

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



**Provozně použitelný postup hodnocení aktuálního stavu  
vodního režimu sadebního materiálu smrku ztepilého  
a borovice lesní**

**Metodika pro praxi**

**Ing. Jan Leugner, Ph.D.  
RNDr. Jarmila Martincová  
Ing. Evelína Erbanová**

## Obsah

2	Úvod.....	5
3	Cíl metodiky.....	5
4	Vlastní popis metodiky.....	5
4.1	Kdy a proč hodnotit fyziologickou kvalitu sadebního materiálu?.....	5
4.2	Vodní potenciál ( $\Psi_w$ ) – vodní stres rostlin (PMS).....	5
4.2.1	Teoretické východisko .....	5
4.2.2	Popis měření .....	6
4.2.3	Možnost terénního měření vodního stresu rostlin PMS .....	7
4.2.4	Vzorky rostlin pro měření vodního stresu.....	8
4.2.5	Příprava vzorků .....	8
4.2.6	Faktory ovlivňující hodnoty PMS .....	8
4.2.7	Odběr a doprava vzorků pro laboratorní měření .....	9
4.2.8	Použitelnost metody hodnocení vodního stresu rostlin pomocí tlakové komory... .....	10
4.2.9	Limitní hodnoty.....	10
4.3	Další doplňující a upřesňující metody realizované ve speciálních laboratořích .....	11
4.3.1	Elektrická vodivost výluhů z jemných kořenů (REL).....	11
4.3.2	Akreditovaná laboratoř Školkařská kontrola.....	11
4.4	Závěr.....	12
5	Seznam použité související literatury.....	12
6	Práce autorů vztahující se k dané problematice .....	15

# 1 Úvod

Vysoké ztráty při zalesňování představují stále významný problém v našem lesním hospodářství. Ke zvýšení ztrát přispívá i častější výskyt klimatických extrémů s výraznějšími suchými periodami. Klíčovým faktorem při zalesňování zůstává vysoká kvalita používaného sadebního materiálu.

Požadavky na genetickou a morfológickou kvalitu podrobně upravuje naše legislativa. Předkládaná metodika se zabývá hodnocením fyziologické kvality (aktuálního fyziologického stavu) sadebního materiálu. Protože stav nasycení vodou je klíčový pro většinu procesů probíhajících v rostlinách a ztráta vody představuje jedno z největších rizik během manipulace, zaměřuje se předkládaná metodika především na hodnocení vodního potenciálu (vodního stresu) sadebního materiálu.

## 2 Cíl metodiky

Metodika je zaměřena na možnost měření vodního stresu sadebního materiálu (vodního potenciálu) tlakovou komorou. Cílem hodnocení je upozornit na případný negativní vliv předchozí manipulace a předcházet sporům v případě neúspěšného zalesňování.

## 3 Vlastní popis metodiky

### 3.1 Kdy a proč hodnotit fyziologickou kvalitu sadebního materiálu?

Pro školkaře je výhodné prokázat vysokou fyziologickou kvalitu nabízeného sadebního materiálu a zvýšit tím konkurenceschopnost. Sledování fyziologického stavu umožní i zjistit případný negativní vliv některých postupů pěstování a manipulace (včetně skladování) na kvalitu sadebního materiálu a tyto postupy podle výsledků testů upravit.

Pro odběratele je znalost aktuálního stavu sadebního materiálu důležitá zejména v případě pochybností, zda nedošlo k jeho poškození během předchozí manipulace. Záměrem je předejít možným sporům při neúspěchu výsadeb, případně vyloučit nekvalitní partie sadebního materiálu ze zalesňování. Hodnocení aktuálního fyziologického stavu sadebního materiálu je doporučováno především při nákupu většího množství semenáčků a sazenic, při podezření, že mohlo dojít ke zhoršení fyziologické kvality během pěstování a manipulace nebo při nákupu sadebního materiálu, u něhož není známo, jak dlouho a jak (ne)šetrně s ním bylo manipulováno. Vzhledem k tomu, že stav nasycení vodou je klíčový pro určení reakcí rostliny na prostředí, je důležité spolehlivé měření vodního stavu, které může indikovat intenzitu vodního stresu.

