

MYKORHIZNÍ POMĚRY A ZDRAVOTNÍ STAV DUBŮ NA VYBRANÝCH POKUSNÝCH PLOCHÁCH V LETECH 2008-2012

ASSESSMENT OF THE MYCORRHIZAL SITUATION ON THE SELECTED OAK EXPERIMENTAL PLOTS IN 2008–2012

VÍTĚZSLAVA PEŠKOVÁ - ROMAN MODLINGER - JAN LIŠKA - MILOŠ KNÍŽEK

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

ABSTRACT

The mycorrhizal situation and health state of oak *Quercus robur* L. and *Q. petraea* (Matuschka) Liebl. was monitored in Czechia on five oak experimental provenance plots in 2008–2012. Statistically significant difference between the density of active and nonactive mycorrhizae was studied; on the contrary, no difference between the assessed provenances within the plots was established. The successive deterioration of the health state of oaks during the assessed period occurred through the primary defoliation (the ascertained values within plots ranged between 20 and 40%). Higher value of the primary defoliation resulted in a reduction of the density of active and nonactive mycorrhizae in the subsequent year.

Klíčová slova: mykorhizy, *Quercus*, zdravotní stav, provenience, defoliace, Česká republika

Key words: mycorrhizae, *Quercus*, health status, provenance, defoliation, Czech republic

ÚVOD

Velká pozornost je v současnosti věnována výzkumu kořenových systémů a funkci houbových společenstev. Podstatná část lesních dřevin je schopna vytvářet mykorhizy na svých kořenech. Vlákna mykorhizních hub specifickým způsobem propojují vnitřní prostor kořene s půdním prostředím, a tím výrazně zvyšují velikost kontaktní plochy. Mykorhizní symbióza je proto důležitým fenoménem při všech úvahách o výživě stromů (MEJSTŘÍK 1988; GRYNDLER et al. 2004; TAYLOR, ALEXANDER 2005).

K základní metodice posuzování změn lesních ekosystémů náleží vizuální vnější hodnocení ve vegetačním období. K víceparametrickým hodnocením poskytujícím komplexnější obraz změn byla vytvořena metodika s pomocí bioindikace houbami, spočívající ve sledování aktivních a neaktivních mykorhiz na kořenech stromů. Od počátku 90. let 20. stol. byly touto metodou ohodnoceny desítky dubových ploch (FELLNER, PEŠKOVÁ 1995; PEŠKOVÁ 2005; PEŠKOVÁ et al. 2013). V této práci jsou vyhodnoceny vzájemné změny mykorhiz ve vztahu k vybraným proveniencím dubu.

Vlastní zdravotní stav lesních dřevin je charakterizován při pozemním šetření především stupněm tzv. primární defoliace, která je definována jako relativní ztráta asimilačního aparátu v koruně stromu v porovnání s „ideálním“ zdravým stromem, rostoucím ve stejných porostních a stanovištních podmínkách (MANUAL 2004; FABIÁNEK 2004). Je to ztráta, která je způsobena především vlivem nepříznivých podmínek a změn prostředí v lesním ekosystému. Primární defoliace koruny stromu je tedy nespecifický symptom poškození, který je zapříčiněn zpravidla více faktory. Ty mohou působit samostatně nebo společně prostřednictvím vzájemných interakcí, v součtu často zesilujících výsledný účinek. Určit prioritu a podíl

jednotlivých faktorů je zpravidla velmi obtížné. Tzv. sekundární defoliace koruny představuje jiný případ. Jde o míru poškození koruny (listové plochy) biotickými činiteli, nejčastěji žírem defoliátorů ze skupiny bezobratlých (hmyzu) a při identifikaci jednotlivých původců poškození lze relativně snadno využít příslušné experimentální entomologické či mykologické metody. Porosty lesních dřevin se zhoršeným zdravotním stavem jsou nezdědky druhotně napadány houbovými patogeny a kambioxylofágním hmyzem saproparazitického až parazitického charakteru, jejichž působení může vyústit až do předčasné mortality stromů (PATOČKA et al. 1999; DAJOZ 2000; OSZAKO 2004).

MATERIÁL A METODIKA

Odběry kořenů, extrakce a vyhodnocení mykorhiz

Pro hodnocení mykorhizních kořenových systémů bylo v roce 2008 zvoleno pět ploch: Troubky, Tvrdonice, Malenovice, Netolice, Plasy (tab. 1), kde bylo vybráno pět proveniencí dubů (tab. 2). V letech 2008–2011 byly v jarních měsících na plochách provedeny odběry půdních vzorků, na ploše Tvrdonice byl odběr realizován až v podzimním období (z důvodu opakovaného jarního zaplavení).

K odběru byla použita sonda s vnitřním průměrem 6 cm a hloubkou vzorkovacího prostoru 15 cm. Vlastní odběry se uskutečňovaly v přibližně stejné vzdálenosti od kmene zvolených stromů (asi 1 m). Z každé zkoumané plochy bylo kořenovou sondou získáno 5 vzorků kořenů a mykorhiz, vždy po jedné z pěti vybraných proveniencí (celkem 25 vzorků). Vzorky byly podle následující metodiky laboratorně zpracovávány (PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006).

Ze sondy byly nejprve vypreparovány kořeny a ty rozděleny podle jejich průměrů. Kořeny o průměru do 1 mm byly uloženy do fixačního roztoku glutaraldehydu pro další analýzy. Počty jednotlivých typů mykorrhizních špiček byly určovány na kořenech do 1 mm pod binokulární lupou při čtyřicetinásobném zvětšení. U sporných případů byl zhotoven preparát příčného řezu mykorrhizou a podle následujících diagnostických znaků byla mykorrhiza zařazena do příslušné skupiny. Za typické jsou považovány špičky s vyvinutým houbovým pláštěm, Hartigovou sítí, s vysokým turgorem, postrádající kořenové vlášení, na povrchu hladké, světlejší barvy – tyto útvary jsou řazeny do skupiny „aktivních mykorrhiz“ (Am). Naproti tomu špičky, u nichž je patrná výrazná ztráta turgoru, na povrchu jsou svraskalé, chybí jim houbový plášť a Hartigova síť, jsou řazeny do skupiny „neaktivních mykorrhiz“ (Nm). Z kořenů do průměru 1 mm bylo takto hodnoceno 20 kořenových segmentů o délce 5 cm (PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006). Úroveň mykorrhizních vztahů byla hodnocena s využitím dvou parametrů: hustota mykorrhiz a jejich procentuální podíl. Hustota aktivních a neaktivních mykorrhiz byla počítána jako průměrná hodnota zjištěného počtu mykorrhiz vztahů na 1 cm délky kořene. Procentuální podíl mykorrhiz byl kalkulován jako poměr aktivních a neaktivních mykorrhiz.

K porovnání rozdílů mezi jednotlivými proveniencemi, výzkumnými plochami a jejich vzájemné interakce, v časovém období 2008–2011, byla použita „vícefaktorová“ analýza rozptylu – generalizovaný lineární model (GLM). Jedním ze základních předpokladů pro aplikaci této metody je shoda porovnávaných skupin s Gaussovým normálním rozdělením (HINTZE 2007). Tento předpoklad byl ověřen pomocí Shapiro-Wilkova testu (Shapiro-W), který je k tomuto účelu obvykle používán (HEBÁK et al. 2007). Při zamítnutí předpokladu normality byla data transformována dle Boxe a Coxe (cf. MELOUN, MILITKÝ 2011) a dosažení shody s teoretickým Gaussovým rozdělením bylo znovu ověřeno pomocí Shapiro-W testu. Pro stanovení rozdílů konkrétních faktorů bylo využito vícenásobné porovnávání Tukey-Kramerovým testem dle HINTZEHO (2007). Analýzy byly provedeny v programu Statistica 10 a NCSS 7.1

Zdravotní stav stromů a jeho vyhodnocení

Hodnocení zdravotního stavu dubů prostřednictvím primární defoliace bylo ve všech letech na pokusných plochách provedeno v období rozvinutého olistění během měsíce srpna (v roce 2011 také počátkem září; důvodem posunu hodnocení do pozdějšího období byla skutečnost, že některé plochy byly poškozeny mrazem a regenerace a vyzrání olistění se proto opozdilo, resp. zpomalilo). Sekundární defoliace byla hodnocena v jarním období, a to v druhé polovině měsíce května, kdy zpravidla vrcholí žír listožravého hmyzu.

