

EKTOMYKORÍZNE MAKROMYCÉTY V MONOKULTÚRNYCH SMREČINÁCH RÔZNEHO VEKU NA BÝVALEJ POĽNOHOSPODÁRSKEJ PÔDE - ZHODNOTENIE ZA ROK 2016

ECTOMYCORRHIZAL MACROMYCETES IN MONOCULTURE SPRUCE STANDS OF DIFFERENT AGE ON FORMER AGRICULTURAL LAND BASED ON 2016 DATA

EVA LUPTÁKOVÁ^{1,2)} - IVAN MIHÁL²⁾ ✉

¹⁾Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovak Republic

²⁾Ústav ekológie lesa SAV, Štúrova 2, 960 53 Zvolen, Slovak Republic

✉ e-mail: mihal@ife.sk

ABSTRACT

The relationship between the dynamics of species richness and the abundance of ectomycorrhizal macromycetes (ECM) in relation to the different age of spruce monocultures planted on former agricultural soils is presented. Altogether, 37 species were found, at least in the 21-year-old stands (19 species) and the most in the 51-year-old stands (25). The most abundant species were *Hygrophorus pustulatus* (340 sporocarps), *Russula aeruginea* (261), *Clitopilus prunulus* (186), *Paxillus involutus* (155), *Ramaria eumorpha* (145), *Laccaria bicolor* (111). The interdependence between species richness and abundance was found in different aged stands. The greatest variability of values for species richness was found in the 31-year-old stand (32.77%) and the smallest value in the 51-year-old stand (4.33%). The highest variability in abundance values was found in the 21-year-old stand (100.11%) and the lowest in the 31-year-old stand (50.16%). The dependence of species richness and abundance on the age of the stands was significant only when comparing the abundance of the sporocarps in the 31-year-old stand with the 51-year-old stand, which means that the species richness and abundance of the ECM macromycetes sporocarps grow with the age of the stands.

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

Kľúčové slová: ektomykorízne makromycéty; smrek obyčajný; *Picea abies* (L.) H. Karst; monokultúry; bývalá poľnohospodárska pôda; druhová bohatosť; abundancia sporokarpov

Key words: ectomycorrhizal macromycetes; common spruce; *Picea abies* (L.) H. Karst; monocultures; former agricultural land; species richness; sporocarp abundance

ÚVOD

Mykoríza je symbiotické spojenie húb s koreňmi rastlín, pričom huba má prospech najmä z príjmu uhľohydrátov od svojho hostiteľa, napr. celkovo 30–35 % fotosyntetických látok získaných bukovým lesom je metabolizovaných vďaka mykoríznyh hubám (JENNINGS, LYSEK 1996). Ektomykorízne huby (ďalej EKM) majú v lesných ekosystémoch veľký význam najmä ako symbionty lesných drevín. Všeobecne je známe, že symbiotický vzťah medzi EKM hubami a drevinami má pozitívne účinky na zdravotný stav drevín, na biochemickú aktivitu lesných drevín a celkovú stabilitu lesov (napr. GRYNLER et al. 2004; MIHÁL 2005; KINGA et al. 2013; HOFMEISTER et al. 2014; REPÁČ et al. 2014; UJHÁZY et al. 2018 a iní). Problematika zalesňovania bývalých nelesných pôd, metodické postupy, využívanie húb a rôzne dopady

tohto procesu je podrobne študovaná aj v Českej republike a na Slovensku (cf. NEUHÖFEROVÁ 2006; REPÁČ et al. 2017).

Smrekové lesné ekosystémy na Slovensku vytvárajú špecifické prostredie pre výskyt veľkého množstva druhov húb, ktoré rastú buď iba v takýchto ekosystémoch, alebo aj v prostredí, kde je smrek viac či menej zastúpený. Dynamika druhovej diverzity, abundancia plodníc, produkcia biomasy a sukcesné vzťahy húb viazucích sa výskytom na smrek, alebo prostredie smrekom vytvárané, sú rozdielne v závislosti od množstva a intenzity pôsobenia klimaticko-ekologických podmienok, akými sú zrážky, teplota, vlhkosť pôdy, vplyv sucha, zloženie fytocenóz, geologický podklad (napr. KAŁUCKA 2009; KONÓPKA et al. 2010; PEŠKOVÁ et al. 2015; MARTINÍK et al. 2017), vek porastov (ARNOLDS et al. 2004; BONET et al. 2004; PEŠKOVÁ et al. 2009; MIHÁL,

LUPTÁKOVÁ 2016), drevinové zloženie porastov (ŠTEFANČÍK, KAMENSKÝ 2009; TÓTH et al. 2016), vplyv imisií (BRUNNER 2001; TESAŘ, DOBROVOLNÝ 2011) a iné.

Azda najvýraznejším negatívnym prejavom disturbancií lesných porastov sú následné zmeny v druhovej diverzite, bohatosti a produktivite symbiotických druhov húb, čo má negatívny vplyv aj na zdravotný stav lesných drevín. KAŁUCKA, JAGODZIŃSKI (2017) zdôrazňujú, že EKM huby sú kľúčovou skupinou organizmov umožňujúcou a podporujúcou proces kolonizácie otvorenej pôdy pomocou svojich symbiontov, t.j. stromov a inej vegetácie, napr. aj na holoruboch. KUCUKER, BASKENT (2017) konštatujú, že v každom lesnom biotope, v ktorom sa uskutočnia akékoľvek lesohospodárske zásahy, sa zákonite odohrávajú aj zmeny v druhovej diverzite a v produkcii biomasy makromycét.

Z hľadiska cieľov tejto práce je nutné pripomenúť, že spoločenstvo EKM makromycét v rôznovekých smrekových monokultúrnych porastoch, ktoré boli vysadené na bývalej poľnohospodárskej pôde na lokalite Vrchdobroč na strednom Slovensku, bolo predmetom výskumov už v minulosti (napr. GÁPER, LIZOŇ 1995, 1997; MIHÁL 2002, 2005; GÁPER, MIHÁL 2008). Vzhľadom na fakt, že po snehovej a vetrovej kalamite v zime 1993/1994 boli mykologické výskumné plochy do veľkej miery poškodené, bolo nutné ďalší mykologický výskum realizovať za nových podmienok. V súčasnosti sa na uvedenej lokalite realizuje mykologický výskum, ktorého hlavným cieľom je monitorovať proces kolonizácie a šírenia sa mykoflóry (najmä symbiotickej) v smrekových monokultúrach, od najmladších po vekovo najstaršie lesné porasty, ktoré boli v minulosti vysadené na bývalej poľnohospodárskej pôde, t.j. na biotopoch, kde sa predtým nepredpokladala prítomnosť ektomykoríz. Cieľom tohto príspevku je charakterizovať význam symbiotickej mykoflóry pre ekosystém rôznovekých monokultúrnych smrečín.

MATERIÁL A METODIKA

Charakteristika územia

Problematika monitoringu mykoflóry v smrekových monokultúrach vysadených na nelesnej pôde bola skúmaná v lesnom komplexe lokality Vrchdobroč, ktorá sa nachádza na strednom Slovensku, v západnej časti Slovenského rudohoria, vo Veporských vrchoch, v poľsi LZ Kriváň, v prameništnej oblasti Iplá. Lokalita Vrchdobroč sa nachádza v nadmorskej výške od 740 do 917 m, geologické podložie tvoria granodiority kryštalinika a prevažujúcim pôdnym typom je hnedá lesná pôda (kambizem), piesčito-hlinitá. Priemerná ročná teplota je +6 °C (vo vegetačnej dobe +12 °C), priemerný ročný úhrn zrážok je 900 mm (vo vegetačnej dobe 300 mm, podľa SHMÚ, 1995 – meteorologická Detvianska Huta).

Lesné porasty na Vrchdobroči vznikli v posledných desaťročiach minulého storočia na bývalej poľnohospodárskej pôde, ktorá bola vládny uznesením z roku 1960 delimitovaná do lesného pôdneho fondu, nakoľko v prameništnej oblasti Iplá, Lučeneckého potoka a Rimavy klesla lesnatosť za posledných 50 rokov z cca 60 % na 29 %, čo bol najväčší pokles vo vtedajšom Československu. Podľa plánu zalesňovania tejto lokality sa výmera lesov zo 7648 ha mala do roku 1980 zvýšiť na 15 738 ha delimitovaných plôch. V rámci rozsiahlych vzniknutých porastov bol z podnetu Ministerstva lesného a vodného hospodárstva založený výskumný a demonštračný objekt (VDO) Vrchdobroč o výmere 240 ha porastovej plochy, v ktorom sa vedeckovýskumné inštitúcie (najmä vtedajší VÚLH, teraz NLC vo Zvolene) za spolupráce s organizáciami štátnych lesov sústredili na výskum a overovanie vhodných metód výchovy smrekových mladín až žrdkoviek, ako aj na vodohospodársky a vodoochranný výskum týchto porastov. Za týmto účelom sa v objekte od roku 1976 založilo viacero sérií trvalých výskumných a polopre-

vádzkových výskumných plôch, zameraných na zdôvodnenie vhodnej fytotechniky výchovy a techniky výchovných ťažieb (podľa ŠTEFANČÍK, KAMENSKÝ 2009).