### 3.2 Vodní potenciál ( $\Psi_w$ ) – vodní stres rostlin (PMS)

#### 3.2.1 Teoretické východisko

Základním pojmem používaným k popisu a kvantifikaci vodního režimu rostlin je vodní potenciál  $\Psi_w$ . Vyjadřuje celkovou specifickou volnou energii vody v systému vztahenou k volné energii čisté vody. Čistě vodě na povrchu země byl určen vodní potenciál nula a  $\Psi_w$  tedy nabývá negativní hodnoty. Používá se ve fyziologii rostlin pro charakterizování stavu vody v rostlině, její části nebo v jejím nejbližším okolí (v půdě). Vodní potenciál představuje sílu, jakou je voda v rostlině poutána.

Běžné vyjádření vodního potenciálu bývá pro pěstitele problematické, protože záporné hodnoty jsou hůře představitelné a je složitější s nimi počítat. Může být obtížné se orientovat v situaci, kdy při nedostatku vody vodní potenciál  $\Psi_w$  klesá (stává se více záporným), zatímco jeho absolutní hodnoty se zvyšují. Proto je pro praktické použití stále častěji vodní potenciál vyjadřován jako pozitivní hodnota a je nazýván vodní stres rostlin PMS (plant moisture stress). Hodnoty vodního potenciálu  $\Psi_w$  a hodnoty PMS jsou přímo konvertibilní pouhou změnou znaménka.

Hodnoty  $\Psi_w$  a PMS jsou hodnoty tlaku. Jsou udávány v MPa, aby odpovídaly soustavě fyzikálních jednotek SI. Pro účely výzkumu a pěstování rostlin jsou často vyjadřovány v barech. Porovnání jednotek pro vodní potenciál rostlin ( $\Psi_w$ ) a vodní stres (PMS) je uvedeno v tabulce 1. V předkládané metodice je měření vodního stresu rostlin PMS vyjadřováno v barech.

*Tabulka 1: Příklad porovnání jednotek pro vodní potenciál ( $\Psi_w$ ) a vodní stres rostliny (PMS). Veličiny  $\Psi_w$  a PMS mají stejnou hodnotu, ale  $\Psi_w$  je vyjádřen jako záporné číslo, zatímco hodnoty PMS jsou pozitivní.*

Vodní potenciál		Vodní stres	
jednotky		jednotky	
MPa	bar	MPa	bar
-1,0	-10,0	1,0	10,0
-2,0	-20,0	2,0	20,0

### 3.2.2 Popis měření

Vodní stres PMS je měřen pomocí tlakové komory (obr. 1). Hodnocení je prováděno zpravidla v laboratoři, přístroj používaný naším pracovištěm (Model 1000 od PMS Instrument Company, Oregon, USA) však lze použít i k měření PMS přímo v terénu. Přístroj je napojen na tlakovou lahev se stlačeným dusíkem, která je plněna certifikovanou firmou a podléhá pravidelné revizi v rámci bezpečnostních předpisů.

Měření se provádí tak, že odříznutá část rostliny se umístí pomocí pryžového těsnění do tlakové komory přístroje s řeznou plochou vyčnívající přes komorové víko (obr. 2).

Po vložení vzorku do komory přístroje je redukčním ventilem připojeným na zásobník stlačeného dusíku pomalu zvyšován tlak uvnitř komory. Vyčnívající řezná plocha je sledována lupou. Po objevení první kapky vody na řezu je přísun stlačeného plynu zastaven a na stupnici přístroje je odečten tlak rovnající se vodnímu stresu PMS.



*Obr. 1: Měření vodního stresu tlakovou komorou*



Obr. 2: Postup měření vodního stresu PMS tlakovou komorou

Rovnovážený tlak je ovlivňován intenzitou zvyšování tlaku. Jestliže je tlak zvyšován příliš rychle, mohou se objevit významné chyby. Doporučuje se používat konstantní intenzitu zvyšování tlaku kolem 0,2 až 0,5 barů/s, při předpokládaném vysokém výsledném rovnovážném tlaku může být zpočátku použita vyšší intenzita (1 až 2 bary).

Z bezpečnostních důvodů obsluha přístroje nikdy nesmí mít tvář nad komorou během měření, řeznou plochu vzorku sleduje z boku s použitím ochranného prostředku (brýle, velká lupa, ochranný štít).