Celkem bylo na plochách každoročně hodnoceno 250 jedinců dubů, tj. 50 vybraných a označených stromů na každé ploše. Oba druhy dubů (*Quercus robur*, *Q. petraea*) měly přitom v hodnoceném souboru paritní zastoupení (identifikováno dle převažujících fenotypických znaků). Vzhledem k nízké výšce posuzovaných stromů, vyplývající z jejich věku, nebylo většinou nutno použít optické zařízení (dalekohled). Vlastní hodnocení stupně defoliace se uskutečňovalo v intervalovém rozpětí 5 % a stromy byly zařazovány do příslušných defoliačních tříd (dle mezinárodní metodiky – viz MANUAL 2004). V případě výskytu tzv. sekundární defoliace byly při kontrole současně zjišťovány (určování) původci vzniklého poškození listové plochy. Výskyt podkorního a dřevokazného hmyzu a houbových patogenů byl okulárně hodnocen při všech šetřeních na plochách.

Statistické analýzy parametrů zdravotního stavu byly provedeny rovněž v programu Statistica 10 a NCSS 7.1. Úroveň defoliace podle příslušné grupovací proměnné byla podrobena testování na shodu s Gaussovým normálním rozdělením pomocí Shapiro-W testu. V případě zamítnutí předpokladu normality byl pro porovnání proměnných použit Kruskal-Wallisův test (K-W) a navazující vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem (Dunn's test), kde byly signifikantní rozdíly stanoveny pomocí z-value s kritickou hodnotou 1,96, nebo o vyšší významnosti s Bonferroniho kritickou hodnotou podle příslušného stupně volnosti (HINTZE 2007).

Pro posouzení vlivu zdravotního stavu na mykorrhizní parametry byl proveden test normality (Shapiro-W) pro hodnoty defoliace vztáže-

Tab. 1.

Vybrané charakteristiky pokusných ploch
Characteristics of research localities

Plocha/ Locality	Porost/ Stand	Založení plochy/ Locality establishment	Zeměpisné souřadnice/ Coordinates	Nadmožská výška/Altitude	Soubor lesních typů/Ecosite	Přírodní lesní oblast/ Natural forest area	pH
Troubky	329C2	jaro 1984	N49.40907; E17.34473	200	1L2	34	4,54
Malenovice	831C1	jaro 1985	N49.18444; E17.58062	310	2H2	38	4,92
Tvrdonice	927A2	jaro 1984	N48.75428; E17.00364	155	1L9	35	4,09
Netolice	431B2b	jaro 1986	N49.11082; E14.24813	410	3O5	15	5,52
Plasy	808D2b	jaro 1986	N49,92183; E13,45133	430	2K3	6	6,03

Tab. 2.

Vybrané charakteristiky proveniencí dubů
Characteristics of oak provenances

Číslo sondy/ Number of probe	Označení/ Label	Druh dubu/ Species of oak	Původ/Origin	Nadmožská výška/Altitude	Soubor lesních typů/Ecosite	Přírodní lesní oblast/ Natural forest area
1	DLKriv	<i>Q. robur</i>	Křivoklát-Kolna	400	3H3	8
2	DLZidl	<i>Q. robur</i>	Židlochovice-Tvrdonice	155	1L9	35
3	DLNymb	<i>Q. robur</i>	Nymburk-Dymokury	220	1O7	17
4	DZTrebv	<i>Q. petraea</i>	SPLO Jíloviště-Třebotov	350	2C1	8
5	DZKriv	<i>Q. petraea</i>	Křivoklát-Kouřimec	460	2K3	8

né k dané půdní sondě. Do dalších analýz byla použita pouze střední hodnota defoliace, spolu s příslušejícími transformovanými hodnotami mykorhizních parametrů. K vyjádření vzájemných vztahů byl vzhledem k shodě proměnných s Gaussovým normálním rozdělením použit Pearsonův korelační koeficient (MELOUN, MILITKÝ 2011).

VÝSLEDKY

Mykorhizní poměry

Srovnání průměrných hodnot hustoty, procentuálního podílu mykorhiz a sušiny kořenů do 1 mm z pěti odebraných sond z let 2008–2011 jsou uvedeny na obr. 1–8. Mezi plochami byl v hustotě Am nalezen statisticky významný rozdíl (GLM: DF = 4, N = 100, $p < 0,001$). Nejvyšší hodnoty hustoty Am vykazovala plocha Malenovice ($3,13 \text{ cm}^{-1}$) v roce 2011. Naopak nejnižší hodnoty byly zaznamenány v roce 2010 na ploše Tvrdonice ($0,07 \text{ cm}^{-1}$). Po čtyřech letech hodnocení vykazovala hustota Am stabilně nejnižší hodnoty na ploše Troubky (obr. 1, tab. 3). V roce 2011 došlo k významnému nárůstu hustoty Am na všech plochách, nejvíce pak na ploše Malenovice a Tvrdonice. Obdobná situace byla i v případě porovnání proveniencí, které v roce 2011 dosahovaly nejvyšších hodnot (obr. 2, tab. 4). Ačkoliv některé z proveniencí vykazovaly poněkud vyšší hustoty Am (obr. 2), nebyl mezi nimi nalezen statisticky významný rozdíl (GLM: DF = 4, N = 100, $p > 0,05$; tab. 2).

Nejnižší hustoty Nm byly zjištěny na ploše Troubky ($0,10 \text{ cm}^{-1}$) v roce 2009 a Tvrdonice ($0,11 \text{ cm}^{-1}$) v roce 2008. Nejvyšší hustoty Nm pak na ploše Tvrdonice ($1,39 \text{ cm}^{-1}$) v roce 2011. Celkově po čtyřech letech hodnocení hustoty Nm vykazovala nejnižší hodnoty plocha Malenovice, přestože došlo v roce 2011 k výraznému nárůstu hustoty Nm. Kromě plochy Malenovice došlo k zvýšení hustoty Nm i na ploše Tvrdonice (obr. 3, tab. 5). Mezi plochami byl v hustotě Nm nalezen statisticky významný rozdíl (GLM: DF = 4, N = 100, $p < 0,001$). Ačkoliv některé z proveniencí vykazovaly poněkud vyšší hustoty Nm (obr. 4), nebyl mezi nimi nalezen statisticky významný rozdíl (GLM: DF = 4, N = 100, $p > 0,05$; tab. 6).

Nejvyšší procentuální podíl Am byl registrován v roce 2008 na plochách Tvrdonice (84 %) a Malenovice (82 %). Nejnižší střední hodnotu % Am za celé sledované období vykazovala plocha Netolice (obr. 5, tab. 7). Rozdíl v % Am byl mezi jednotlivými plochami statisticky významný (GLM: DF = 4, N = 100, $p < 0,001$; tab. 7). V roce 2010 byl zaznamenán výrazný pokles % Am, jak z hlediska výzkumných ploch, tak z pohledu jednotlivých proveniencí. Obdobná situace byla i v případě porovnání proveniencí, které v roce 2010 dosahovaly nejnižších hodnot (obr. 6). Ačkoliv některé z proveniencí vykazovaly poněkud vyšší % Am, nebyl mezi nimi nalezen statisticky významný rozdíl (GLM: DF = 4, N = 100, $p > 0,05$; tab. 8).