Z hľadiska dlhodobého procesu zalesňovania bývalých poľnohospodárskych pozemkov VDO Vrchdobroč treba zdôrazniť, že štruktúra lesných komplexov sa v tejto oblasti začala rapidne meniť po sérii snehových a vetrových kalamít od zimy 1993/1994. Táto kalamita do značnej miery zdecimovala najmä smrekové porasty v rastovej fáze žrdkoviek až žrdoviny celoplošne v okolí najvyššej kóty a mozaikovitú v nižšie položených porastoch.

Po sérii snehových a vetrových kalamít sú smrekové porasty na VDO Vrchdobroč značne fragmentované, pričom sa v rámci opätovného zalesňovania viac preferujú iné dreviny ako smrek, najmä *Abies alba* Mill., *Fagus sylvatica* L. a *Acer pseudoplatanus* L. Na predchádzajúci mykologický výskum smrekových porastov na lokalite Vrchdobroč (1989–2003) sa nadviazalo v máji 2016, kedy tu boli založené série nových mykologických trvalých výskumných plôch TVP (A1,A2,A3: tri plochy v 21ročných porastoch, B1,B2,B3: tri plochy v 31ročných porastoch a C1,C2,C3: tri plochy v 51ročných porastoch). Základné vybrané charakteristiky jednotlivých TVP sú uvedené v tab. 1.

Metodika výskumu

V komplexe smrekových porastoch lokality Vrchdobroč sme na jednotlivých mykologických TVP raz do mesiaca od júna do októbra v roku 2016 hodnotili mykocenologické pomery EKM makromycét. Na každej TVP sme zaznamenávali druhové spektrum EKM makromycét a hodnoty abundancie plodníc. Priamo v teréne sporné alebo neurčené druhy boli determinované v laboratóriu podľa determináčnej literatúry od autorov MOSER (1963, 1983), ČERVENKA et al. (1972), VESELÝ et al. (1972), JÜLICH (1984), BREITENBACH, KRÄNZLIN (1986), HANSEN, KNUDSEN (1992), KEIZER (1998), HAGARA et al. (1999), PAPOUŠEK (2004), HAGARA (2014) a iných zdrojov.

Pri determinácii bol použitý aj porovnávací materiál z herbárovej zbierky druhého autora z Ústavu ekológie lesa SAV vo Zvolene. Druhy húb, ktoré predtým neboli na VDO Vrchdobroč zaznamenané, boli herbarizované a uložené v herbárových zbierkach na ÚEL SAV. Vedecká nomenklatúra a autorské skratky determinovaných druhov makromycét sú prevažne prevzaté z databázy Index fungorum (<http://www.indexfungorum.org>). V každom konkrétnom mesiaci boli získané dáta z 9 replikácií. Závislou premenou medzi týmito vzorkami je vek porastu.

Pri hodnotení významu EKM makromycét prezentujeme hodnoty percentuálneho podielu EKM makromycét (Im), ktorý bol vypočítaný ako pomer z počtosti EKM druhov a počtosti všetkých identifikovaných makromycét (podľa GULDEN et al. 1992; GÁPER, MIHÁL 2008).

Štatistická analýza

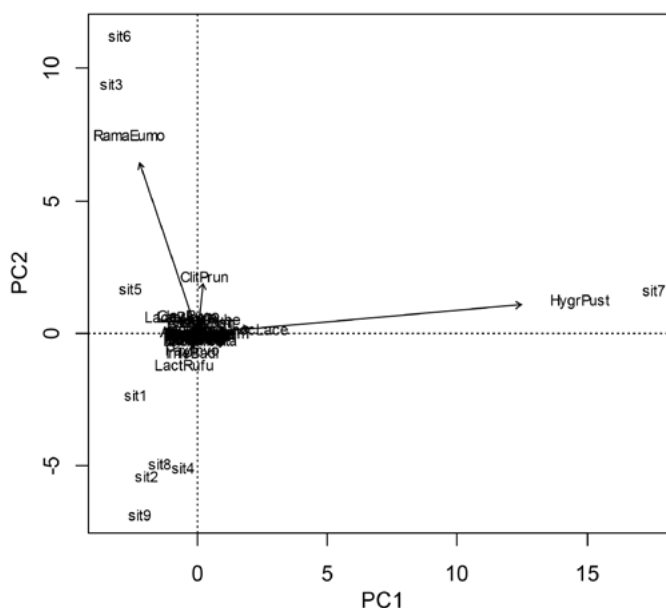
Štatistická analýza pre hodnotenie podobnosti TVP a druhového zloženia EKM húb bola vykonaná programom R v balíčku vegan (DIXON 2003). Na každej TVP bolo kvantifikované druhové spoločenstvo epigeických EKM makromycét. Pre hodnotenie stupňa druhovej diverzity sa použil Shannonov index diverzity (H) (SHANNON, WEAVER 1998). Hodnotenie vyrovnanosti v druhovom zložení bolo vyjadrené pomocou Pielovho indexu vyrovnanosti (J) (LEGENDRE P, LEGENDRE L 2012). Variabilita hodnôt a závislosť medzi druhovou bohatosťou a abundanciou plodníc EKM makromycét bola vyjadrená pomocou Pearsonovho korelačného koeficientu a jednoduché lineárnej regrese (LEPŠ, ŠMILAUER 2016). Pre analýzu rozdielov medzi jednotlivými TVP bola použitá jednofaktorová ANOVA s F-testom. Vplyv veku a sezónnej dynamiky (jún – október) na druhové bohatstvo a abundanciu boli analyzované v programe STATISTICA 12.

VÝSLEDKY

Výsledky získané v porastoch jednotlivých TVP v roku 2016 sme zhodnotili z hľadiska vzájomných vzťahov medzi dynamikou druhovej bohatosti a abundancie plodníc EKM makromycét v návaznosti na vek porastov a sezónnosť výskumu. V obr. 1. uvádzame analýzu hodnôt abundancie na jednotlivých TVP, pričom jednotlivé sites 1–9 predstavujú výskumné plochy A1-A2-A3, B1-B2-B3 a C1-C2-C3. Sites 2,4,8 sú si veľmi podobné svojim druhovým zložením, naopak site 7 je odlišná. Z ordinačného diagramu vidno, že druhy ako *Hygrophorus pustulatus* (C1), *Ramaria eumorpha* (A3 a B3) a sčasti *Clitopilus prunulus* (A3 a B3) mali najväčší vplyv na odlišnosť v druhovom zložení a na hodnoty abundancie plodníc daného spoločenstva EKM húb.

Jednotlivé obr. 2A, 2B a 2C vyjadrujú korelácie medzi druhovou bohatosťou a abundanciou plodníc EKM makromycét v troch vekovo odlišných porastoch (A, B, C) počas sezóny (jún – október). Bola zistená vzájomná závislosť medzi druhovou bohatosťou a abundanciou plodníc EKM makromycét na jednotlivých TVP. V prípade TVP A a B sú hodnoty korelácie vysoké, pričom na TVP C bola zistená priemerná korelácia. Hodnoty korelácie medzi druhovou bohatosťou a abundanciou plodníc boli pozitívne signifikantné s abundanciou plodníc, a to v prípade TVP A, kde $P = 0,001$ a TVP B, kde $P < 0,01$. Negatívne nesignifikantné hodnoty korelácie boli na TVP C, kde $P > 0,05$.

Enumeráciu determinovaných druhov EKM makromycét a ich abundančné hodnoty na jednotlivých TVP uvádzame v tab. 2. Celkovo bolo zistených 37 druhov EKM makromycét, najmenej na TVP A (19) a najviac na TVP C (25 druhov). Na TVP A boli najpočetnejšie druhy *Ramaria eumorpha* (136 plodníc) a *Clitopilus prunulus* (101), na TVP B druhy *Russula aeruginea* (233) a *R. mustelina* (33 plodníc) a na TVP



Obr. 1. Analýza hodnôt abundancie EKM húb na jednotlivých TVP (sites 1 až 9)

Fig. 1. Analysis of abundance values of ECM fungi on the individual PRPs (sites 1–9)

Vysvetlivky/Captions:

Osy PC1, PC2 predstavujú najväčšiu variabilitu dát zobrazenú v diagrame s prvou a druhou osou. PC1=65,58%, PC2= 19,51%./The axes PC1, PC2 represent the greatest data variability shown in the diagram with the first and second axes.