### 3.2.3 Možnost terénního měření vodního stresu rostlin PMS

Tlaková komora Model 1000 od PMS Instrument Company, Oregon, USA je přenosná a umožňuje připojení na menší plynovou lahev pro měření v terénu (obr. 3). Měřit PMS je tak možno kdekoli v blízkosti příjezdové cesty. Není potřeba žádný zdroj elektrické energie. Při porovnání výsledků terénního měření a následného hodnocení PMS po převezení vzorků do laboratoře byly zjištěny pouze minimální neprůkazné rozdíly.

Při venkovním měření je třeba věnovat značnou pozornost podmínkám, za kterých měření probíhá. Při práci v terénu za teplého slunečního dne je nutné důkladné zastínění přenosného pracoviště a co nejrychlejší příprava vzorků před měřením, protože teplo a vítr mohou poměrně rychle zvyšovat vodní stres hodnocených větviček.

Vzhledem k možným výše uvedeným problémům je vhodnější v terénu vzorky pouze odebrat a měření PMS uskutečnit následně v laboratoři. Výhodou měření PMS v laboratoři je kromě zajištění standardních podmínek i možnost komplexnějšího posouzení stavu sadebního materiálu s případným použitím dalších doplňujících metod.



Obr. 3: Terénní měření vodního stresu PMS tlakovou komorou

### 3.2.4 Vzorky rostlin pro měření vodního stresu



Obr. 4: Sadební materiál SM a BO s naznačením míst odběru vzorků pro hodnocení PMS

Pro hodnocení vodního stresu sadebního materiálu se používají části větví nebo u menších rostlin celé nadzemní části. Mezi jednoletými a dvouletými větvičkami nebo mezi letorosty z prvního a druhého přeslenu smrku ztepilého byly zjištěny jen minimální a statisticky neprůkazné rozdíly. U smrkového sadebního materiálu je tedy pro měření možno používat letorosty nebo dvouleté větve. Velikost vzorku nemá vliv na hodnoty zjištěného vodního stresu PMS. Je omezena pouze velikostí tlakové komory (průměr 6,5 cm, hloubka ca 14 cm). Z technického hlediska je limitující minimální průměr větviček (2 mm). Vzhledem k vizuálnímu hodnocení metody je vhodné použít větší průměr vzorku s řeznou plochou silnější než 3 mm.

Smrkové sazenice nejsou odběrem vzorků výrazněji poškozeny a mohou být použity pro následnou výsadbu nebo mohou být případně vzorky odebírány z již vysazených rostlin. Sadební materiál borovice lesní zpravidla nemá dostatečně vyvinuté boční větve (obr. 4). Pro měření PMS jsou tedy používány vrcholové části kmínku a semenáčky nebo sazenice tak nejsou již pro výsadbu použitelné.

### 3.2.5 Příprava vzorků

Mezi odběrem vzorků a měřením musí být zamezeno ztrátám vody transpirací, které mohou významně ovlivnit výsledky měření. Celé semenáčky nebo sazenice nebo jejich části jsou ihned po odběru neprodyšně uzavírány do polyetylenových sáčků (obr. 5). V případě laboratorního měření v den následující po odběru jsou vzorky uchovávány v klimatizovaném boxu s teplotou nepřesahující +4 °C.

Bezprostředně před měřením jsou bazální části vzorků seříznuty ostrou čepelí (seřezávač) pro získání rovné čisté řezné plochy, která umožňuje sledování postupu vytlačování vody z rostlinných pletiv.



Obr. 5: Ochrana vzorků před ztrátami vody

### 3.2.6 Faktory ovlivňující hodnoty PMS

**Vodní režim rostlin:** Hodnoty vodního stresu PMS měřené tlakovou komorou jsou v těsném vztahu s obsahem vody v rostlinách. Vystavení semenáčků nebo sazenic povětrnostním podmínkám způsobujícím ztrátu vody má za následek výrazné zvýšení hodnot měřeného vodního stresu PMS.

**Druh dřeviny:** Hodnoty PMS běžného sadebního materiálu jsou druhově specifické. Z hodnocených dřevin jsou u smrku ztepilého vyšší než u borovice lesní.

**Typ sadebního materiálu:** Nebyly zjištěny výraznější rozdíly hodnot PMS mezi různě velkými semenáčky a sazenicemi nebo mezi prostokořenným a krytokořenným sadebním materiálem.