Nejnižší hodnoty sušiny kořenů do 1 mm byly zjištěny v roce 2008 na ploše Troubky (0,06 g) a v letech 2010 a 2011 (0,10 g). Naopak nejvyšší sušina kořenů byla zaznamenána v roce 2009 na ploše Tvrdonice (0,51 g). Hodnoty sušiny kořenů do 1 mm po čtyři roky hodnocení byly stabilně nejnižší na ploše Troubky (obr. 7, tab. 9). Mezi hodnocenými plochami byl v sušině kořenů do 1 mm nalezen statisticky významný rozdíl (GLM: DF = 4, N = 100, $p < 0,001$). Ačkoliv některé z proveniencí vykazovaly poněkud rozdílné hmotnosti sušiny kořenů do 1 mm (obr. 3), nebyl mezi nimi nalezen statisticky významný rozdíl (GLM: DF = 4, N = 100, $p > 0,05$; tab. 10).

Zdravotní stav stromů

Zjištěné střední hodnoty primární defoliace dubů jsou zobrazeny podle ploch (obr. 9) a podle let (obr. 10). Výzkumné plochy se z hlediska zdravotního stavu lišily (K-W: DF = 4, N = 1000, $p < 0,001$). Nejvyšší střední hodnoty primární defoliace byly zjištěny na ploše Plasy (35 %)

a nejnižší na ploše Troubky (25 %). U zbývajících ploch byla střední hodnota defoliace stejná (30 %). Vzájemné porovnání jednotlivých ploch mezi sebou však ukázalo na statisticky významné rozdíly (vícenásobné porovnání K-W: z-value > 2,807; resp. z-value > 1,96; tab. 11). Jedinou výjimkou byly plochy Malenovice a Netolice.

Mezi lety, v kterých byla defoliace sledovaná, byly rovněž zjištěny statisticky signifikantní rozdíly (K-W: DF = 3, N = 1000, $p < 0,001$; obr. 10). V letech 2010 a 2011 byla defoliace prokazatelně nižší v porovnání s rokem 2009 a 2012 (vícenásobné porovnání K-W: z-value > 2,807; resp. z-value > 1,96; tab. 12). Průběh primární defoliace v letech 2009 až 2012 na jednotlivých plochách je patrný z grafu, viz obr. 11.

Vztah mezi zdravotním stavem stromů a hustotou mykorhiz byl posuzován porovnáním hodnot mykorhizních parametrů se střední mírou defoliace 10 stromů rostoucích v nejbližším okolí místa odběru půdní sondy. Byl prokázán vztah mezi hustotou mykorhiz a zdravotním stavem dubů. Vyšší úroveň primární defoliace korelovala se sníženou hustotou Am (Pearson $r = -0,32$; $p < 0,05$), ale i Nm (Pearson $r = -0,35$; $p < 0,05$) v roce následujícím.

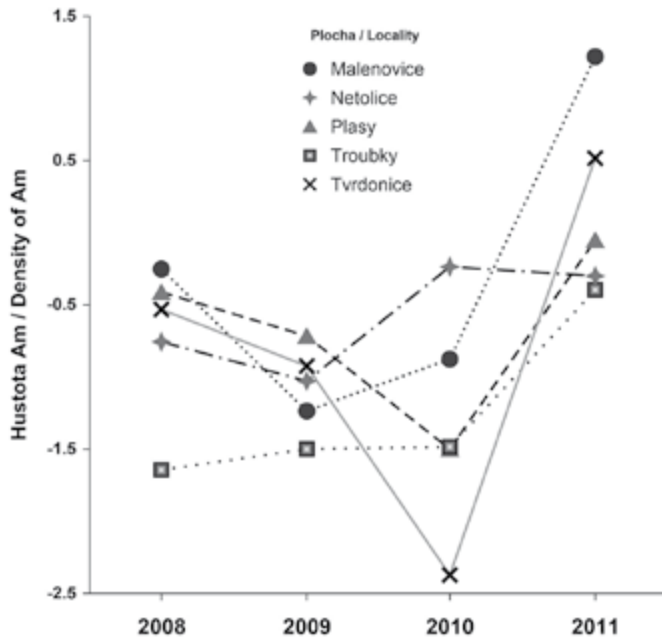
Z pohledu distribuce stromů v rámci tzv. defoliačních tříd, používaných při mezinárodním terestrickém plošném monitoringu zdravotního stavu lesů k vyjádření rozdílů mezi hodnocenými stromy, spadala zhruba 1/3 stromů (89 ks) do první a druhé defoliační třídy (0–25 %) a další necelá 2/3 (153 ks) do třetí defoliační třídy (> 25–60 %). Pouze 8 stromů z celého souboru 250 hodnocených jedinců náleželo do čtvrté a páté defoliační třídy, tj. mezi stromy s defoliací vyšší než 60 %, tedy mezi stromy s vážným poškozením, ohrožujícím jejich bezprostřední budoucí existenci (nalézaly se na plochách Tvrdonice /4 ks/, Plasy /3 ks/ a Malenovice /1 ks/). Z nich také plná polovina (4 ks) během sledovaného období odumřela.

Výsledná míra mortality stromů byla v rámci celého hodnoceného souboru stromů nízká, kolem 1,5 % (4 ks). Pokud však budeme posuzovat jednotlivé plochy odděleně, dostaneme jiný obrázek. Na ploše Tvrdonice odumřely celkem 3 stromy, zde tedy míra mortality dosahovala 6 %, na ploše Malenovice 2 % (1 strom), zatímco na zbylých třech plochách (Plasy, Netolice a Troubky) nebyla zaznamenána vůbec.

Z hlediska celkového vzhledu korun (parametrů větvení) či asimilačního aparátu (velikosti, diskolorace listů) byly bez anomálií hodnoceny pouze plochy Malenovice a Troubky. Na plochách Tvrdonice, Plasy a částečně též Netolice došlo ve většině let ke vzniku parciálních listových nekrot, diskoloraci a odumírání části větví druhého a třetího řádu (periferních větví). Obě plochy na západě území republiky (Plasy a Netolice) byly navíc v jarním období 2011 poškozeny pozdními mrazy, přičemž mnohem silněji byla zasažena plocha Plasy, kde mráz spálil až 2/3 rašících listů na výhonech.

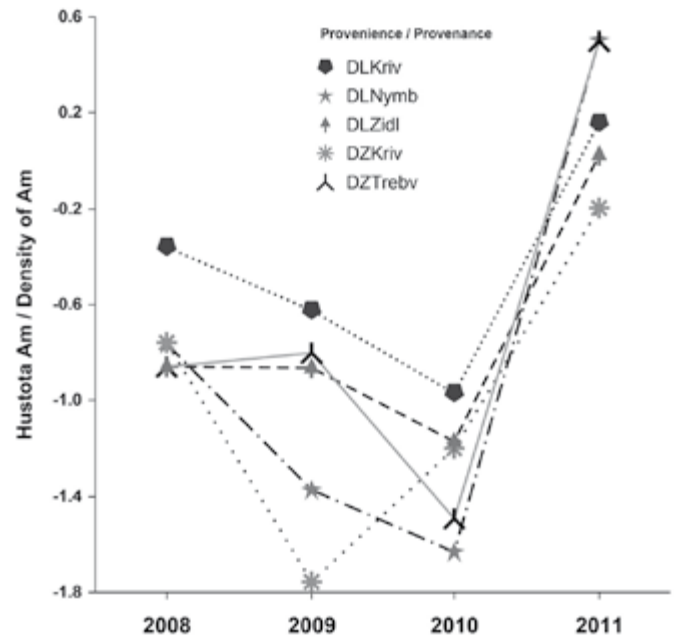
Ve sledovaném období 2008–2012 nebyla na pokusných plochách prakticky zjištěna měřitelná výše tzv. sekundární defoliace (tj. poškození listové plochy žírem překračujícím 5 %). Pouze v druhém roce hodnocení (2009) bylo na dvou plochách nalézajících se na Moravě (Troubky a Malenovice) registrováno minimální poškození listové plochy žírem, v intervalovém rozpětí 5–10 %. Původcem tohoto poškození byly larvy motýlů (Lepidoptera), a to ze skupin obalečovitých (Tortricidae) a píďalkovitých (Geometridae). Dominantní druh představoval obaleč *Archips xylosteana* (L.).

