

DYNAMIKA PRODUKČIE BIOMASY PLODNÍČ EPIGEICKÝCH SPOROKARPOV V SMREKOVÝCH MONOKULTÚRACH (ZÁPADNÉ KARPATY)

DYNAMIC OF BIOMASS PRODUCTION OF EPIGEIC SPOROCARPS IN MONOCULTURE SPRUCE STANDS (WESTERN CARPATHIANS)

IVAN MIHÁL¹⁾✉ - EVA LUPTÁKOVÁ^{1,2)}

¹⁾Ústav ekológie lesa SAV, Štúrova 2, 960 53 Zvolen, Slovak Republic

²⁾Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovak Republic

✉ e-mail: mihal@ife.sk

ABSTRACT

We present the dynamics of biomass production values of macromycetes in relation to the different age of spruce monocultures on former agricultural land (Western Carpathians). Altogether 145 macromycetes were evaluated in fresh weight biomass of sporocarps (kg·ha⁻¹). The highest production ratios of sporocarp biomass were obtained at the permanent research plot (PRP) C – 54-year-old stand (1,732.65 kg·ha⁻¹) and lowest biomass at PRP B – 34-year-old stand (1,028.24). The ectomycorrhizal macromycetes (EM) was the highest production ecotrophical group, which produced 2,700.86 kg·ha⁻¹ of sporocarp biomass with high values in 24-year forest growth. The species *Lactarius rufus* (906.14 kg·ha⁻¹) had the highest biomass production as well as saprotrophs *Rhodocollybia butyracea* (174.86) and wood-inhabiting species *Hypholoma fasciculare* (506.38). The effect of the season showed to be statistically significant for the production of EM species (F = 6.242, p < 0.01). Wood-inhabiting species were influenced by age of stands (F = 5.814, p < 0.001). The seasons, age of stands as well as their interaction were statistically insignificant for terrestrial macromycetes (TS). The condition for optimum production of EM and TS macromycetes was average night temperature 8.2–10 °C, where the relationship of temperature is dependent on 42.1%.

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

Kľúčové slová: biomasa; mykoflóra; produkcia plodníc; *Picea abies*; rôznoveké porasty; bývalá poľnohospodárska pôda; Slovensko

Key words: biomass; mycoflora; fruitbodies production; *Picea abies*; different aged stands; former agricultural land; Slovakia

ÚVOD

Makromycéty, ktoré rastú v smrekových lesných porastoch, predstavujú zložitý ekotrofický komplex spojený so smrekom a prostredím, ktoré je smrekom vytvárané. Osobitú biotu predstavujú smrekové monokultúrne porasty vysádzané na bývalej nelesnej pôde, kde sa predtým nepredpokladala existencia symbiotických vzťahov medzi mykorrhízovými hubami a drevinami. Proces sukcesnej kolonizácie takýchto porastov makromycétmi je veľmi zložitý, ale pre mykologický výskum nepochybne veľmi zaujímavý (cf. KAŁUCKA 2009; PEŠKOVÁ et al. 2009; KAŁUCKA, JAGODZIŃSKI 2016; LUPTÁKOVÁ, MIHÁL 2018).

Dôležitým ukazovateľom dynamiky mykocenóz v smrečinách na bývalých nelesných pôdach je aj množstvo vyprodukovanej biomasy plodníc makromycét. V našich podmienkach sa produkciou bioma-

sy plodníc makromycét v smrekových porastoch v minulosti zaoberali napr. MIHÁL, GÁPER (1995). Priamo zo smrekových monokultúr rastúcich na bývalej nelesnej pôde uvádza mykoprodukčné hodnoty MIHÁL (2002). Podobne, MIHÁL (1995) a LUPTÁKOVÁ et al. (2018) hodnotili mykoprodukciiu jedľovo-bukových a bukových porastov. Vplyv ťažbových zásahov na produkciu biomasy druhu *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink skúmal MIHÁL (1995, 1996) a vplyv teploty pôdy a zrážok na produkciu biomasy makromycét v poraste jedľovej bučiny skúmali JANÍK, MIHÁL (2007).