**Sezónní dynamika:** Dormantní sadební materiál je odolnější ke stresům působícím během manipulace, při výstupu z dormance se citlivost ke stresovým faktorům zvyšuje. U sadebního materiálu vystaveného vysychání mohou být tedy hodnoty PMS ovlivněny i termínem vyzvedávání. U sadebního materiálu nevystaveného stresu (před vyzvednutím nebo bezprostředně po vyzvednutí) nebyl vliv sezónní dynamiky na hodnoty PMS zjištěn, více jsou tyto hodnoty ovlivňovány povětrnostními podmínkami v době předcházející odběru vzorků.

**Denní dynamika:** Změny vodního režimu rostlin během dne představují určité omezení pro hodnocení fyziologické kvality měřením vodního stresu PMS. Na osluněných stanovištích za jasného dne se mohou i u nepřesazovaných mladých smrků zvýšit hodnoty PMS větvíček v poledních hodinách, díky intenzivní transpiraci, až o 10 barů. Proto je nutno provádět měření nebo odběr vzorků z osluněných stanovišť v ranních hodinách. V případě odběru vzorků ze skladu nebo ze zastíněných stanovišť tato podmínka neplatí.

**Skladování vzorků:** Uložení sadebního materiálu smrku nebo borovice v uzavřených pytlích až po 1 týden v klimatizovaném skladu (teplota  $+3,5 \pm 1$  °C) nemá na hodnoty PMS výraznější vliv.

### 3.2.7 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 manipulace v terénu.

Pokud jsou vzorky odebírány ze zalesněné paseky nebo z zastíněných záhonů ve školce, je třeba odběr uskutečnit v ranních hodinách. Při běžných odběrech vzorků expedovaného sadebního materiálu ze zastíněných založišť, ze sněžné jámy nebo z klimatizovaného skladu není denní doba odběru vzorků již tak důležitá.

Odebírány jsou zpravidla celé rostliny. V případě, kdy u sadebního materiálu smrku nejsou kromě měření PMS požadována žádná další hodnocení, je možno odebírat pouze jednotlivé větve. Odběr je prováděn z většího počtu svazků nebo z více míst na ploše pro získání reprezentativního souboru (minimálně 20 ks). Při vysoké variabilitě naměřených hodnot se doporučuje počet rostlin ve vzorku zdvojnásobit.

Vzorky jsou okamžitě uzavírány do polyetylenových sáčků pro zabránění ztrát vody. Pytle jsou uchovány ve stínu a co nejdříve ukládány do izolovaných chlazených přepravních nádob. Za chladného časně jarního nebo podzimního počasí (do 15 °C) je možno vzorky přepravovat i přímo v zavazadlovém prostoru auta bez jejich chlazení. Po převezení do laboratoře jsou vzorky uloženy v klimatizovaném skladu s teplotou  $+3,5 \pm 1$  °C. Před vlastním měřením jsou stále v uzavřených pytlích temperovány po ca 1 hodinu na laboratorní teplotu.



Obr. 5: Izolovaná přepravka pro dopravu rostlinných vzorků

### 3.2.8 Použitelnost metody hodnocení vodního stresu rostlin pomocí tlakové komory

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.

Vysoké hodnoty PMS (nízký obsah vody) představují závažný symptom poškození a pravděpodobné zhoršení ujmavosti a růstu. Naproti tomu nízké hodnoty PMS (vysoký obsah vody v rostlinách) nemusí vždy znamenat dobrou vitalitu sadebního materiálu, zejména v případě poškozenými rostlin jiným vlivy (poškození kořenů mrazem, závažné mechanické poškození rostliny, bezprostředně po zapaření).

### 3.2.9 Limitní hodnoty

Metoda hodnocení vodního stresu PMS tlakovou komorou byla odzkoušena pro naše hlavní jehličnaté dřeviny – smrk ztepilý a borovice lesní. Na základě rozsáhlého souboru dat z měření se ukázalo, že limitní hodnoty PMS jsou druhově specifické. Uvedené hodnoty jsou aritmetickým průměrem z měření celého vzorku (obvykle 20 rostlin). Z hodnocení je patrné, že borovice je k vodnímu stresu mnohem citlivější než smrk. U čerstvých semenáčků a sazenic s nenarušeným vodním režimem se hodnoty PMS smrku a borovice liší poměrně málo (5 až 10 barů u smrku a 4 až 7 barů u borovice). Výrazné rozdíly nastávají u sazenic vystavených vysychání. Zatímco u borovice hodnoty 15 barů představují již velmi závažné zhoršení fyziologické kvality a vysokou mortalitu, u smrku signalizují vážné zhoršení kvality až hodnoty PMS nad 30 barů. Základní vymezení limitních hodnot je uvedeno v tabulkách 2 a 3.