Rovněž výskyt houbových patogenů a kambioxylofágního hmyzu byl zanedbatelný, s určitou výjimkou slabého výskytu padlí *Microsphaera alphitoides* (Griff. et Maubl.) v letech 2009 a 2010 na plochách Netolice, Troubky a Tvrdonice. Z výše uvedených 4 stromů, které na plochách během sledovaného čtyřletého období 2009–2012 odumřely, byl pouze jeden (na ploše Tvrdonice) druhotně slabě napaden podkorním hmyzem, majícím status „škůdce“, a to bělokazem dubovým – *Scolytus intricatus* (Ratz.).



Obr. 1.
Generalizovaný lineární model pro transformované hodnoty hustoty Am na jednotlivých výzkumných plochách v letech 2008–2011

Fig. 1.
General Linear Model for transformed values density of Am according to research localities, 2008–2011



Obr. 2.
Generalizovaný lineární model pro transformované hodnoty hustoty Am pro jednotlivé provenience v letech 2008–2011

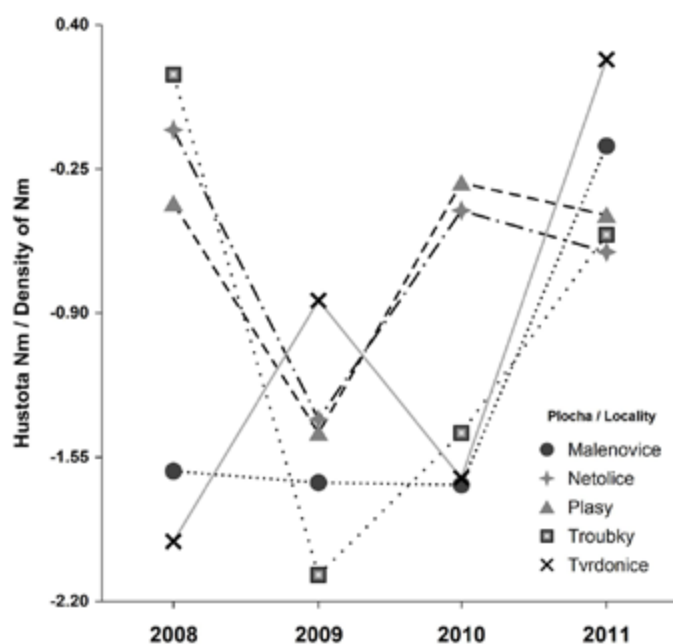
Fig. 2.
General Linear Model for transformed values density of Am according to provenances, 2008–2011

Tab. 3.
 Vícenásobné porovnání hustoty Am, Tukey-Kramer testem mezi plochami v letech 2008 až 2011
Multiple comparison density of Am, using Tukey-Kramer test between localities, 2008–2011

Porovnání ploch/Comparison between localities				
Skupina/ Group	Odlišnost od skupin/ Different from groups	Pořadí/ Order	Skupina/ Group	Odlišnost od skupin/ Different from groups
2010	2008, 2011	1	Troubky	Plasy, Netolice, Malenovice
2009	2011	2	Tvrdonice	není rozdíl/no difference
2008	2010, 2011	3	Plasy	Troubky
2011	2010, 2009, 2008	4	Netolice	Troubky
		5	Malenovice	Troubky

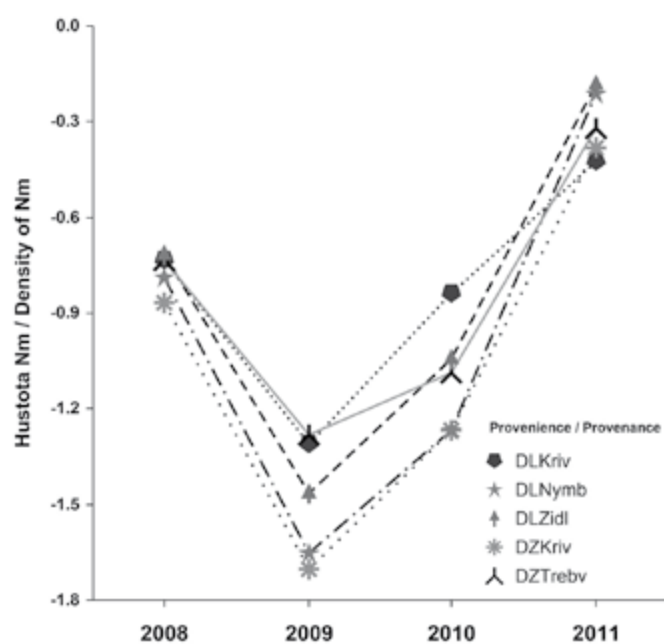
Tab. 4.
 Vícenásobné porovnání hustoty Am, Tukey-Kramer testem mezi proveniencemi v letech 2008–2011
Multiple comparison density of Am, using Tukey-Kramer test between provenances, 2008–2011

Porovnání proveniencí/Comparison between provenances				
Skupina/ Group	Odlišnost od skupin/ Different from groups	Pořadí/ Order	Skupina/ Group	Odlišnost od skupin/ Different from groups
2010	2011	1	DZKriv	není rozdíl/no difference
2009	2011	2	DLNymb	není rozdíl/no difference
2008	2011	3	DLZidl	není rozdíl/no difference
2011	2010, 2009, 2008	4	DZTrebv	není rozdíl/no difference
		5	DLKriv	není rozdíl/no difference



Obr. 3.
Generalizovaný lineární model pro transformované hodnoty hustoty Nm na jednotlivých výzkumných plochách, 2008–2011

Fig. 3.
General Linear Model for transformed values of density Nm according to research localities, 2008–2011



Obr. 4.
Generalizovaný lineární model pro transformované hodnoty hustoty Nm pro jednotlivé provenience, 2008–2011

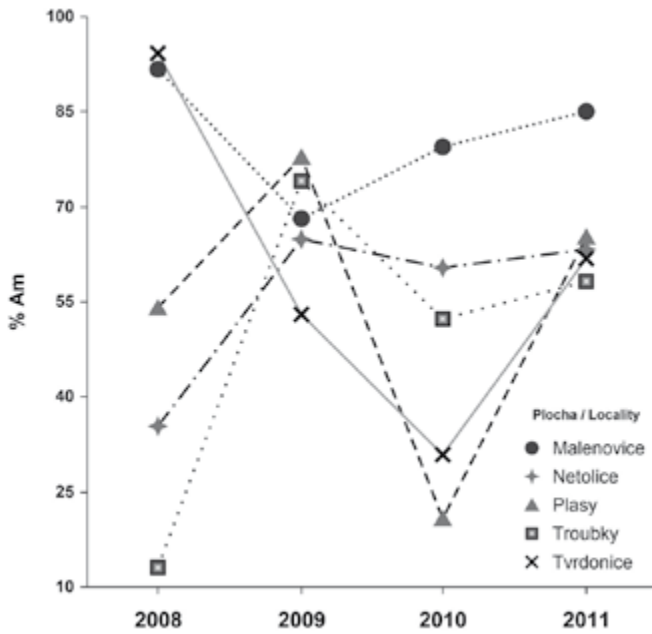
Fig. 4.
General Linear Model for transformed values of density Nm according to proveniences, 2008–2011

Tab. 5.
 Vícenásobné porovnání hustoty Nm, Tukey-Kramer testem mezi plochami, 2008–2011
Multiple comparison density of Nm, using Tukey-Kramer test between localities, 2008–2011

Porovnání ploch/Comparison between localities				
Skupina/ Group	Odlišnost od skupin/ Different from groups	Pořadí/ Order	Skupina/ Group	Odlišnost od skupin/ Different from groups
2009	2010, 2008, 2011	1	Malenovice	Plasy, Netolice
2010	2009, 2008, 2011	2	Tvrdonice	Plasy, Netolice
2008	2009, 2010, 2011	3	Troubky	není rozdíl/no difference
2011	2009, 2010, 2008	4	Plasy	Malenovice, Tvrdonice
		5	Netolice	Malenovice, Tvrdonice