Výskumu dynamiky produkcie biomasy makromycét v rôznych typoch lesných porastov sa venujú mykológovia aj v zahraničí. Napr. druhovú diverzitu a produkciu biomasy makromycét v 100-ročných smrekových porastoch v južnom Švédsku skúmali DAHLBERG et al. (1997), ktorí zistili, že 32 % z celkového množstva biomasy makro-

mycét bolo vytvorených druhmi *Hygrophorus olivaceoalbus* a šiestimi druhmi z rodu *Cortinarius*. Dynamiku tvorby ektomykoríz a vplyv ťažkých kovov na produkciu biomasy plodníc makromycét v borovicových porastoch v strednom Poľsku uvádzajú RUDAWSKA et al. (2011). Modelovaniu optimálnej produkcie a zberu jedlých húb v podmienkach borovicových porastov v centrálnych Pyrenejach sa venovali BONET et al. (2008). MARTÍN-PINTO et al. (2006) študovali dopady lesných požiarov na druhovú diverzitu a produktivitu makromycét v mediteránnych lesoch Španielska. Pozitívny efekt zapojeného porastu na abundanciu (t.j. aj na produkciu biomasy plodníc makromycét) už v minulosti pozorovali napr. JANSEN, DE NIE (1988) alebo GÁPER, LIZOŇ (1995). Naproti tomu, pokles abundancie, nízku biomasu plodníc a zmeny v sukcesii druhov makromycét v porastoch po ťažbových zásahoch uvádzajú OHENOJA (1988) a WÄSTERLUND, INGELÖG (1981). V súvislosti s negatívnym vplyvom ťažieb v lesných porastoch na abundanciu a produkciu biomasy makromycét treba pripomenúť, že vo vhodne situovaných, i keď umelo vysadených lesných porastoch, môžeme v určitom ich sukcesnom štádiu očakávať vyššie hodnoty produkcie biomasy ako v porovnateľných prirodzených lesoch. Dokumentujú to LAGANA et al. (2002), ktorí v jedľovo-bukových porastoch založených na bývalej poľnohospodárskej pôde zistili nárast biomasy plodníc makromycét v porovnaní s pôvodnými jedľovo-bukovými porastmi. Pomerne vysoké hodnoty produkcie ektomykorízne makromycéty dosahujú aj v monokultúrnych porastoch, o čom z minulosti svedčia pozorovania VOGTA et al. (1981), ktorí v poraste *Abies amabilis* zistili produkciu ektomykoríz od 1320 do 1570 kg.ha⁻¹.rok⁻¹, pričom sa na tomto množstve až 30% podieľali dominantné ektomykorízne druhy *Russula aeruginea* a *Russula xerampelina*.

Treba dodať, že problematika hodnotenia biomasy epigeických sporokarpov je zložitá nielen z metodologického hľadiska, ale aj z hľadiska vplyvu a dynamiky množstva ekologicko-klimatických faktorov, ktoré mykoflóru ovplyvňujú. Napr. GÁPER (1992) opisuje problémy súvisiace s metódami presného stanovenia biomasy ektomykoríznych makromycétov z hľadiska stanovenia biomasy mycélia, perzistencie a frekvencie výskytu plodníc v lesných porastoch. Podobne HOLEC (1994) študoval abundanciu plodníc a produkciu biomasy, pričom dospel k záveru, že absencia plodníc v niekoľkých rokoch nie je spoľahlivým ukazovateľom absence mycélia v pôde. Biologická aktivita druhu je tiež ovplyvnená hrúbkou vrstvy hrabanky a formou humusu. Na druhej strane biologická aktivita nemusí byť nevyhnutne spojená s abundanciou plodníc makromycét. Problematiku hodnotenia produkcie biomasy makromycét skúmali aj ΤÓΤΗ, FEEST (2007), ktorí sa pokúsili biomasu plodníc odhadnúť pomocou hodnôt abundancie plodníc a indexu priemernej plochy klobúkov hodnotených druhov klobúkatých makromycét.

Cieľom tejto práce je opísať dynamiku produkcie biomasy makromycét smrekových monokultúr, rastúcich na bývalej nelesnej pôde, v závislosti od veku skúmaných porastov a vybraných abiotických faktorov.