Tab. 2: Limitní hodnoty PMS pro borovice lesní (průměrné hodnoty vzorku)

Limitní hodnoty PMS (bar)	Hodnocení vodního režimu	Riziko ztrát po výsadbě
< 7	Nenarušený vodní režim sadebního materiálu	Nízké do 10%*
7 - 15	Středně narušený vodní režim sadebního materiálu	Střední
> 15	Silně narušený vodní režim sadebního materiálu	Vysoké Mortalita 50 – 100%*

\*Predikovaná mortalita při výsadbě do standartních podmínek (půdní vlhkost 21 – 25%, teploty 2 až 10°C a bez srážek v prvních 5 dnech po výsadbě).

Tab. 3: Limitní hodnoty PMS pro smrk ztepilý (průměrné hodnoty vzorku)

Limitní hodnoty PMS (bar)	Hodnocení vodního režimu	Riziko ztrát po výsadbě
< 10	Nenarušený vodní režim sadebního materiálu	Nízké do 10 %*
10 - 30	Středně narušený vodní režim sadebního materiálu	Střední
> 30	Silně narušený vodní režim sadebního materiálu	Vysoké Mortalita 25 – 95 %

\*Predikovaná mortalita při výsadbě do standartních podmínek (půdní vlhkost 21 – 25%, teploty 2 až 10°C a bez srážek v prvních 5 dnech po výsadbě).



Hodnocení vodního režimu sadebního materiálu je jedním z důležitých parametrů kvality sadebního materiálu, ale není jediným. Pro následnou ujmavost je důležitá i morfoloická kvalita sadebního materiálu (především poměr nadzemní části ke kořenovému systému) a také další fyziologické parametry (např. obsah zásobních látek).

V případě že sadební materiál již vykazuje vnější známky výstupu z dormance (zvětšování pupenů, růst nových kořenů) je ke ztrátám vody citlivější.

U smrku je obecně mnohem vyšší variabilita reakcí na stres suchem, mimo jiné významnou roli hraje množství zeminy ulpělé na kořenech. U sazenic smrku vyzvedávaných z mokré jílovité půdy chrání ulpělá zemina jemné kořeny a zmírňuje tak dopad vysychání během manipulace. Důležitým faktorem je samozřejmě 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. Naopak při dlouhodobém suchu může dojít k mortalitě i nepoškozeného sadebního materiálu.

### 3.3 Další doplňující a upřesňující metody realizované ve speciálních laboratořích

#### 3.3.1 *Elektrická vodivost výluhů z jemných kořenů (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. Protože během manipulace jsou nejčastěji poškozeny jemné kořeny vyzvednutých rostlin, pro hodnocení aktuálního fyziologického stavu je používána relativní elektrická vodivost výluhů z jemných kořenů (REL). Jedná se o podíl vodivosti výluhů čerstvých vzorků z celkové vodivosti výluhů po následném usmrcení pletiv. Výsledky hodnocení lze získat během 3 dnů.

#### 3.3.2 *Akreditovaná laboratoř Školkařská kontrola*

Pro zajištění odpovídajícího vodního režimu sadebního materiálu má rozhodující význam dostatečný poměr kořenových systémů k nadzemním částem. Semenáčky a sazenice s nedostatečným kořenovým systémem jsou mnohem citlivější ke stresům působícím během manipulace i po výsadbě. Sadební materiál nedostatečné **morfoloické kvality** tak nemusí při zalesňování uspět ani v případě, že byly rostliny v dobrém fyziologickém stavu (s nízkými hodnotami vodního stresu PMS). Proto doporučujeme současně s testy PMS provést i hodnocení morfoloické kvality sadebního materiálu, případně i časově náročné komplexní hodnocení fyziologického stavu, které zachycuje všechny typy potenciálního poškození rostlin. Komplexní hodnocení sadebního materiálu (vyžadující minimálně 3 až 4 týdny) provádí Zkušební laboratoř č. 1175.2 *Školkařská kontrola* (ZL ŠK) při Výzkumném ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. – Výzkumné stanici Opočno (VÚLHM – VS Opočno) (blíže <http://www.vulhm.opocno.cz>). Jedná se o zkušební pracoviště akreditované pro hodnocení kvality sadebního materiálu lesních dřevin na území ČR. Akreditované zkoušky zahrnují kromě hodnocení morfoloické kvality zjišťování růstového potenciálu kořenů a kontrolní výsadby vzorků sadebního materiálu.