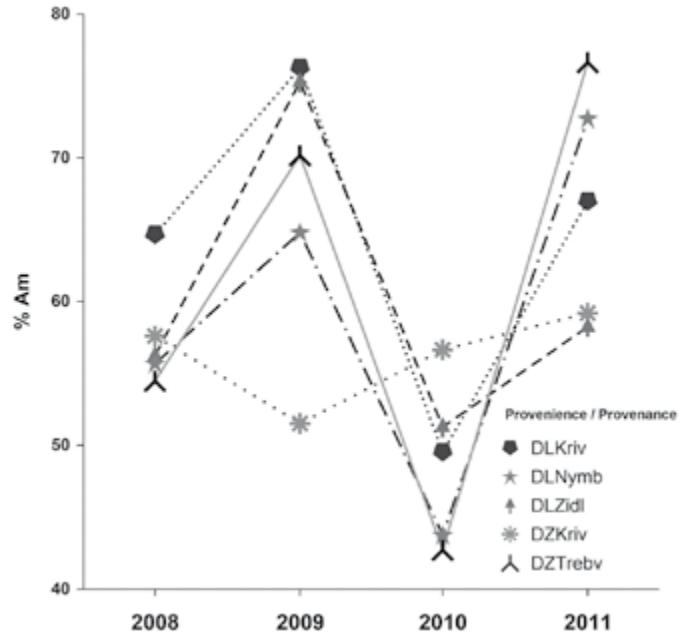
Tab. 6.
 Vícenásobné porovnání hustoty Nm, Tukey-Kramer testem mezi proveniencemi, 2008–2011
Multiple comparison density of Nm, using Tukey-Kramer test between proveniences, 2008–2011

Porovnání proveniencí/Comparison between proveniences				
Skupina/ Group	Odlišnost od skupin/ Different from groups	Pořadí / Order	Skupina/ Group	Odlišnost od skupin/ Different from groups
2009	2008, 2011	1	DZKriv	není rozdíl/no difference
2010	2011	2	DLNymb	není rozdíl/no difference
2008	2009	3	DZTrebv	není rozdíl/no difference
2011	2009, 2010	4	DLZidl	není rozdíl/no difference
		5	DLKriv	není rozdíl/no difference



Obr. 5. Generalizovaný lineární model pro transformované hodnoty % Am na jednotlivých výzkumných plochách, 2008–2011

Fig. 5. General Linear Model for transformed values of % Am according to research localities, 2008–2011



Obr. 6. Generalizovaný lineární model pro transformované hodnoty % Am pro jednotlivé provenience, 2008–2011

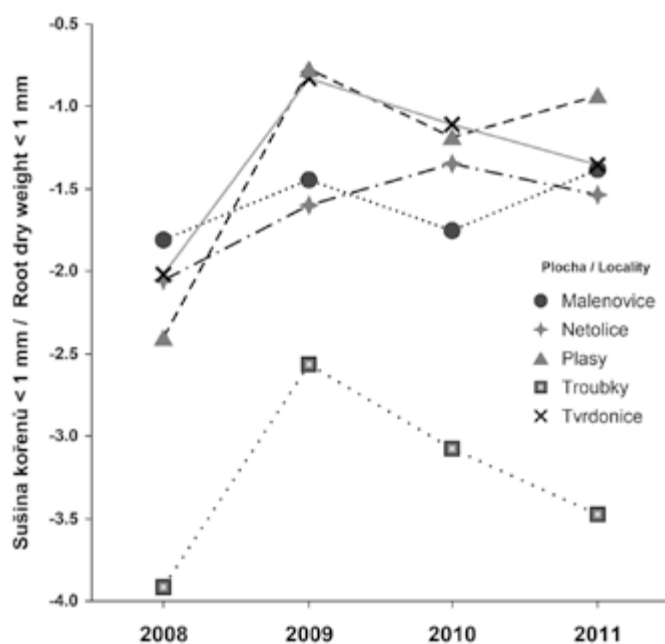
Fig. 6. General Linear Model for transformed values of % Am according to provenances, 2008–2011

Tab. 7. Vícenásobné porovnání % Am Tukey-Kramer testem mezi plochami, 2008–2011
Multiple comparison of % Am using Tukey-Kramer test between localities, 2008–2011

Porovnání ploch/Comparison between localities				
Skupina/ Group	Odlišnost od skupin/ Different from groups	Pořadí/ Order	Skupina/ Group	Odlišnost od skupin/ Different from groups
2010	2011, 2009	1	Troubky	Malenovice
2008	není rozdíl/no difference	2	Plasy	Malenovice
2011	2010	3	Netolice	Malenovice
2009	2010	4	Tvrdonice	Malenovice
		5	Malenovice	Troubky, Plasy, Netolice, Tvrdonice

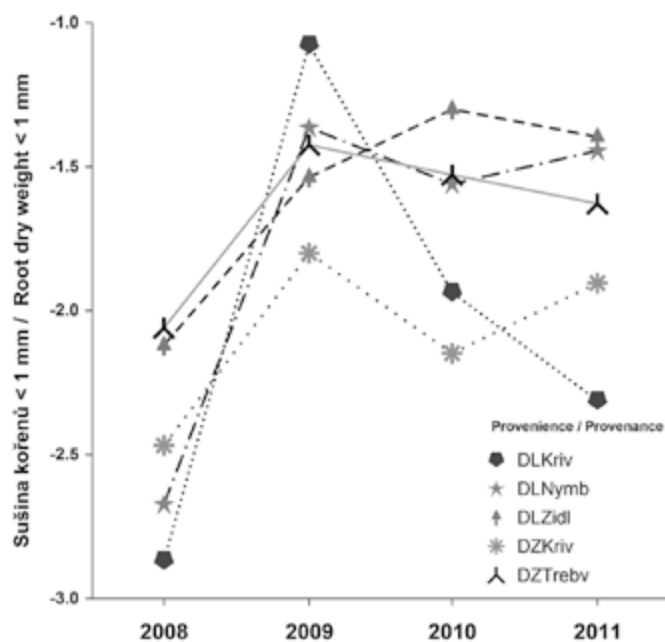
Tab. 8. Vícenásobné porovnání % Am Tukey-Kramer testem mezi proveniencemi, 2008–2011
Multiple comparison of % Am using Tukey-Kramer test between provenances, 2008–2011

Porovnání proveniencí/Comparison between provenances				
Skupina/ Group	Odlišnost od skupin/ Different from groups	Pořadí / Order	Skupina/ Group	Odlišnost od skupin/ Different from groups
2010	není rozdíl/no difference	1	DZKriv	není rozdíl/no difference
2008	není rozdíl/no difference	2	DLNymb	není rozdíl/no difference
2011	není rozdíl/no difference	3	DLZidl	není rozdíl/no difference
2009	není rozdíl/no difference	4	DZTrevv	není rozdíl/no difference
		5	DLKriv	není rozdíl/no difference



Obr. 7.
Generalizovaný lineární model pro transformované hodnoty sušiny kořenů do 1 mm na jednotlivých výzkumných plochách, 2008–2011

Fig. 7.
General Linear Model for transformed values of root dry weight < 1mm, according to research localities, 2008–2011



Obr. 8.
Generalizovaný lineární model pro transformované hodnoty sušiny kořenů do 1 mm pro jednotlivé provenience, 2008–2011

Fig. 8.
General Linear Model for transformed values of root dry weight < 1 mm, according to provenances, 2008–2011

Tab. 9.
 Vícenásobné porovnání sušiny do 1 mm Tukey-Kramer testem mezi plochami, 2008–2011
Multiple comparison of root dry weight < 1mm using Tukey-Kramer test between localities, 2008–2011

Porovnání ploch/Comparison between localities				
Skupina/ Group	Odlišnost od skupin/ Different from groups	Pořadí/ Order	Skupina/ Group	Odlišnost od skupin/ Different from groups
2008	2011, 2010, 2009	1	Troubky	Netolice, Malenovice, Tvrdonice, Plasy
2011	2008	2	Netolice	Troubky
2010	2008	3	Malenovice	Troubky
2009	2008	4	Tvrdonice	Troubky
		5	Plasy	Troubky

Tab. 10.
 Vícenásobné porovnání sušiny do 1 mm Tukey-Kramer testem mezi proveniencemi, 2008–2011
Multiple comparison of root dry weight < 1mm using Tukey-Kramer test between provenances, 2008–2011

Porovnání proveniencí/Comparison between provenances				
Skupina/ Group	Odlišnost od skupin/ Different from groups	Pořadí/ Order	Skupina/ Group	Odlišnost od skupin/ Different from groups
2008	2009	1	DZKriv	není rozdíl/no difference
2011	není rozdíl/no difference	2	DLNymb	není rozdíl/no difference
2010	není rozdíl/no difference	3	DLZidl	není rozdíl/no difference
2009	2008	4	DZTrevb	není rozdíl/no difference
		5	DLKriv	není rozdíl/no difference

Tab. 11.