Tab. 1.

Základné charakteristiky mykologických trvalých výskumných plôch (TVP) v porastoch Vrchdobroč
Basic characteristics of mycological permanent research plots (PRPs) on forest stands of the locality Vrchdobroč

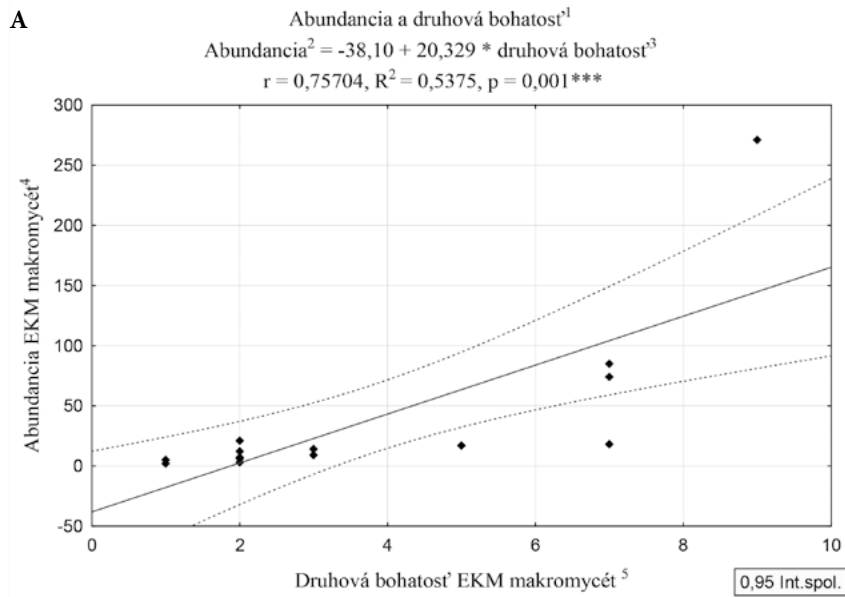
TVP/ PRP	Nadmorská výška (m.n.m.) ¹	Lokalizácia ²	Dielec PSL (v 2016) ³	Dominantná drevina ⁴	Vek porastu (2016) ⁵	Počet stromov ⁶	Výmera (m ²) ⁷	pH (H ₂ O) (2016)
A1	870	48°32'00,5''N 19° 34'44,9''E	155b	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst 72,61%	21	157	416,16	4,36
A2	890	48°32'02,4''N 19° 34'46,4''E	155b	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst 55,30%	21	130	416,17	4,41
A3	830	48°31'52,0''N 19° 33'45,3''E	164b	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst 100%	21	60	416,18	4,27
B1	850	48°31'58,3''N 19° 34'31,9''E	154b	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst 100%	31	83	416,19	4,23
B2	820	48°31'46,0''N 19° 34'06,0''E	160a	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst 99,10%	31	111	416,20	4,19
B3	830	48°31'48,3''N 19° 34'09,7''E	160a	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst 99,10%	31	111	416,21	4,20
C1	820	48°31'42,9''N 19° 34'16,1''E	160a	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst 100%	51	54	416,22	4,80
C2	800	48°31'33,6''N 19° 34'05,8''E	170a	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst 96,72%	51	61	416,23	4,42
C3	825	48°31'38,3''N 19° 33'50,4''E	168c	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst 66%	51	50	416,24	4,10

Vysvetlivky/Captions:

¹altitude (m a.s.l.) ²localization ³Component of Forest Care Program (in 2016) ⁴dominant trees

⁵age of stand ⁶number of trees, ⁷area (m²)

⁸ostatné dreviny na TVP/other tree species on PRPs: A1: *Larix decidua* Mill.: 26,75%, *Populus tremula* L.: 0,64%, A2: *Larix decidua* Mill.: 44,70%, B2: *Populus tremula* L.: 0,90%, B3: *Larix decidua* Mill.: 0,90%, C2: *Abies alba* Mill.: 3,28%, C3: *Abies alba* Mill.: 32%, *Fagus sylvatica* L.: 2%.



Obr. 2A.

Lineárna regresia spoločenstva EKM makromycétov na TVP A

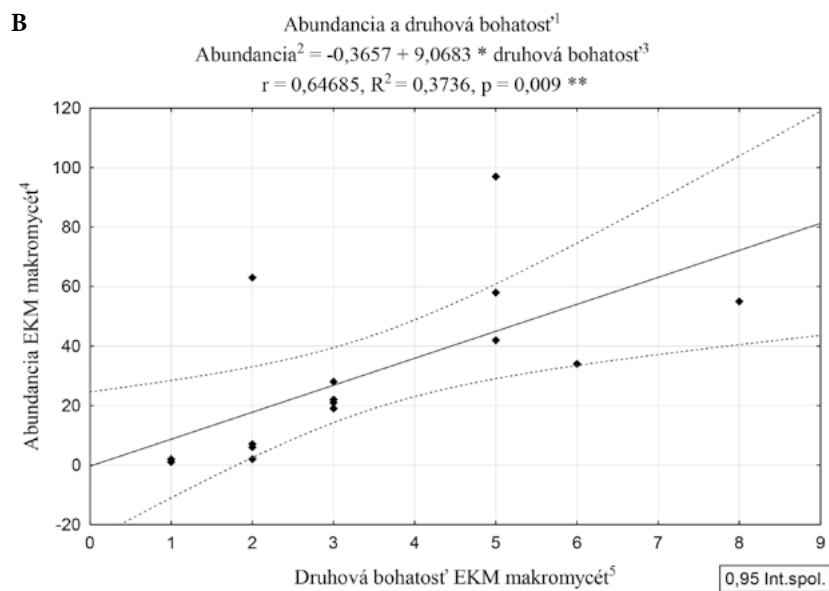
Fig. 2A.

Lineary regression of communities of ECM macromycetes on PRP A

Vysvetlivky/Captions:

* $P \leq 0,05$, ** $P \leq 0,01$, *** $P \leq 0,001$, n.s./nesignifikantné/non significant

¹abundance and species richness, ²abundance, ³species richness, ⁴abundance of ECM macromycetes, ⁵species richness of ECM macromycetes



Obr. 2B.

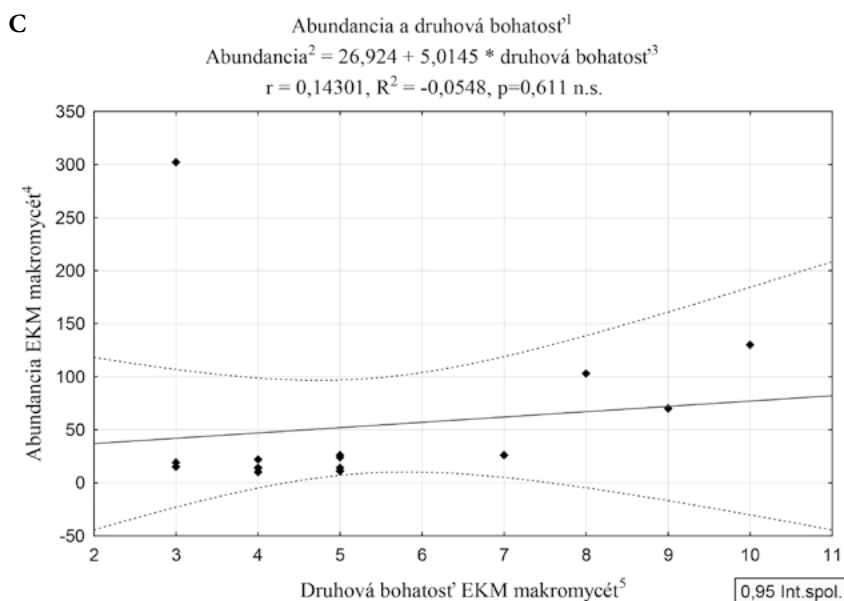
Lineárna regresia spoločenstva EKM makromycétov na TVP B

Fig. 2B.

Lineary regression of communities of ECM macromycetes on PRP B

Vysvetlivky/Captions:

pozri Obr. 2A/see Fig. 2A



Obr. 2C.

Lineárna regresia spoločenstva EKM makromycétov na TVP C

Fig. 2C.