**Růstový potenciál kořenů (RGP)** vyjadřuje potenciální schopnost zakládání a růstu nových kořenů po přesazení rostlin do optimálních růstových podmínek. Význam této charakteristiky spočívá zejména v tom, že obnova příjmu vody i růst sadebního materiálu po výsadbě značně závisí na rychlosti, jakou rostliny obnoví těsný kontakt mezi kořeny a půdou a pomocí prodlužujících se kořenů budou schopny využívat další půdní prostor. Odráží komplexně aktuální fyziologický stav sadebního materiálu. Jestliže došlo k jeho poškození nebo narušení fyziologického stavu, na rychlosti obnovy růstu kořenů se to zpravidla výrazně projeví. Vzhledem k nutné třítydenní době expozice však doba potřebná pro získání výsledků neumožňuje rychlou reakci na aktuální stav sadebního materiálu během manipulace a výsadby. **Kontrolní výsadby** dílčích souborů ze všech hodnocených vzorků sadebního materiálu slouží k ověření výsledků laboratorních šetření.

### 3.4 Závěr

Metoda hodnocení vodního stresu rostlin PMS tlakovou komorou poskytuje rychlé údaje o aktuálním stavu vodního režimu semenáčků a sazenic. Upozorňuje na možné narušení fyziologické kvality vodním stresem způsobeným nesprávnou manipulací se sadebním materiálem.

Při podezření na poškození sadebního materiálu jiným způsobem než vysycháním (mrazem, zapařením, mechanicky), je třeba doplnit měření vodního stresu o další metody hodnocení fyziologického stavu (měření relativní elektrické vodivosti výluhů z kořenů, hodnocení růstového potenciálu kořenů).

Kvalita sadebního materiálu je komplexní pojem. Kromě fyziologických charakteristik je třeba věnovat pozornost i morfologickým znakům. Pokud má semenáček či sazenice nedostatečný poměr kořenů k nadzemním částem, je mnohem citlivější k jakémukoli poškození během manipulace. 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. **Hodnoty získané měřením vodního stresu rostlin tlakovou komorou představují indikátor případného poškození nebo narušení fyziologického stavu.**

## 4 Seznam použité související literatury

- BIGRAS, F. J., CALMÉ, S. 1994. Viability tests for testing root cold tolerance of black spruce seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 24: 1039 – 1048.
- BIGRAS, F. J., DUMAIS, D. 2005. Root-freezing damage in the containerized nursery: impact on plantation sites – A review. *New Forests*, 30: 167 – 184.
- BRØNNUM, P. 2005. Preplanting indicators of survival and growth of desiccated *Abies procera* bareroot planting stock. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20 (1): 36 – 46.
- 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.
- DELİGOZ, A. 2009. The effects of exposure and bale storage od water potential and field performance in Anatolian black pine. *Journal of Biological Sciences*, 9 (4): 367 – 371.
- EAMUS, D., LEITH, I., FOWLER, D. 1989. Water relations of red spruce seedlings treated with acid mist. *Tree Physiology*, 5 (3): 387 – 397.
- 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.
- GENÇ, M. 1996. Effects of watering after lifting ang exposure before planting on plant quality and performance in Oriental spruce. *Annals of Forest Science*, 53: 139 – 143.
- GROSSNICKLE, S. 2012. Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests*, 43: 711 – 738.
- HAASE, D. L., ROSE, R. 1990, 1993 v článku. 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.
- 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 s.
- 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 s. 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>
- 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.
- 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.
- MAUER, O. 1994. Ztráty suchem po výsadbě v závislosti na kvalitě prostokořenného sadebního materiálu smrku obecného. Sborník referátů z celostátního odborného semináře. Opočno, 26. a 27. října 1994. Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice: 11 – 17.
- MOHAMMED, G. H. 1997. The status and future of stock quality testing. *New Forests*, 13: 491 – 514.
- 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.
- PUKACKI, P. M., KAMINSKA-ROŻEK, E. 2005. Effect of drought stress on chlorophyll a fluorescence and electrical admittance of shoots in Norway spruce seedlings. *Trees: Structure and Function*, 19 (5): 539 – 544.
- RITCHIE, G. A. 1986. Relationships among bud dormancy status, cold hardiness, and stress resistance in 2+0 Douglas fir. *New Forests*, 1: 29 – 42.
- 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: Chlorophyll fluorescence. *Forest Nursery Notes*, Winter 2005. Portland (Oregon, USA), USDA Forest Service Cooperative Forestry: 12 – 16.
- 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.
- 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.
- TABBUSH, P. M., RAY, D. 1989. Effects of rough handling and microsite on the establishment of Sitka spruce on clearfelled sites in upland Britain. In: *Forestry*, 62 (Suppl. Producing uniform conifer planting stock): 289 – 296.