Vícenásobné porovnávání K-W ploch z hlediska primární defoliace
Multiple comparisons K-W between the localities from primarily defoliation point of view

	Malenovice	Netolice	Plasy	Troubky	Tvrdonice
Malenovice	X	-	***	**	***
Netolice	-	X	***	***	***
Plasy	***	***	X	***	***
Troubky	**	***	***	X	***
Tvrdonice	***	***	***	***	X

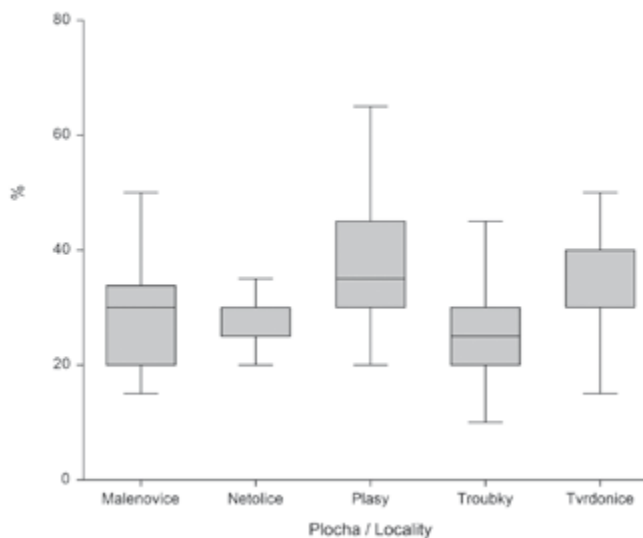
** Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.96
*** Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.807

Tab. 12.

Vícenásobné porovnávání K-W roků z hlediska primární defoliace
Multiple comparisons K-W between the years from primarily defoliation point of view

	2009	2010	2011	2012
2009	X	***	***	-
2010	***	X	-	***
2011	***	-	X	**
2012	-	***	**	X

** Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.96
*** Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.6383

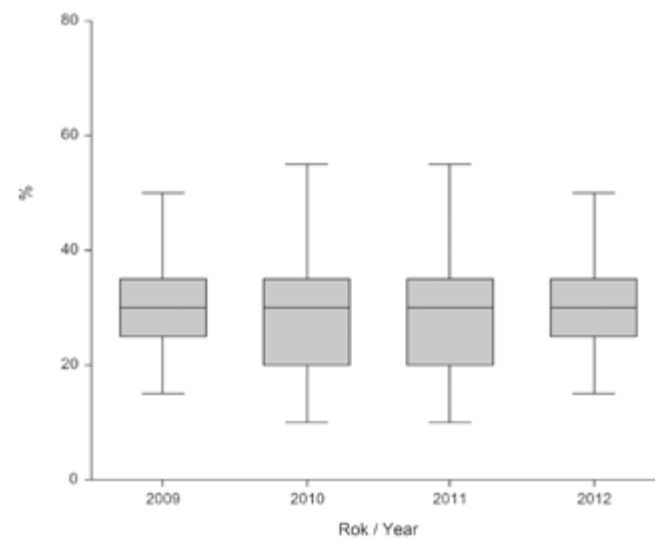


Obr. 9.

Krabicové grafy defoliace zjištěné na jednotlivých plochách v průběhu let 2009–2012

Fig. 9.

Box plots of defoliation, evaluated from 2009 up to 2012

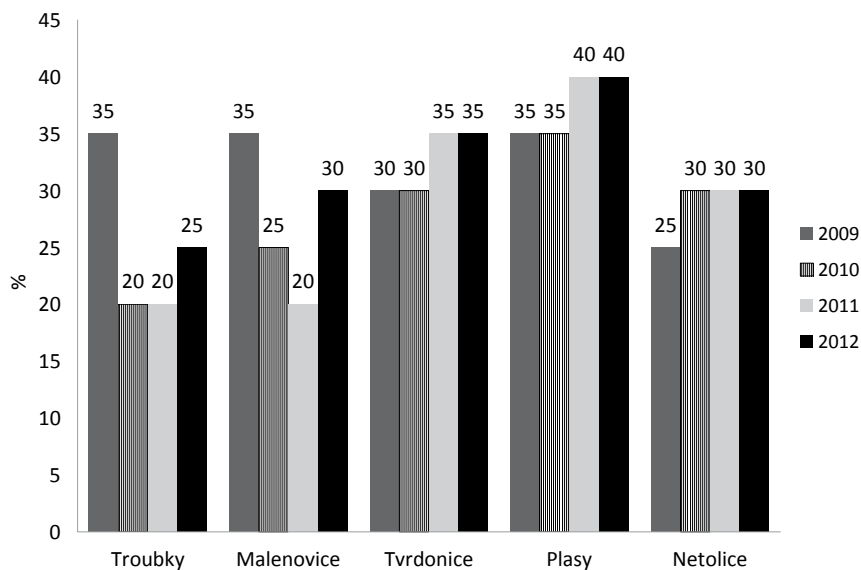


Obr. 10.

Krabicové grafy defoliace zjištěné v průběhu let 2009–2012

Fig. 10.

Box plots of defoliation, evaluated from 2009 up to 2012



Obr. 11.

Procenta primární defoliace na provenienčních plochách dubu v období 2009–2012

Fig. 11.

Primarily defoliation percentage in the localities of the oaks provenances, 2009–2012

DISKUSE

Odběry půdních sond byly prováděny s cílem podchytit reprezentativním způsobem stav kořenového systému na zkoumaných plochách. Praxe ukazuje, že kořeny zachycené použitou půdní sondou většinou dobře reprezentují pro plochu charakteristické mykorhizní poměry (PEŠKOVÁ 2011). Je nutné zdůraznit, že většina faktorů, které mohou mít vliv na rozvoj mykorhiz, představují komplikovaný vzájemný vztah protkaný mnoha společnými korelacemi. Pomineme-li jednoduché vstupní abiotické faktory, tak všechny ostatní jsou z velké části komplexními korelacemi.

Z výsledků rozborů hlavních sledovaných parametrů (hustota a procentuální podíl Am, Nm) je patrné, že v roce 2011 došlo k jejich značnému nárůstu, naopak rok 2010 vykazoval nejnižší hodnoty Am. To by ukazovalo na významný vliv srážek na rozvoj mykorhiz, neboť rok 2010 byl na srážky poměrně bohatý, a to se následně odrazilo na zvýšených hodnotách mykorhizních charakteristik v následujícím roce (cf. PEŠKOVÁ 2011). Statistické testy však neprokázaly významný vliv srážek na rozvoj mykorhiz. Parametry prostředí a mykorhiz jsou ve vzájemném vztahu, který je však obtížné do detailu kauzálně identifikovat, což dokládají i další studie MOSCA et al. (2007), COURTY et al. (2010), RICHARD et al. (2011).