MATERIÁL A METODIKA

Charakteristika územia

Produkcia biomasy plodníc epigeických makromycét bola skúmaná v prevažne smrekových monokultúrach, na lokalite Vrchdobroč, v západnej časti Slovenského rudohoria, vo Veporských vrchoch. Toto územie je obhospodarované lesmi Slovenskej republiky (Odštepňý závod Kriváň, Lesná správa Divín). Skúmaná lokalita sa nachádza v nadmorskej výške od 740 do 917 m n. m. Geologické podložie tvoria granodiority kryštalinika, prevažujúcich pôdnym typom je kambizem (piesčito-hlinitá pôda). Priemerná ročná teplota vo vegetačnom ob-

dobí v rokoch 2016–2018 bola +14,32 °C a priemerné zrážky boli 492 mm (podľa SHMÚ 2019 – meteorologická stanica Detviarska Huta). Na jednotlivých trvalých výskumných plochách (TVP) sa v bylinnom podraze ojedinele vyskytovali byliny: *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Carex sylvatica* Huds., *Fragaria vesca* L., *Geranium robertianum* L., *Rubus hirtus* Waldst. et Kit. (agg.), *R. idaeus* L., *Senecio umbrosus* Waldst. et Kit., *Urtica dioica* L.

Smrekové monokultúry na lokalite Vrchdobroč boli založené v posledných desaťročiach minulého storočia na bývalej poľnohospodárskej pôde, ktorá bola vládny rozhodnutím v roku 1960 vymedzená 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 mala byť do roku 1980 plocha lesov 7648 ha zvýšená na 15 738 ha vymedzených plôch. Z hľadiska dlhodobého zalesňovania bývalej poľnohospodárskej pôdy je dôležité zdôrazniť, že štruktúra týchto lesných komplexov sa začala rýchlo meniť pôsobením abiotických škodlivých činiteľov (sneh, vietor). Vetrová a snehová kalamita v zime 1993/1994 do značnej miery zdemovala najmä smrekové porasty v rastovej fáze žrdkoviny až žrdoviny celoplošne v okolí najvyššej kóty a mozaikovito v nižšie položených porastoch. Po viacerých snehových a veterných kalamiach sú smrekové lesy na lokalite Vrchdobroč značne fragmentované, pričom v procese zalesňovania sa v súčasnosti uprednostňujú dreviny *Abies alba* Mill, *Fagus sylvatica* L. a *Acer pseudoplatanus* L. (podľa ŠTEFANČÍK, KAMENSKÝ 2009 a LUPTÁKOVÁ, MIHÁL 2018).

Metodika výskumu

Mykologické údaje (druhové bohatstvo a abundancia plodníc) epigeických makromycét sa zaznamenávali od júna do októbra, v rokoch 2016–2018. Dáta z náhodne vybraných trvalých výskumných plôch TVP A (A1-A3), B (B1-B3), C (C1-C3), z každej čiastkovej plochy o výmere 416,16 m² boli získavané raz za mesiac (cf. LUPTÁKOVÁ, MIHÁL 2018). Vybrané základné charakteristiky pre opis plôch uvádzame v tab. 1.

Produkcia biomasy plodníc vybraných druhov v čerstvom stave (vyjadrená v kg.ha⁻¹) bola vypočítaná pomocou hodnoty priemernej hmotnosti jednej plodnice daného druhu. Počas mykologického výskumu smrekových porastov v minulosti ale i v súčasnosti (kdekoľvek na Slovensku) sme priebežne odoberali v priemere 5 až 25 plodníc cieľových druhov makromycét v rôznych štádiách rastu. Tieto boli odvážené v čerstvom stave a bola vypočítaná priemerná hmotnosť jednej plodnice, ktorou bola násobená celková abundancia plodníc daného produkčne hodnoteného druhu. V niekoľkých prípadoch, u vzácných nachádzaných alebo vzácných rastúcich druhov sme boli nútení na vzorku priemernej plodnice použiť napr. iba jednu alebo dve plodnice. Taktiež treba zdôrazniť, že v prípade druhov makromycét, ktoré majú polorozliate, rozliate alebo kríčkované plodnice (napr. huby rodov *Trametes*, *Trichaptum*, *Calocera*, *Ramaria* a iné) sme produkciu biomasy sporokarpov nestanovovali kvôli problému presného odčítania počtosti plodníc. Podrobnejší opis metodického postupu uvádzajú napr. MIHÁL (1995), MIHÁL, GÁPER (1995).

