiálu borovice lesní při vysychání. In: Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2015. (Sborník recenzovaných prací). 16. – 17. 9. 2015. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze; [Zvolen], Ústav ekológie lesa Slovenskej akadémie vied: 128 – 131.
- LEUGNER, J., MARTINCOVÁ, J., ERBANOVA, E. 2018. Nalezení a ověření provozně využitelné metody pro hodnocení aktuálního fyziologického stavu sadebního materiálu. In: Lesné semenárstvo, škôlkarstvo a umelá obnova lesa 2018. Zborník príspevkov. Ed. M. Sušková. Snina, Združenie lesných škôlkarov Slovenskej republiky 2018: 50 – 56.
- LEUGNER, J., MARTINCOVÁ, J., ERBANOVA, E. 2018. Vliv vodního stresu sadebního materiálu na ujímavost a následný růst po výsadbě. In: Vliv sucha na současný zdravotní stav lesů v ČR. Sborník příspěvků. Praha, Česká lesnická společnost: 33 – 40.
- LEUGNER, J., MARTINCOVÁ, J., ERBANOVA, E. 2019. Vliv skladování a vysychání na fyziologickou kvalitu sadebního materiálu buku lesního a dubu zimního. In: Pěstování lesů ve střední Evropě. Sborník vědeckých prací u příležitosti 20. mezinárodního setkání pěstitelů lesa střední Evropy a 100 let založení Mendelovy univerzity v Brně. Brno, 3.– 5. 9. 2019. Ed. K. Houšková, D. Jan. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 102–108. Proceedings of Central European silviculture [Vol. 9].
- LEUGNER, J., MARTINCOVÁ, J., ERBANOVA, E. 2019. Vztah vodního stresu měřeného tlakovou komorou k ujímavosti semenáčků borovice lesní vystavených vysychání. Zprávy lesnického výzkumu, 64 (1): 10 – 15.
- LEUGNER, J., MARTINCOVÁ, J. 2019. Zásady manipulace se sadebním materiálem lesních dřevin. Lesnická práce, 98 (6): 378 – 381.
- MARTINCOVÁ, J. 1990. Sezónní dynamika elektrické vodivosti jako znak růstové aktivity sazenic. Zprávy lesnického výzkumu, 35 (4): 12 – 15.
- MARTINCOVÁ, J. 2000. Hodnocení kvality sadebního materiálu jako poradenská služba pro školkaře a vlastníky lesa. In: Progresívne spôsoby pestovania sadbového materiálu. Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie. Zvolen, 7. - 8. september 1999. Ed. L. Šmelková, I. Repáč. 1. vyd. Zvolen, Technická univerzita: 37 – 42.

- MARTINCOVÁ, J., LEUGNER, J., ERBANOVA, E. 2019. Provozně použitelný postup hodnocení aktuálního stavu vodního režimu sadebního materiálu smrku ztepilého a borovice lesní. Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce 19/2019. Strnady, VÚLHM 2018: 28.
- MARTINCOVÁ, J., LEUGNER, J. 2019. Hodnocení aktuálního fyziologického stavu sadebního materiálu smrku ztepilého a borovice lesní. Lesnická práce, 98 (6): 382 – 384.