Mezi pěti hodnocenými plochami byl ve všech testovaných parametrech v letech 2008–2011 nalezen statisticky významný rozdíl. Z pohledu diagnostiky mykorhiz se rozdíly mezi proveniencemi jeví nevýznamné. Nejlepší mykorhizní poměry u všech pěti proveniencí vykazovala plocha Malenovice, která představuje příznivé stanovištní podmínky s absencí významných rušivých faktorů (např. záplav, přísušku, nízkého pH). Lze předpokládat, že vyšší hodnoty aktivních mykorhiz u všech proveniencí byly reakcí právě na tyto vhodné stanovištní podmínky. Na studovaných plochách nebyl prokázán významný vliv pH na rozvoj mykorhiz, jeho absolutní hodnoty se pohybovaly v poměrně úzkém rozmezí 4,09–6,03. V práci PEŠKOVÁ (2006) bylo prokázáno, že množství Nm obecně negativně koreluje s pH půdy. Můžeme zde uvažovat o jisté tendenci k pozitivní vazbě, kterou by se pravděpodobně podařilo prokázat na méně různorodém souboru lokalit nebo při větších rozdílech v pH.

V případě dubu bylo potvrzeno (cf. SVOBODA 1955), že rodiče mnohem více než jiné dřeviny přenáší na své potomky některé vlastnosti, jako je např. způsob větvení či doba rašení. Dalo by se rovněž očekávat, že bude zjištěna i silnější genetická vazba v přízpusobení se danému stanovišti. U ploch se specifickými podmínkami však proveniencie pocházející ze stejných stanovišť, a tedy relativně více adaptované na daný typ stresu, nevykazovaly zlepšené mykorhizní poměry. Ačkoliv není zcela zřejmé, které konkrétní stanovištní podmínky ovlivňují rozhodující měrou hustotu mykorhiz, lze pro účely analýzy mykorhizních poměrů a zdravotního stavu lesa na různých lokalitách doporučit, aby pro srovnávací analýzy byly vždy využívány jen stanoviště s obdobnou hustotou mykorhiz (FELLNER, PEŠKOVÁ 1995). Při studiu mykorhizních poměrů u různých druhů lesních dřevin bylo doposud zjištěno, že hustota mykorhiz je obecně zásadně ovlivněna především dlouhodobě existujícími místními podmínkami, které způsobují zásadní rozdíly mezi lokalitami (ŠRÁMEK et al. 2009; PEŠKOVÁ et al. 2007).

Zdravotní stav dubů na pokusných plochách, vyjádřený procenty tzv. primární defoliace, je možno celkově charakterizovat u tří ploch jako uspokojivý (Troubky, Malenovice, Netolice), u dvou pak jako neuspokojivý (Tvrdonice a Plasy). V meziročním srovnání jednotlivých let je nejnepříznivější celkové zhoršení stavu v roce 2012 (s určitou výjimkou plochy Netolice). Uvedenou skutečnost lze pravděpodobně interpretovat jako následek suchého roku 2011 a dále také teplotních výkyvů v roce 2012 (viz dosažené letní teplotní „rekordy“).

Rozložení hodnoceného souboru stromů v rámci použité klasifikace defoliace v obecné rovině v zásadě koresponduje s výsledky celostátního hodnocení zdravotního stavu lesa, kde v posledních letech

u mladších listnatých porostů rovněž naprostá většina stromů spadá do prvních tří defoliačních tříd (BOHÁČOVÁ et al. 2011). Rozdíl však spočívá ve skutečnosti, že v rámci tohoto hodnocení je každoročně kolem 20 % stromů klasifikováno v první defoliační třídě (tedy s defoliací do 10 %). Takové stromy se však na námi hodnocených plochách nevyskytovaly, „nejlepší“ zdravotní stav vykazovalo zhruba 5 % stromů s defoliací 15 %.

Ještě je vhodné se blíže zmínit o míře mortality stromů, která celkově reprezentovala hodnotu 1,5 % (za určitou „mezni“ hranici se dlouhodobě považuje hodnota nepřesahující 1 %). Vzhledem ke skutečnosti, že celkový výsledek byl rozhodujícím způsobem „zatížen“ specifickými poměry na ploše Tvrdonice (dlouhodobým a opakovaným zaplavením, způsobeným zde činností bobrů), lze po odfiltrování tohoto lokálně působícího a značně specifického vlivu situací v rámci celého souboru hodnocených stromů označit jako uspokojivou, neboť mortalita v takovém případě ani zdaleka nepřekročila výše uvedené 1 %.

Fytofágní hmyz na pokusných plochách v letech 2008–2012 nezpůsobil významnější poškození asimilačního aparátu dubů a dalších nadzemních pletiv. Lze konstatovat, že prostřednictvím této skupiny biotických činitelů, stejně jako vlivem patogenních houbových organismů, nedošlo k významnějšímu negativnímu ovlivnění zdravotního stavu sledovaných dubových porostů. Nízký stav výskytu dubových defoliátorů (děletrvajících hluboká latence) a dalších biotických škodlivých činitelů dubů je v současnosti pozorován v celém prostoru střední Evropy s obdobnými přírodními podmínkami (JABLOŇSKÍ 2012; OTTO 2012; STRASSER et al. 2012; TOMICZEK et al. 2012; ZÚBRÍK 2012). Z pohledu jednotlivých zjištěných původců poškození stojí za zmínku zejména opakovaně dominantní výskyt obaleče *Archips xylosteana* v rámci spektra foliofágního hmyzu. Jde o druh, který v posledním období (alespoň se to tak jeví na základě dostupných informací) výrazně zvyšuje svoji početnost a na mnoha lokalitách termo a mezofilního charakteru jakoby „nahrazuje“ tradiční defoliátory typu obaleče *Tortrix viridana* (L.) či píďalky *Operophtera brumata* (L.), byť zatím většinou nepůsobí silné defoliace jako takové (cf. LIŠKA 2011).

Na závěr je nutno zdůraznit, že popsané trendy vývoje zdravotního stavu je potřebné chápat ve smyslu omezení plynoucího z krátké doby pozorování, reprezentující pouhé 4 roky. Na druhé straně je možno alespoň rámcovým způsobem konstatovat, že sledování zdravotního stavu probíhalo za praktické absence výskytu biotických škodlivých činitelů. A pozorované zhoršení stavu tedy nelze s vlivem těchto činitelů přímo spojovat.

ZÁVĚR

Provedený výzkum přinesl tyto výsledky:

- byl zjištěn statisticky významný rozdíl hustoty aktivních a neaktivních mykorhiz mezi výzkumnými plochami;
- nebyl nalezen statisticky významný rozdíl mezi mykorhizními charakteristikami hodnocených proveniencí;
- na hodnoty mykorhizních parametrů měl větší vliv charakter stanoviště než vlastnosti proveniencí;
- zdravotní stav hodnocených stromů, vyjádřený primární defoliací, se v rámci jednotlivých ploch pohyboval v rozpětí 20–40 %;
- v hodnoceném období let 2008–2012 nebyl na pokusných plochách zjištěn významnější výskyt tzv. biotických škodlivých činitelů;
- zjištěné změny ve vývoji zdravotního stavu (převažující trend postupného zhoršování) je tedy možno považovat za následek působení nepříznivých abiotických vlivů, celkově pravděpodobně zejména stresu ze sucha.

Poděkování:

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení výzkumného projektu č. QH82305 „Využití genových zdrojů domácích druhů dubů pro reprodukci adaptabilních lesních ekosystémů“.