V teréne priamo neurčené druhy boli odobraté a determinované v laboratóriu podľa determinačnej literatúry od autorov MOSER (1963, 1983), ČERVENKA et al. (1972), VESELÝ et al. (1972), JÜLICH (1984), BREITENBACH, KRÄNZLIN (1984, 2000), HANSEN, KNUDSEN (1992, 2000), KEIZER (1998), HAGARA et al. (1999), PAPOUŠEK (2004), MIKŠÍK, KUNCA (2015), HAGARA (2014) a iných zdrojov. Pri determinácii bol použitý aj porovnávací materiál z herbárovej zbierky autorov z Ústavu ekológie lesa SAV vo Zvolene. Druhy, ktoré pred tým neboli na lokalite Vrchdobroč zaznamenané, boli herbarizované a uložené v herbárových položkách na ÚEL SAV vo Zvolene. Vedecká nomenklatúra a autorské

skratky determinovaných druhov makromycét sú vo väčšine prípadov prevzaté z databázy Index fungorum (<http://www.indexfungorum.org>). Hodnoty priemernej teploty a zrážok, ktoré sme pri výpočtoch brali v úvahu 3 týždne pred danou exkurziou (nakolko hodnoty po danom dátume exkurzie už boli použité pri výpočtoch prislúchajúcich k nasledujúcemu dátumu exkurzie), boli získané zo Slovenského meteorologického ústavu (SHMÚ – meteorologická stanica Detvianska Huta). Možno spomenúť, že meteorologická stanica sa nachádza v intraviláne obce Detvianska Huta, vo výške 825 m n. m., a od našich TVP je vzdialená 4,5 km vzdušnou vzdialenosťou.

Na každej TVP sme v roku 2017 uskutočnili odber vzoriek pôdy z vrchných pôdných horizontov na stanovenie pedobiologických a pedochemických charakteristík. Na jednotlivých TVP boli odobraté vzorky pôdy na meranie pH pôdy, čo bolo uskutočnené potenciometrickou metódou v roztoku H₂O a KCl, pričom chemické analýzy obsahov biogénnych prvkov (C, Ca, N) boli urobené použitím atómovej emisnej spektroskopie s indukčne viazanou plazmou (AES-ICP) a elementárnou analýzou s tepelnovodivnostnou detekciou (EA-TCD) v certifikovanom laboratóriu v Národnom lešníckom centre vo Zvolene, 2017.

Štatistická analýza

Štatistickú analýzu sme uskutočnili pomocou štatistického programu STATISTICA 12 (StatSoft, USA) a programu R (R Core Team 2016) s použitím balíkov boot (CANTY, RIPLAY 2016), vegan (OKSANEN et al. 2017). Pri štatistickom spracovávaní dát o produkciách biomasy boli makromycéty rozdelené do troch skupín (podľa ekotrofizmu) na ekotomycorizné, lignikolné (parazity, saprotrofy) a terestrické saprotrofné makromycéty. Uvedené skupiny makromycét boli samostatne štatisticky analyzované. Na testovanie vplyvu lokality a sezóny na produkciu

biomasy makromycét vybraných druhov sme použili LM (lineárny model). Testy sa uskutočňovali s použitím metódy PIT-trap prevzorkovania (WARTON et al. 2017) s bootstraps (9999), kde pravdepodobnosť integrálnych zvyškov transformácie poskytuje najspolahlivejšie miery chybovosti I. typu. Výsledky dvojcestnej ANOVY sú graficky zobrazené použitím stĺpcových grafov. Vplyv biogénnych prvkov na produkciu biomasy plodníc bol hodnotený pomocou viacnásobnej regresie (PEKÁR, BRABEC 2009). Pomocou nelineárneho odhadu s exponenciálnou funkciou $y = A_0 \cdot x^{a_2} \cdot e^{-a_1 x}$ sme vyjadrili priemernú hodnotu zrážok a teplôt (GUBO 2016). Kvantifikovali sme závislosť medzi biomasou a teplotou, biomasou a zrážkami použitím Spearmanovho korelačného koeficientu (LEPŠ, ŠMILAUER 2016). Odhadované hodnoty boli použité pre ekotomycorizné a terestrické saprotrofné makromycéty spolu. Vypočítané hodnoty biomasy plodníc počas sezóny (mesiacov a rokov) sme zobrazili pomocou krabicových grafov Box & Whisker Plots.

VÝSLEDKY

V tabuľke 2 uvádzame zoznam 15 druhov makromycét s najvyššou produkciou biomasy na každej TVP počas celej doby výskumu, s uvedením ich ekotrofného zaradenia. Uvedených 15 druhov na TVP A tvorilo 22 % zo všetkých produkčne hodnotených druhov na TVP A, podobne 15 druhov na TVP B tvorilo 20,5 % zo všetkých produkčne hodnotených druhov na TVP B a na TVP C to bolo celkovo 18 % produkčne hodnotených druhov z TVP C.