Lineary regression of communities of ECM macromycetes on PRP C

Vysvetlivky/Captions:

pozri Obr. 2A/see Fig. 2A

C druhy *Hygrophorus pustulatus* (307) a *Clitopilus prunulus* (68 plodníc). Najvyššie hodnoty abundancie plodníc boli zistené na TVP C (812 plodníc), pričom celkovo najvyššie hodnoty abundancie vo všetkých troch typov porastov sa zaznamenali u druhov *H. pustulatus* (340 plodníc), *R. aeruginea* (261), *C. prunulus* (186) a *Paxillus involutus* (155 plodníc). Samozrejme, okrem EKM druhov makromycét boli na jednotlivých TVP zaznamenané aj lignikolné (Lg) a terestrické saprotrofné druhy (Ts), napr. na TVP A: 20 Lg a 18 Ts, TVP B: 25 Lg a 20 Ts, TVP C: 30 Lg a 20 Ts, ktorých hodnotenie však nie je súčasťou tejto práce.

V tab. 3 uvádzame vybrané štatistické ukazovatele druhovej bohatosti a abundancie plodníc na jednotlivých TVP. Najväčšia variabilita hodnôt v prípade druhovej bohatosti bola zistená v strednevekom lesnom poraste (B = 32,77 %) a najmenšia hodnota v najstaršom poraste (C = 4,33 %). Najväčšia variabilita hodnôt v prípade abundancie bola zistená v najmladšom lesnom poraste (A = 100,11 %) a najnižšia v strednevekom lesnom poraste (B = 50,16 %).

Z hľadiska závislosti druhovej bohatosti a abundancie od veku porastu na jednotlivých TVP môžeme konštatovať, že hodnoty boli významné iba v prípade porovnania abundancie plodníc vekovo strednevekých porastov (TVP B1 až B3) s vekovo najstaršími porastmi (TVP C1 až C3), čo znamená, že druhové bohatstvo a abundancia plodníc EKM makromycét narastá s vekom porastu (tab. 4).

Vzájomný vplyv druhového bohatstva a abundancie plodníc na TVP v závislosti od sezónnosti výskumu uvádzame v tab. 5, z ktorej vidno, že významné rozdiely boli zistené tak medzi druhovou bohatosťou a sezónou výskumu, ako aj medzi abundanciou a sezónou výskumu. Vysvetľujeme si to tým, že v mesiacoch jún a júl bola zrážková aktivita nižšia než v ostatných mesiacoch, čo negatívne ovplyvnilo druhové bohatstvo a abundanciu plodníc. Naopak v auguste až októbri pri vyššom úhrne zrážok sme zaznamenali aj vyššiu druhovú bohatosť a vyššie hodnoty abundancie plodníc. Napr. najvyššia hodnota abundancie plodníc bola v auguste na TVP A (374 plodníc) a v októbri na TVP

C (352 plodníc). V októbri došlo k poklesu druhov na jednotlivých TVP, ale hodnoty abundancie boli vyššie ako v júni, júli a septembri. Najvyššie hodnoty abundancie počas sezóny dosiahli druhy *Clavulina rugosa*, *Clitopilus prunulus*, *Hygrophorus pustulatus*, *Inocybe lacera*, *Lactarius aurantiacus*, *Ramaria eumorphia*, *Russula aeruginea*. Druh *Hygrophorus pustulatus* je typickou jesennou hubou a v októbri dosiahol vysoké hodnoty abundancie na TVP C1 (295 plodníc).

V tab. 6 uvádzame hodnotenie stupňa druhovej diverzity a vyrovnanosti podľa Shannonov index (H') a Pielov index (J). Najvyššia hodnota druhovej diverzity bola zaznamenaná v najstaršom lesnom poraste (C2 = 2,14) a zároveň najmenšia hodnota bola zaznamenaná taktiež v najstaršom poraste (C1 = 1,39). Najvyššia druhová vyrovnanosť bola zistená v strednevekom lesnom poraste na TVP B1 = 0,89 a najnižšia taktiež v strednevekom poraste na TVP B3 = 0,55, čo sú hodnoty v hornej polovici intervalu vyrovnanosti (od 0 do 1), pričom 0 je minimálna vyrovnanosť a 1 je maximálna.

V tab. 7 opisujeme význam EKM makromycét v pomere k iným ekotrofným skupinám, ktoré boli vyjadrené pomocou mykorízneho percenta (Im) ako pomer početnosti EKM druhov k početnosti všetkých iných druhov makromycét. Z tab. vidno, že najvyššie priemerné mykorízne percento bolo v strednevekých lesných porastoch (TVP B) a najmenšie v najstarších lesných porastoch (TVP C). Dynamika týchto hodnôt hovorí o tom, že čím je porast starší, tým je hodnota mykorízneho percenta nižšia. EKM makromycéty nachádzajú vhodné podmienky vo vekovo mladších lesných porastoch, kde je ich druhová diverzita vyššia, nakoľko vekovo mladšie porasty smreka ešte disponujú silným mykorízny potenciálom pre výskyt množstva ekotrofných druhov húb. Z hľadiska hodnôt uvedených v tab. 6 a 7 treba dodať, že hodnoty druhovej bohatosti, abundancie plodníc a mykorízneho percenta sa týkajú len strednevekých porastov (TVP B1–B3) a najstarších porastov (TVP C1–C3), čo môže poukazovať na určitú ekotopickú podobnosť biotopov týchto TVP a ich určitú odlišnosť od špecifického biotopu najmladších porastov na TVP A1–A3.

Tab. 2.

Početnosť druhov a abundancia plodníc EKM druhov na jednotlivých trvalých výskumných plochách
 Number of species and abundance of fruitbodies of ECM species on the individual permanent research plots

Druh/Species	Skr./Abbr.	TVP/PRP			Spolu/Total
		A	B	C	
<i>Amanita battarrae</i> (Bound). Bon	AmanBatt			4	4
<i>A. excelsa</i> (Fr.) Bertill.	AmanExce			1	1
<i>A. muscaria</i> (L.) Lam.	AmanMusc	6	1		7
<i>A. rubescens</i> Pers.	AmanRube	4	25	16	45
<i>Boletus edulis</i> Bull.	BoleEdu		3		3
<i>B. subtomentosus</i> L.	BoleSubt			12	12
<i>Clavulina coralloides</i> (L.) J. Schröt.	ClavCora		15	8	23
<i>C. rugosa</i> (Bull.) J. Schröt.	ClavRugo	45			45
<i>Clitopilus prunulus</i> (Scop.) P. Kumm.	ClitPrun	101	17	68	186
<i>Cortinarius croceus</i> (Schaeff.) Gray	CortCroc			1	1
<i>C. gentilis</i> (Fr.) Fr.	CortGent	3	6		9
<i>C. varius</i> (Schaeff.) Fr.	CortVari			1	1
<i>Gomphidius glutinosus</i> (Schaeff.) Fr.	GompGlut	1	7		8
<i>Hygrophorus pustulatus</i> (Pers.) Fr.	HygrPust		33	307	340
<i>Chalciporus piperatus</i> (Bull.) Bataille	ChalPipe	4	3		7
<i>Inocybe lacera</i> (Fr.) P. Kumm.	InocLace		2	47	49
<i>Laccaria amethystina</i> Cooke	LaccAmet			9	9
<i>L. bicolor</i> (Maire) P. D. Orton	LaccBico	80		31	111
<i>Lactarius aurantiacus</i> (Pers.) Gray	LactAura	36	6	28	70
<i>L. rufus</i> (Scop.) Fr.	LactRufu	1	24	65	90
<i>L. scrobiculatus</i> (Scop.) Fr.	LactScro			3	3
<i>Leccinum aurantiacum</i> (Bull.) Gray	LeccAura		1		1
<i>L. piceinum</i> Pilát & Dermek	LeccPice	8	1		9
<i>Paxillus involutus</i> (Batsch) Fr.	Paxilvo	52	25	78	155
<i>Ramaria eumorpha</i> (P. Karst.) Corner	RamaEumo	136		9	145
<i>Russula aeruginea</i> Lindb. ex Fr.	RussAeru	28	233		261
<i>R. cyanoxantha</i> (Schaeff.) Fr.	RussCyan	1	4	16	21
<i>R. firmula</i> Jul. Schaeff.	RussFirm		32	8	40
<i>R. mustelina</i> Fr.	RussMust		33	16	49
<i>R. ochroleuca</i> Fr.	RussOchr		4		4
<i>R. olivacea</i> (Schaeff.) Fr.	RussOliv		4	4	8
<i>Suillus grevillei</i> (Klotzsch) Singer	SuilGrev	19			19
<i>Thelephora palmata</i> (Scop.) Fr.	ThelPalm			17	17
<i>Tricholoma imbricatum</i> (Dicks.) Ryvarden	TricImbr	1			1
<i>T. equestre</i> (L.) P. Kumm.	TricEque			2	2
<i>Xerocomus badius</i> (Fr.) E.-J. Gilbert	XeroBadi	5		44	49
<i>X. chrysenteron</i> (Bull.) Šutara	XeroChry	6	3	17	26
Abundancia spolu/Total abundance		537	482	812	1831
Početnosť druhov/Number of species		19	22	25	37

Vysvetlivky/Captions: Skr. – skratka, Abbr. – abbreviation, TVP – trvalá výskumná plocha, PRP – permanent research plot

Tab. 3.