LITERATURA

- BOHÁČOVÁ L., LOMSKÝ B., ŠRÁMEK V. (eds.) 2011. Rozvoj monitoringu zdravotního stavu lesa v rámci projektu Life „FutMon“ v České republice. Data 2009–2011. VÚLHM, Jiloviště-Strnady: 58 s.
- COURTY P. E., BUÉE M., DIEDHIOU A. G., FREY-KLETT P., LE TACON F., RINEAU F., TURPAULT M.-P., UROZ S., GARBAYE J. 2010. The role of ectomycorrhizal communities in forest ecosystem processes: New perspectives and emerging concepts. *Soil Biology & Biochemistry*, 42: 679–698.
- DAJOZ R. 2000. Insects and forests. The role and diversity of insects in the forest environment. Londres, Intercept: 668 s.
- FABIÁNEK P. (ed.) 2004. Monitoring stavu lesa v České republice 1984–2003. Praha, MZ; Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 431 s.
- FELLNER R., PEŠKOVÁ V. 1995. Effects of industrial pollutants on ectomycorrhizal relationships in temperate forests. *Canadian Journal of Botany*, 73 (Supplementum 1): 1310–1315.
- GRYNDLER M., BALÁŽ M., HRŠELOVÁ H., JANSÁ J., VOSÁTKO M. 2004. Mykorhizní symbióza, o soužití hub s kořeny rostlin. Praha, Academia: 366 s.
- HEBÁK P., HUSTOPECKÝ J., JAROŠOVÁ E., PEČÁKOVÁ I. 2007. Vícerozměrné statistické metody (1). Praha, Informatorium: 253 s.
- HINTZE J.L. 2007. NCSS Help System. Kaysville, NCSS: 2823 s.
- JABLOŃSKI T. 2012. Szkodniki drzew liściastych. In: Krótkoterminowa prognoza występowania ważniejszych szkodników i chorób efekcyjnych drzew leśnych w Polsce w 2012 roku. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sekocin Stary: 87–98.
- LIŠKA J. 2011. Listožravý a savý hmyz. In: Knížek M. (ed.): Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2010 a jejich očekávaný stav v roce 2011. Strnady, VÚLHM: 31–36. Zpravodaj ochrany lesa, Supplementum 2011.
- MANUAL 2004. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part II. Visual assessment of crown condition. Hamburg, BFH: 77 s.
- MEJSTRÍK V. 1988. Mykorhizní symbiózy. Praha, Academia: 150 s.
- MELOUN M., MILITKÝ J. 2011. Statistical data analysis, A practical guide with 1250 exercises and answer key on CD. India, Woodhead Publishing: 773 s.
- MOSCA E., MONTECCHIO L., SELLA L., GARBAYE J. 2007. Short-term effect of removing tree competition on the ectomycorrhizal status of a declining pedunculate oak forest (*Quercus robur* L.). *Forest Ecology and Management*, 244: 129–140.
- OSZAKO T. 2004. Protection of forest against pest insects and diseases. European oak decline study case. Warszawa, IBL: 150 s.
- OTTO L.-F. 2012. Waldschutzsituation in Sachsen 2011/2012. *AFZ Der Wald*, 67: 24–27.
- PATOČKA J., KRIŠTÍN A., KULFAN J., ZACH P. 1999. Die Eichenschädlinge und ihre Feinde. Zvolen, Institut für Waldekologie der SAW: 396 s.
- PEŠKOVÁ V. 2005. Dynamics of oak mycorrhizas. *Journal of Forest Science*, 51: 259–267.
- PEŠKOVÁ V. 2006. Mykoflóra kořenových systémů lesních dřevin. Dišertační práce. Praha, ČZU, FLE: 138 s.
- PEŠKOVÁ V., LANDA J., MODLINGER R. 2013. Long term observation of mycorrhizal status and above-ground fungi fruiting body production in oak forest. *Dendrobiology*, 69: 99–110.
- PEŠKOVÁ V., SOUKUP F. 2006. Houby vázané na kořenové systémy: metodické přístupy ke studiu. Review. *Zprávy lesnického výzkumu*, 51: 279–286.
- PEŠKOVÁ V., SOUKUP F., FELLNER R., LANDA J. 2007. Nové údaje o ekotrofní stabilitě krkonošských horských smrčín: srovnání období let 1991–1995 a 2001–2005. *Opera Corcontica*, 44: 407–414.
- PEŠKOVÁ V. 2011. Dynamika mykorhiz v průběhu roku. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56: 198–205.
- RICHARD F., ROY M., SHAHIN O., STHULTZ CH., DUCHEMIN M., JOFFRE R., SELOSSE M.-A. 2011. Ectomycorrhizal communities in a Mediterranean forest ecosystem dominated by *Quercus ilex*: seasonal dynamics and response to drought in the surface organic horizon. *Annals of Forest Science*, 68: 57–68.
- STRASSER L., ZEITLER J., WOLF M., LOBINGER G., PETERCORD R. 2012. Die Waldschutzsituation in Bayern 2011. *AFZ Der Wald*, 67: 12–15.
- SVOBODA P. 1955. Lesní dřeviny a jejich porosty, část II. Praha, SZN: 573 s.
- ŠRÁMEK V., SOUKUP F., SLODIČÁK M., BALCAR V., HELLEBRANTOVÁ K., LACHMANOVÁ Z., NOVÁK J., NOVOTNÝ R., PEŠKOVÁ V., VÍCHA Z., VEJPUŠTKOVÁ M., VORTELOVÁ L., LOMSKÝ B. 2009. Chřadnutí lesních porostů na LS Jablunkov – určení komplexu příčin poškození a návrh opatření na revitalizaci lesa. Hradec Králové, Grantová služba LČR – 05/09: 100 s.
- TAYLOR A.F.S., ALEXANDER I. 2005. The ectomycorrhizal symbiosis: life in the real world. *Mycologist*, 19: 102–112.
- TOMICZEK CH., CZECH T. L., FÜRST A., HOYER-TOMICZEK U., KREHAN H., PERNY B., STEYRER G. 2012. Waldschutzsituation 2011 in Österreich. *AFZ Der Wald*, 67: 46–49.
- ZÚBRÍK M. 2012. Listožravý a cicavý hmyz. In: Kunca A. (ed.): Výskyt škodlivých činitelů v lesoch Slovenska ta rok 2011 a ich prognoza na rok 2012. Zvolen, Národné lesnícke centrum, Lesnícky výskumný ústav: 28–30.

ASSESSMENT OF THE MYCORRHIZAL SITUATION ON THE SELECTED OAK EXPERIMENTAL PLOTS IN 2008-2012

SUMMARY

The mycorrhizal situation and health state of oak *Quercus robur* L. and *Q. petraea* (Matuschka) Liebl. was monitored in Czechia on five oak experimental provenance plots in 2008–2012 (Tab. 1). On the plots both species were represented approximately in the same ratio. On each plot, 50 sample trees representing 5 provenances were selected and marked (Tab. 2). The soil probes in their crown projections were taken for analysis of the mycorrhizal situation, and simultaneously their health state was assessed using the primary defoliation parameter. The occurrence of the biotic harmful factors from the group of phytophagous insects and pathogenic fungi was also assessed on the samples.

Statistically significant difference between the density of active and nonactive mycorrhizae on individual plots was established; on the contrary, no difference between the chosen assessed provenances within plots and also between the specimens of *Q. robur* and *Q. petraea* on these plots was established.

The highest density values of active mycorrhizae after four years of evaluation were shown on the plot Malenovice and the lowest ones on the plot Troubky (Fig. 1, 2). The lowest density of nonactive mycorrhizae during four years was monitored on the plot Malenovice, the highest one on the plot Netolice (Fig. 3, 4). Values of the roots' dry matter of 1 mm or less were stably lowest on the plot Troubky during four years of monitoring (Fig. 7, 8). Relation between the density of mycorrhizae and the health state of oaks was established. The higher primary defoliation level resulted in a reduction of the density of both active and nonactive mycorrhizae in the subsequent year. From the health state point of view, significant differences between experimental plots were found. The highest defoliation value was established on the plot Plasy and Tvrdonice (Fig. 9, 10). During the monitored period a gradual deterioration of the health state of trees occurred. The mean defoliation height within plots oscillated between 18 and 45% (Fig. 11). The absolute majority of the complex of 250 monitored trees was found in defoliation class 1–3, i.e. defoliation reaching maximum 60% (class 3 dominating), remaining classes were represented by 8 trees, from which 4 died off during monitoring.

No increased occurrence of the biotic harmful factors was monitored on the assessed trees. The occurrence of the phytophagous insect was all the time in latency (measurable value of the secondary defoliation was not recorded); in the samples there was mostly present tortricid moth *Archips xylosteana* (L.). The occurrence of the bark and wood destroying insect was monitored sporadically (only one of the mentioned dead trees was colonized with insect).

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Vítězslava Pešková, Ph. D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Česká republika
tel.: +420 724 352 558; e-mail: peskova@vulhm.cz