## 5 Práce autorů vztahující se k dané problematice

- JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ, J., NÁROVCOVÁ, J. 2000. Výkon pověření kontrolou kvality sadebního materiálu (VS Opočno) v kontrolním systému, nabídka specializovaného pracoviště vlastníků 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. - ISBN 80-902615-6-6
- 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. – ISBN 978-80-7417-035-5
- JURÁSEK, A., MAUER, O., HOUŠKOVÁ, K. 2015. Manipulace se sadebním materiálem lesních dřevin a postupy výsadby při umělé obnově lesa a zalesňování. In: Manipulace a skladování sadebního materiálu lesních dřevin. [Cetkovice 11. 6. 2015]. Ed. K. Houšková. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 29 – 34. – ISBN 978-80-7509-361-5
- JURÁSEK, A., NÁROVEC, V., NÁROVCOVÁ, J. 2007. Expertizní služby poskytované VÚLHM, v. v. i., Výzkumnou stanicí Opočno lesním školkařům. In: Aktuální problematika lesního školkařství České republiky v roce 2007. Sborník referátů a odborných příspěvků přednesených na semináři. 26. a 27. listopadu, Jablonné nad Vltavou. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 22 – 25. – ISBN 978-80-87154-04-5
- LEUGNER, J., JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ, J. 2009. Hodnocení fyziologických parametrů klonových potomstev horských populací smrku ztepilého (*Picea abies* [L.] Karst.). In: Pestovanie lesa ako nástroj cieľavedomého využívania potenciálu lesov. Zborník recenzovaných príspevkov z medzinárodnej vedeckej konferencie konanej dňa 8. a 9. septembra 2009 vo Zvolene. Ed. I. Štefančík, M. Kamenský. Zvolen, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav: 118 – 124. – ISBN 978-80-8093-089-9
- 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 akademie vied: 128 – 131. – ISBN 978-80-813-2567-8 (ČZU); 978-80-89408-23-8 (SAV)

- LOKVENC, T., MARTINCOVÁ, J. 1975. Vysychání smrkových a jedlových sazenic po vyzvednutí z půdy. Lesnictví, 21 (7): 627 – 632.
- 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. Ľ. Šmelková, I. Repáč. 1. vyd. Zvolen, Technická univerzita: 37 – 42.
- MARTINCOVÁ, J., NÁROVCOVÁ, J. 2000. Informace o používaných metodách hodnocení kvality sadebního materiálu, instruktáž správného zadávání zakázek pro hodnocení kvality. 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: 65 – 74. - ISBN 80-902615-6-6
- MARTINCOVÁ, J., NÁROVCOVÁ, J. 2001. Metody hodnocení kvality sadebního materiálu. In: 50 let pěstebního výzkumu v Opočně. Sborník z celostátní konference konané ve dnech 12. 9. – 13. 9. 2001 v Opočně... Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství: 205 – 208, 224 – 225. – ISBN 80-86461-11-4
- ŠPULÁK, O., MARTINCOVÁ, J. 2006. Hodnocení změn fluorescence chlorofylu smrku ztepilého na začátku jarní růstové aktivity. In: Stabilization of the forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity under changing ecological conditions. Opočno 5. – 6. 9. 2006. Ed. A. Jurásek, J. Novák, M. Slodičák. Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumná stanice Opočno: 425 – 434. – ISBN 80-86461-71-8

**Adresa autorů:**

Ing. Jan Leugner, Ph.D., [leugner@vulhmop.cz](mailto:leugner@vulhmop.cz)  
RNDr. Jarmila Martincová, [martincova@vulhmop.cz](mailto:martincova@vulhmop.cz)  
Ing. Evelína Erbanová, [erbanova@vulhmop.cz](mailto:erbanova@vulhmop.cz)  
Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i.  
Výzkumná stanice Opočno  
Na Olivě 550  
517 73 Opočno