Popisná štatistika abundancie a druhovej bohatosti jednotlivých TVP
Descriptive statistics of abundance and species richness on the individual PRPs

Štatistické parametre ¹	TVP / PRP					
	A		B		C	
	Abundancia ²	Druhová bohatosť ³	Abundancia ²	Druhová bohatosť ³	Abundancia ²	Druhová bohatosť ³
Aritmetický priemer ⁴	178,00	10,33	155,33	12,33	265,66	13,33
Dolný kvartil (Q _I) ⁵	43,00	8,00	94,0	8,00	150,00	13,00
Horný kvartil (Q _{III}) ⁶	380,00	14,00	243,00	16,00	460,00	14,00
Kvartilové rozpätie (IQR) ⁷	337,00	6,00	149,00	8,00	310,00	1,00
Maximálna hodnota (max) ⁸	380,00	14,00	243,00	16,00	460,00	14,00
Medián ⁹	111,00	9,00	129,00	13,00	187,00	13,00
Minimálna hodnota (min) ¹⁰	43,00	8,00	94,00	8,00	150,00	13,00
Replikácie (N) ¹¹	3	3	3	3	3	3
Rozptyl (s ²) ¹²	31759,00	10,33	6070,33	16,33	28666,33	0,33
Smerodajná odchýlka (Sx) ¹³	178,00	3,21	77,91	4,04	169,31	0,58
Štandardná chyba (SEM) ¹⁴	102,89	1,86	44,98	2,33	97,75	0,33
Variačný koeficient (Sx%) ¹⁵	100,11	31,11	50,16	32,77	63,73	4,33

Vysvetlivky/Captions: ¹statistical parameters ²abundance ³species richness ⁴mean ⁵lower quartile ⁶upper quartile ⁷quartile range ⁸maximum value ⁹median ¹⁰minimum value ¹¹replication N ¹²variance, ¹³standard deviation, ¹⁴standard error, ¹⁵coefficient of N (počet replikácií na každú plochu)/N (number of replication on each plot)

Tab. 4.

Druhové bohatstvo a abundancia plodníc na jednotlivých TVP vo vzťahu k veku porastu
Species richness and abundance of fruitbodies on the individual PRPs depending on the age of the stand

TVP/PRP	df	F	p-value
Druhové bohatstvo¹			
A-B	1	1,823	0,188 n.s.
A-C	1	5,654	0,607 n.s.
B-C	1	0,969	0,33 n.s.
Abundancia²			
A-B	1	1,533	0,266 n.s.
A-C	1	3,834	0,061 n.s.
B-C	1	1,466	0,026*

Vysvetlivky/Captions: ¹species richness ²abundance of fruitbodies
*P ≤ 0,05 n.s./nesignifikantné/non-significant

Tab. 6.

Stupeň druhovej diverzity EKM makromycét na TVP podľa Shannonho indexu diverzity (H') a Pielovho indexu vyrovnanosti (J)
Degree of species diversity of ECM macromycetes on PRPs according to Shannon index (H') and Piela balance index (J)

TVP/PRP	Shannon index (H')	Piela balance index (J)
A1	1,86	0,80
A2	1,81	0,87
A3	1,85	0,72
B1	1,85	0,89
B2	1,80	0,65
B3	1,41	0,55
C1	1,39	0,56
C2	2,14	0,86
C3	1,96	0,61

Tab. 5.

Druhové bohatstvo a abundancia plodníc na TVP v závislosti od sezónnosti výskumu (jún – október)
Species richness and abundance of fruitbodies on the individual PRPs depending on the research season (June – October)

TVP/PRP	df	F	p-value
Druhové bohatstvo¹			
A-B	4	2,685	0,045*
A-C	4	2,900	0,043*
B-C	4	3,304	0,027*
Abundancia²			
A-B	4	9,165	0,000***
A-C	4	7,377	0,001***
B-C	4	10,23	0,000***

Vysvetlivky/Captions: *P ≤ 0,05 **P ≤ 0,01 ***P ≤ 0,001 ¹species richness ²abundance

Tab. 7.

Hodnoty mykorízneho percenta (Im) podľa GULDEN et al. (1992)
Values of mycorrhizal percentage (Im) according to GULDEN et al. (1992)

TVP/PRP	LM+TSM	EKM	Im [%]	priemer ¹ [%]
A1	15	10	40,00	
A2	23	8	25,80	34,54
A3	23	14	37,83	
B1	24	8	25,00	
B2	22	16	42,10	35,90
B3	19	13	40,62	
C1	27	13	32,50	
C2	29	13	30,95	32,26
C3	26	13	33,33	

Vysvetlivky/Captions: ¹mean, LM – lignikolné makromycéty/lignicolous macromycetes, TSM – terestrické saprotrofné makromycéty/terrestrial saprotrophic macromycetes, EKM – ektomykorízne makromycéty/ectomycorrhizal macromycetes

DISKUSIA

V súčasnosti existuje u nás ako aj v zahraničí množstvo odbornej literatúry, ktorá pojednáva o výskume EKM makromycét vo vzťahu k dynamike rastu a sukcesnému vývoju sekundárnych porastov rastúcich na opustených a bývalých poľnohospodárskych pôdach. Viaceré také práce sa priamo týkajú aj lokality Vrchdobroč (napr. GÁPER, LIZOŇ 1995, 1997; GÁPER, MIHÁL 2008; MIHÁL 2002, 2005).

Podobne, v zahraničí ARNOLDS et al. (2004) skúmali mykoflóru mladých smrekových monokultúr rastúcich na bývalej nelesnej pôde v Holandsku. Na každej výskumnej lokalite zistili bohaté zastúpenie EKM druhov húb. Nižšie zastúpenie EKM húb zaznamenali v porastoch, ktoré mali v pôde vyšší obsah dusíka a iných živín oproti porastom, ktoré rástli na chudobnejších rašelinových pôdach. Medzi najvýraznejšie dominantné EKM makromycéty patrili napr. druhy *Amanita muscaria*, *Chalciporus piperatus*, *Cortinarius anomalus*, *C. cinnamomeus*, *Hebeloma mesophaeum*, *Hygrophorus agathosmus*, *Inocybe lacera*, *Laccaria proxima*, *Lactarius deterrimus* a iné, t.j. druhy, ktoré boli viac-menej dominantné aj v našich zberoch.

KALUCKA, JAGODZIŃSKI (2016) skúmali dynamiku výskytu EKM makromycét v rôznovekých porastoch borovice lesnej na bývalých poľnohospodárskych pôdach. V 4ročných, 7ročných a 13ročných porastoch zistili kontinuálny nárast druhovej diverzity ako aj hodnôt abundancie plodníc od najmladšieho porastu po najstarší porast. Na lokalite so 4ročným porastom dominovali druhy *Laccaria proxima* (1935 plodníc) a *Hebeloma cavipes* (467), v 7ročnom poraste druhy *Telephora terrestris* (4012) a *Suillus luteus* (2687) a v 13ročnom poraste druhy *Hebeloma mesophaeum* (3848) a *Cortinarius* spp. (743 plodníc).

Zaujímavé výsledky štúdia dynamiky druhovej bohatosti a abundancie plodníc EKM húb v 50ročných porastoch borovice lesnej na 9 lokalitách v Litve uvádzajú STANKEVIČENÉ, KASPARAVIČIUS (2007), ktorí ako dominantné rody uvádzajú *Amanita* (celkovo zaznamenaných 5 druhov), *Cortinarius* (12), *Russula* (10) a *Tricholoma* (5). Medzi huby s najvyššími početnosťami plodníc zaraďujú aj druhy *Paxillus involutus* (priemerne 275 plodníc na jednu lokalitu), *Lactarius rufus* (43,6 plodníc), *Tricholoma equestre* (10) a *Xerocomus badius* (98,4), ktoré sa v oveľa menšom množstve vyskytovali aj v našich zberoch. Treba dodať, že STANKEVIČENÉ, KASPARAVIČIUS (2007) z ich lokalít výskumu uvádzajú pomerne nízke hodnoty obsahu dusíka (od 0,029 % do 0,197 %) a humusu (2,05 % až 8,02 %), čo by malo prospievať rozvoju ekotmykoriznej mykoflóry. Hodnoty dusíka a humusu z našich TVP na lokalite Vrchdobroč sú oveľa vyššie (dusík: 0,156 % až 0,385 %, humus: 4,53 % až 9,96 %), čo môže súvisieť s intenzívnym poľnohospodárskym využívaním pôd lokality Vrchdobroč v minulosti (LUPTÁKOVÁ, MIHÁL – nepubl. údaje). Veľký význam chemizmu pôdy na spoločenstvo EKM makromycét uvádzajú aj GILLET et al. (2010), ktorí študovali dynamiku druhového bohatstva a abundancie plodníc EKM húb v závislosti od adície dusíkatých látok do pôdy 60ročných smrekových porastov, ktoré boli vysadené na bývalých pastvinách. Autori zistili jednoznačný negatívny vplyv adície dusíka na druhovú bohatosť a abundanciu plodníc EKM húb v porovnaní s kontrolnými porastmi bez pridávania dusíka. Najviac citlivé EKM huby, ktoré z porastov ubúdali, patrili do rodov *Cortinarius*, *Inocybe* a *Russula*.

Vzájomné vzťahy hubových spoločenstiev v rôznych typoch lesných porastov skúmali HOFMEISTER et al. (2014). Autori na 106 lokalitách v rôznych typoch lesa v Českej republike zistili výskyt celkovo 1413 druhov makromycét, pričom EKM druhy tvorili 29 % druhového bohatstva. Ako štatisticky veľmi významný ($p < 0,001$) sa ukázal vplyv manažmentu lesných porastov na spoločenstvo makromycét. Autori zistili, že druhová bohatosť makromycét (β -diverzita) sa zvyšovala s vekom porastov a klesala s intenzitou lesného manažmentu. Treba dodať, že tento výsledok HOFMEISTER et al. (2014) uvádzajú v rámci rôznych typov skúmaných lesov a ekotrofickej skupiny makromycét v celosti bez jej diferenciácie. V prípade našich výsledkov, v ktorých

uvádzame iba spoločenstvo EKM druhov makromycét sa druhová bohatosť zvyšovala len od najmladších 21ročných porastov (variálny koeficient 31,11 %) po 31ročné porasty (32,77 %), pričom výrazný pokles variálneho koeficientu (iba 4,33 %) bol zaznamenaný v najstarších 51ročných porastoch. Na druhej strane, hodnoty abundancie plodníc EKM makromycét sa zvyšovali od najmladších ($p = 0,061$) po najstaršie porasty ($p = 0,026$).

Obnovu vrstiev nadložného humusu v 57ročných smrekových porastoch na bývalých poľnohospodárskych pôdach v Českej republike skúmali HATLAPATKOVÁ, PODRÁZSKÝ (2011), ktorí v takýchto porastoch potvrdili rýchlu akumuláciu nadložného humusu, pričom sa hodnoty zásob holorganických horizontov dajú porovnávať s lesnými stanovišťami. V porovnaní s obdobnými porastmi na lokalite Vrchdobroč môžeme konštatovať (LUPTÁKOVÁ, MIHÁL nepubl. údaje), že hodnoty prístupných živín (P a K) v nadložnom humuse boli na lokalite Vrchdobroč oveľa vyššie (P = až 921 oproti 12,5 mg/kg, K = až 239 oproti 92,7 mg/kg), pH pôdy na Vrchdobroči až 4,75 oproti 3,9, pričom hodnoty obsahu humusu a dusíka boli na lokalite Vrchdobroč nižšie (N = 0,45 % oproti 0,5 % a humus = 9,96 % oproti 14,7 %). To poukazuje na proces odlišnej tvorby humusu na lokalite Vrchdobroč, kde síce dochádza k obohacovaniu pôdy živinami, ale pri nižšom pH pôdy a nižšom obsahu dusíka v pôde sa nevytvára dostatočná vrstva kyslého nadložného humusu, ktorý je typický pre staršie smrekové lesné porasty. To následne môže limitovať výskyt EKM makromycét, ktoré v procese symbiocy preferujú na živiny a humus chudobnejšie pôdy. Podobne FIALA et al. (2015) zistil vyššie hodnoty vybraných foriem uhlíka a dusíka a nižšiu mikrobiologickú aktivitu v pôde smrekových porastov oproti bukovým porastom.

Zaujímavé výsledky uvádzajú BONET et al. (2004), ktorí v borovicových porastoch skúmali dynamiku produkcie plodníc EKM húb vo vzťahu k rôznemu veku porastov (od 5 do 84 rokov). Zistili, že vek porastov bol signifikantný ($P < 0,05$) vo vzťahu k produkcii plodníc viacerých EKM makromycét. Napr. druh *Suillus variegatus* sa vyskytoval najmä v najstarších porastoch, pričom *S. collinitus* mal najvyššiu frekvenciu výskytu v najmladších porastoch. Druh *Russula torulosa* bol prítomný takmer vo všetkých vekových kategóriách, ale najhojnejší bol v strednovekých a v najstarších porastoch, podobne ako druh *Lactarius semisanguifluus*. Druh *Laccaria amethystina* bol najhojnejší v 25- až 34ročných porastoch. Podobné tendencie sme zaznamenali aj my na lokalite Vrchdobroč, kde sa druh *L. amethystina* vyskytoval v najstarších porastoch a druhy rodu *Russula* v strednovekých a v najstarších porastoch. Zároveň BONET et al. (2004) uvádzajú, že priemerný stupeň druhovej diverzity podľa Shannonovho indexu mal hodnotu $H = 1,84$ a najvyššia hodnota za celú dobu výskumu v rámci jednej lokality bola $H = 2,16$. V našom prípade sa hodnoty Shannonovho indexu (tab. 6) pohybovali od $H = 1,39$ (na TVP C1) do $H = 2,14$ (TVP C2), t.j. najnižšia a zároveň najvyššia hodnota bola zaznamenaná v najstarších 51ročných porastoch, pričom priemerný stupeň za lokalitu Vrchdobroč mal hodnotu $H = 1,79$. Podobnú štúdiu vplyvu veku smrekových porastov rastúcich na bývalej nelesnej pôde na mykoflóru uvádzajú PEŠKOVÁ et al. (2009), ktorí v Orlických horách v troch rôznovekých lokalitách (10-, 50- a 80ročných porastoch) zistili spolu výskyt 75 druhov makromycét, z čoho bolo 40 EKM druhov. Autori konštatujú, že s vekom porastov sa zvyšovala aj početnosť EKM druhov. Druhy rodov *Amanita*, *Cortinarius*, *Lactarius*, *Russula* a *Xerocomus* sa vyskytovali najviac v strednovekých a v najstarších porastoch, čo sme potvrdili aj našim výskumom na lokalite Vrchdobroč. Druhy *Hygrophorus pustulatus* a *Paxillus involutus* sa v Orlických horách vyskytovali najmä v strednovekých porastoch, pričom na Vrchdobroči sme tieto druhy nachádzali viac v najstarších porastoch.

Sukcesiu makromycét vo vznikajúcich smrekových a borovicových porastoch na opustených poľnohospodárskych pôdach v Poľsku skúmala KALUCKA (2009), ktorá zistila, že výskyt EKM druhov bol ovplyvnený najmä prítomnosťou symbiotických stromov a ich vekom, štruktúrou

porastov a vlastnosťami pôdy. Zároveň uvádza, že z množstva EKM druhov, ktoré sa vyskytovali v mladších porastoch, sa v najstarších porastoch vyskytovalo 50 % ich druhovej bohatosti, pričom index podobnosti klesol na 30 %. KAŁUCKA (2009) opisuje zvyšujúcu sa druhovú rozmanitosť ECM makromycét nezávisle od kolísania početnosti druhov. Obzvlášť to bolo badateľné v terminálnej fáze sukcesie borovicového lesa, kde EKM druhy dosahovali najvyššiu druhovú diverzitu ($H = 2,87$), aj napriek pomerne malému počtu druhov. Na úrovni jednotlivých lokalít boli hodnoty $H = 2,55$ a $H = 2,59$ v rastovej fáze 12- až 25ročných porastoch. V smrekových porastoch na lokalite Vrchdobroč sme najvyššiu hodnotu $H = 2,14$ zaznamenali iba raz v najstaršom 51ročnom poraste.

ZÁVER

Spoločenstvo ektomykORIZNYCH (EKM) makromycét bolo skúmané v smrekových monokultúrach vysadených na bývalej poľnohospodárskej pôde na lokalite Vrchdobroč (stredné Slovensko, Veporské vrchy) na mykologických trvalých výskumných plochách TVP A1,A2,A3; tri plochy v 21ročných porastoch, B1,B2,B3: plochy v 31ročných porastoch a C1,C2,C3: plochy v 51ročných porastoch. Celkovo bolo zaznamenaných 37 EKM druhov, najmenej v 21ročnom poraste (19 druhov) a najviac v 51ročnom poraste (25). Najhojnejší výskyt mali druhy *Hygrophorus pustulatus* (340 plodníc), *Russula aeruginea* (261), *Clitopilus prunulus* (186), *Paxillus involutus* (155), *Ramaria eumorpha* (145), *Laccaria bicolor* (111). Najvyššie hodnoty abundancie plodníc boli zistené na TVP C (812 plodníc). Bola zistená vzájomná závislosť medzi druhovou bohatosťou a abundanciou plodníc EKM makromycét na jednotlivých TVP. Najväčšia variabilita hodnôt v prípade druhovej bohatosti bola zistená v strednevekom lesnom poraste ($B = 32,77\%$) a najmenšia hodnota v najstaršom poraste ($C = 4,33\%$). Najväčšia variabilita hodnôt v prípade abundancie bola zistená v najmladšom poraste ($A = 100,11\%$) a najnižšia v strednevekom poraste ($B = 50,16\%$). Z hľadiska závislosti druhovej bohatosti a abundancie od veku porastu na jednotlivých TVP môžeme konštatovať, že hodnoty boli významne iba v prípade porovnania abundancie plodníc vekovo strednevekých porastov (TVP B1 až B3) s vekovo najstaršími porastmi (TVP C1 až C3), čo znamená, že druhové bohatstvo a abundancia plodníc EKM makromycét narastá s vekom porastu. Najvyššia hodnota druhovej diverzity bola zaznamenaná v najstaršom lesnom poraste ($C2 = 2,14$) a zároveň najmenšia hodnota bola zaznamenaná taktiež v najstaršom poraste ($C1 = 1,39$). Najvyššia druhová vyrovnanosť bola zistená v strednevekom lesnom poraste na TVP B1 = 0,89 a najnižšia taktiež v strednevekom poraste na TVP B3 = 0,55. Najvyššie priemerné mykORIZNE percento bolo zistené v strednevekých lesných porastoch (TVP B = 35,9 %) a najmenšie v najstarších lesných porastoch (TVP C = 32,26 %). Dynamika týchto hodnôt hovorí o tom, že čím je porast starší, tým je hodnota mykORIZNE percenta nižšia. EKM makromycéty nachádzajú vhodné podmienky vo vekovo mladších lesných porastoch, kde je ich druhová diverzita vyššia, nakoľko vekovo mladšie porasty smreka ešte disponujú silným mykORIZNYM potenciálom pre výskyt množstva ektomykORIZNYCH druhov húb.

Podakovanie:

Autori ďakujú Vedeckej grantovej agentúre VEGA (projekt č. 2/0101/18) za finančnú podporu tejto práce.

LITERATÚRA

- ARNOLDS E., DOWNES R., SOMHOST I. 2004. Mycologische avonturen in jonge sparrenbosjes op voormalige landbouwgrond. *Coolia*, 47 (2): 56–64.
- BONET J.A., FISCHER C.R., COLINAS C. 2004. The relationship between forest age and aspect on the production of sporocarps of ectomycorrhizal fungi in *Pinus sylvestris* forests of the central Pyrenees. *Forest Ecology and Management*, 203: 157–175. DOI: 10.1016/j.foreco.2004.07.063
- BREITENBACH J., KRÄNZLIN F. (eds.) 1986. Fungi of Switzerland. A contribution to the knowledge of the fungal flora of Switzerland. Vol. 1. Ascomycetes. Lucerne, Verlag Mykologia: 411 s.
- BRUNNER I. 2001. Ectomycorrhizas: their role in forest ecosystems under the impact of acidifying pollutants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 4: 13–27.
- ČERVENKA M., FASSATIOVÁ O., HOLUBOVÁ-JECHOVÁ V., SVRČEK M., URBAN Z. 1972. Klúč na určovanie výtrusných rastlín. 2. diel. Slizovky a huby. Bratislava, SPN: 391 s.
- DIXON P. 2003. VEGAN, a package of R function for community ecology. *Journal of Vegetation Science*, 14: 927–930. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2003.tb02228.x
- FIALA P., REININGER D., SAMEK T., MALÝ S. 2015. Vybrané mikrobiologické vlastnosti lesných pôd pod bukem a smrkem. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60: 287–298.
- GÁPER J., LIZOŇ P. 1995. Sporocarp succession of mycorrhizal fungi in Norway spruce plantations in formerly agricultural land. In: Baluška, F. et al. (eds.): *Structure and function of roots. Proceedings of the Fourth International Symposium on Structure and Function of Rots*. June 20–26, 1993, Stará Lesná, Slovakia. Dordrecht, Boston, Kluwer: 349–352.
- GÁPER J., LIZOŇ P. 1997. Colonisation of Norway spruce plantations by ectomycorrhizal macrofungi. *Ekológia (Bratislava)*, 16: 337–344.
- GÁPER J., MIHÁL I. 2008. EktomykORIZNY potenciál a hniloby v kultúrnych smrečínach. *Acta Facultatis Ecologiae (Zvolen)*, 18: 21–25.
- GILLET F., PETER M., AYER F., BUTLER R., EGLI S. 2010. Long-term dynamics of aboveground fungal communities in a subalpine Norway spruce forest under elevated nitrogen. *Oecologia*, 164: 499–510.
- GRYNDLER M., BALÁŽ M., HRŠELOVÁ H., JANSÁ J., VOSÁTKA M. 2004. Mykorrhizní symbióza – O soužití hub s kořeny rostlin. Praha, Academia: 366 s.
- GULDEN G., HØILNAD K., BENDIKSEN K., BRANDRUND T.E., FOSS B.E., JENSEN H.B., LABER D. 1992. Macromycetes and air pollution. *Bibliotheca Mycologica*, 144: 1–71.
- HAGARA L., ANTONÍN V., BAIER J. 1999. *Houby*. Praha, Aventinum: 416 s.
- HAGARA L. 2014. *Ottova encyklopédia húb*. Praha, Ottovo nakladateľstvo: 1200 s.
- HANSEN L., KNUDSEN H. (eds.) 1992. *Nordic macromycetes*. Vol. 2. Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales. Copenhagen, Nordsvamp: 474 s.
- HATLAPATKOVÁ L., PODRÁZSKÝ V. 2011. Obnova vrstev nadložního humusu na zalesněných zemědělských půdách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56: 229–234.

- HOFMEISTER J., HOŠEK J., BRABEC M., DVOŘÁK D., BERAN M., DECKEROVÁ H., BUREL J., KŘÍŽ M., BOROVÍČKA J., BĚŽÁK J., VAŠUTOVÁ M. 2014. Richness of ancient forest plant species indicates suitable habitats for macrofungi. *Biodiversity Conservation*, 23: 2015–2031.
- JENNINGS D.H., LYSEK G. 1996. *Fungal biology: Understanding the fungal lifestyle*. Oxford, BIOS Scientific Publishers: 156 s.
- JÜLICH W. 1984. *Die Nichtblätterpilze. Gallertpilze und Bauchpilze. Band IIb/1*. Stuttgart, Gustav Fischer: 626 s. Kleine Kryptogamenflora
- KAŁUCKA I. 2009. Macrofungi in the secondary succession on the abandoned farmland near the Białowieża old-growth forest. *Monographiae Botanicae*, 99: 1–155.
- KAŁUCKA I.L., JAGODZIŃSKI A.M. 2016. Successional traits of ectomycorrhizal fungi in forest reclamation after surface mining and agricultural disturbances: A review. *Dendrobiology*, 76: 91–104.
- KAŁUCKA I.L., JAGODZIŃSKI A.M. 2017. Ectomycorrhizal fungi: A major player in early succession. In: Varma A. et al. (eds.): *Mycorrhiza – function, diversity, state of the art*. SpringerLink (Online service): 187–229.
- KEIZER G. 1998. *Encyklopedie hub*. Praha, Rebo: 288 s.
- KINGA R., MORSCHHAUSER T., PÁL-FÁM F., BOTTA-DUKÁT Z. 2013. Exploring the relationship between macrofungi diversity, abundance and vascular plant diversity in semi-natural and managed forests in north-east Hungary. *Ecological Research*, 28: 543–552.
- KONÓPKA B., KUNCA A., MAJOVÁ M. 2010. Rozbor podielu mechanicky pôsobiacich abiotických činiteľov pri poškodení smrečín na Kysuciach a Orave podľa údajov o náhodných ťažbách. In: Konópka B. (ed.): *Výskum smrečín destabilizovaných škodlivými činiteľmi*. Vedecký recenzovaný zborník. Zvolen, Národné lesnícke centrum: 239–245.
- KUCUKER D.M., BASKENT E.Z. 2017. Impact of forest management intensity on mushroom occurrence and yield with a simulation-based decision support system. *Forest Ecology and Management*, 389: 240–248. DOI: 10.1016/j.foreco.2016.12.035
- LEGENDRE P., LEGENDRE L. 2012. *Numerical ecology*. Amsterdam, Elsevier: 990 s. *Developments in environmental modelling*, 24.
- LEPŠ J., ŠMILAUER P. 2016. *Biostatistika*, České Budějovice, Jihočeská univerzita: 438 s.
- MARTINÍK A., ADAMEC Z., HOUŠKA J. 2017. Production and soil restoration effect of pioneer tree species in a region of allochthonous Norway spruce dieback. *Journal of Forest Science*, 63: 34–44.
- MIHÁL I. 2002. Production of epigeic sporocarps of ectomycorrhizal fungi in differently aged Norway spruce monocultures. *Ekológia (Bratislava)*, 21: 129–136.
- MIHÁL I. 2005. Macrofungi succession in differently aged Norway spruce monocultures. *Folia oecologica*, 32: 103–109.
- MIHÁL I., LUPTÁKOVÁ E. 2016. Monitoring mykoflóry smrekových monokultúr na bývalých nelesných pôdach a perspektívy ďalšieho výskumu. *Životné prostredie*, 50: 108–117.
- MOSER M. 1963. *Ascomyceten. Band IIa*, Kleine Kryptogamenflora. Stuttgart, Gustav Fischer: 147 s.
- MOSER M. 1983. *Die Röhlinge und Blätterpilze. Band IIb*, Kleine Kryptogamenflora. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 533 s.
- NEUHÖFEROVÁ P. 2006 (ed.). *Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Sborník referátů*. Kostelec nad Černými lesy, 17. ledna 2006. Praha. ČZU; Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 236 s.
- PAPOUŠEK T. 2004. *Velký fotoatlas hub z jižních Čech*. České Budějovice, Tiskárna Josef Posekany: 819 s.
- PEŠKOVÁ V., SOUKUP F., LANDA J. 2009. Comparison of mycobiota of diverse aged spruce stands on former agricultural soil. *Journal of Forest Science*, 55: 452–460.
- PEŠKOVÁ V., LORENC F., MODLINGER R., POKORNÁ V. 2015. Impact of drought and stand edge on mycorrhizal density on the fine roots of Norway spruce. *Annals of Forest Research*, 58: 245–257.
- REPÁČ I., BALANDA M., VENCURIK J., KMEŤ J., KRAJMEROVÁ D., PAULE L. 2014. Effects of substrate and ectomycorrhizal inoculation on the development of two-year-old container-grown Norway spruce (*Picea abies* Karst.) seedlings. *iForest*, 8: 487–496. DOI: 10.3832/ifor1291-007
- REPÁČ I., PAROBKOVÁ Z., SENDECKÝ M. 2017. Reforestation in Slovakia: History, current practice and perspectives. *Reforesta*, 3: 53–88.
- SHANNON C.E., WEAVER W. 1998. *The mathematical theory of communication*. Urbana, University of Illinois Press: 125 s.
- STANKEVIČIENĖ D., KASPARAVIČIUS J. 2007. Studies on ectomycorrhizal basidiomycete in pine forest on the Lithuania – Poland transboundary region. *Acta Mycologica*, 42 (1): 59–68. DOI: 10.5586/am.2007.004
- ŠTEFANČÍK I., KAMENSKÝ M. 2009. Vývoj zalesňování nelesných půd na Slovensku. In: Vacek S. et al.: *Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degradovaných půdách*. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 88: 1–784.
- TESAŘ V., DOBROVOLNÝ L. 2011. Growth response of spruce stands to subsiding air pollution. *Beskydy*, 4: 179–190.
- TÓTH A., KUCZMAN G., FERIANCOVÁ E. 2016. Species composition and diversity of non-forest woody vegetation along roads in the agricultural landscape. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 62: 56–66.
- UJHÁZY K., UJHÁZYOVÁ M., BUČINOVÁ K., ČILIAK M., GLEJDURA S., MIHÁL I. 2018. Response of fungal and plant communities to management-induced overstorey changes in montane forests of the Western Carpathians. *European Journal of Forest Research*, 137: 169–183. DOI: 10.1007/s10342-017-1096-6
- VESELÝ R., KOTLABA F., POUZAR Z. 1972. *Přehled československých hub*. Praha, Academia: 423 s.

ECTOMYCORRHIZAL MACROMYCETES IN MONOCULTURE SPRUCE STANDS OF DIFFERENT AGE ON FORMER AGRICULTURAL LAND BASED ON 2016 DATA

SUMMARY

Ectomycorrhizal macromycetes (ECM) have a great importance in forest ecosystems, especially as symbionts of forest trees. It is generally known that the symbiotic relationship between ECM fungi and woods has positive effects on the health status of woody plants, the biochemical activity of woody plants and the overall stability of forests. The main objective of our research is to evaluate the process of colonization and spreading of mycoflora (especially symbiotic) in spruce monocultures, from the youngest to the oldest forests, which were planted on former agricultural land, where the presence of ectomycorrhizae was previously not anticipated. The aim of this paper is to describe the significance of symbiotic mycoflora for the ecosystem of monocultural spruces of different ages.

The community of ECM macromycetes was investigated in 2016 in spruce monocultures planted on former agricultural land at the locality Vrchdobroč hill (Central Slovakia, the Veporské vrchy Mts) on mycological permanent research plots PRPs (A1, A2, A3: three plots in 21-year-old stands, B1, B2, B3: plots in 31-year-old stands and C1, C2, C3: plots in 51-year-old stands, Tab. 1). The forest stands in the locality Vrchdobroč hill were established in the last decades of the 20th century on the former agricultural land, which was delimited by a government order from the 1960s into a forest soil fund.

Altogether, 37 ECM species were recorded, at least in the 21-year-old stand (19 species) and the most in the 51-year-old stands (25). The most abundant species were *Hygrophorus pustulatus* (340 sporocarps), *Russula aeruginea* (261), *Clitopilus prunulus* (186), *Paxillus involutus* (155), *Ramaria eumorpha* (145), *Laccaria bicolor* (111). The most frequent occurrence were *Hygrophorus pustulatus* (340 sporocarps), *Russula aeruginea* (261), *Clitopilus prunulus* (186), *Paxillus involutus* (155), *Ramaria eumorpha* (145), *Laccaria bicolor* (111). The highest values of the abundance of the sporocarps (812 ones) were found on PRP C (Tab. 2). The species such as *Hygrophorus pustulatus* (PRP C1), *Ramaria eumorpha* (PRPs A3 and B3), and *Clitopilus prunulus* (A3 and B3) have the greatest impact on the diversity of the species composition and the abundance values of the ECM community (Fig. 1). The interdependence between species richness and abundance of ECM fungi was found in different aged stands. The greatest variability of values for species richness was found in the 31-year-old stand (32.77%) and the smallest value in the 51-year-old stand (4.33%). The highest variability in abundance values was found in the 21-year-old stand (100.11%) and the lowest in the 31-year-old stand (50.16%, Tab. 3). The dependence of species richness and abundance on the age of the stands was significant only when comparing the abundance of the sporocarps in the 31-year-old stand (PRPs B1 – B3) with the 51-year-old stand (PRPs C1 – C3), which means that the species richness and abundance of the ECM macromycetes sporocarps grow with the age of the stands (Tab. 4). The highest value as well as the smallest value of the species diversity was recorded in the oldest forest stands (C2 = 2.14, C1 = 1.39). The highest species constancy was found in the moderately aged forest stand on PRP B1 = 0.89 and the lowest also in the moderately aged PRP B3 = 0.55 (Tab. 6). The highest value of average mycorrhizal percentage was found in moderately aged stands (PRP B = 35.9%) and the smallest value in the oldest forest stands (PRP C = 32.26%), which means that the values of mycorrhizal percentage is lower in the oldest forest stands (Tab. 7). The ECM macromycetes find favorable conditions in the younger aged forests where their species diversity is higher, because the younger aged spruce stands still have a strong mycorrhizal potential for the occurrence of the amount of ECM macromycetes.

Zasláno/Received: 06. 03. 2018

Přijato do tisku/Accepted: 19. 04. 2018