Najvyššie hodnoty produkcie spomedzi uvedených druhov mali huby *Lactarius rufus* (906,14 kg.ha⁻¹ čerstvej hmotnosti plodníc), *Hypholoma fasciculare* (506,38), *Amanita rubescens* (210,33), *Rhodocollybia butyracea* (174,86), *Cortinarius brunneus* (132,54 kg.ha⁻¹). Z tabuľky 3

Tab. 1.

Základné charakteristiky mykologických trvalých výskumných plôch (TVP) v lesnom poraste na lokalite Vrchdobroč
Basic characteristics of mycological permanent research plots (PRP) in forest stands at the Vrchdobroč Hill locality

TVP/PRP	Nadmorská výška (m) ¹	Lokalizácia ²	Dominantná drevina ³	Vek porastu ⁴	Rastová fáza ⁵	Exp. ⁶	pH (H ₂ O)
A1	870	48° 32' 00.5" N 19° 34' 44.9" E	<i>Picea abies</i> 72.61%	24	žrd'kovina ⁷	JZ	4,51
A2	890	48° 32' 02.4" N 19° 34' 46.4" E	<i>Picea abies</i> 55.3%	24	žrd'kovina	JZ	4,59
A3	830	48° 31' 52.0" N 19° 33' 45.3" E	<i>Picea abies</i> 100%	24	žrd'kovina	V	4,58
B1	850	48° 31' 58.3" N 19° 34' 31.9" E	<i>Picea abies</i> 100%	34	žrd'kovina	V	4,50
B2	820	48° 31' 46.0" N 19° 34' 06.0" E	<i>Picea abies</i> 99.1%	34	žrd'kovina	JZ	4,35
B3	830	48° 31' 48.3" N 19° 34' 09.7" E	<i>Picea abies</i> 99,1%	34	žrd'kovina	JZ	4,46
C1	820	48° 31' 42.9" N 19° 34' 16.1" E	<i>Picea abies</i> 100%	54	kmeňovina ⁸	J	4,75
C2	800	48° 31' 33.6" N 19° 34' 05.8" E	<i>Picea abies</i> 96.72%	54	kmeňovina	V	4,51
C3	825	48° 31' 38.3" N 19° 33' 50.4" E	<i>Picea abies</i> 66%	54	kmeňovina	J	4,45

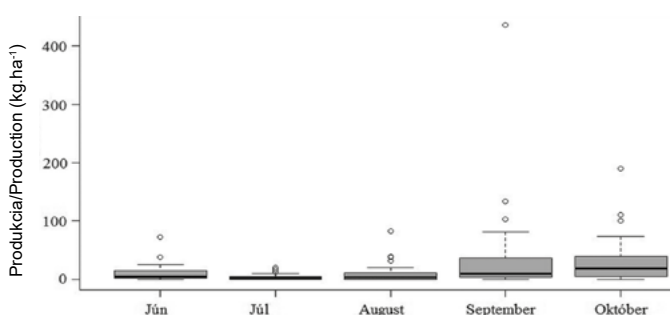
Vysvetlivky/Captions: ¹altitude, ²localisation, ³dominant trees, ⁴stand age, ⁵growing phase, ⁶expozícia/exposition (JZ – SW, V – E, J – S), ⁷pole stage stand, ⁸stem wood; Ostatné dreviny na TVP/Other tree species on PRP: A1: *Larix decidua* 26,75 %, *Populus tremula* 0,64 %, A2: *Larix decidua* 44,7 %, B2: *Populus tremula* 0,9 %, B3: *Larix decidua* 0,9 %, C2: *Abies alba* 3,28 %, C3: *Abies alba* 32 %, *Fagus sylvatica* 2 %.

vidno, že najvyššie hodnoty produkcie biomasy plodníc makromycét boli zaznamenané v najstarších porastoch na TVP C (1732,65 kg.ha⁻¹), vďaka vysokým hodnotám produkcie drevoobývajúcich saprotrofných ako aj ektomykorizných makromycét. Najmenšie hodnoty produkcie boli zistené v najmladších porastoch na TVP A (1343,8 kg.ha⁻¹), kde sa však na celkovej produkcii hojne uplatnili ektomykorizné makromycéty (až 1059,53 kg.ha⁻¹), čo bolo najviac zo všetkých TVP.

Ektomykorizné makromycéty (EM)

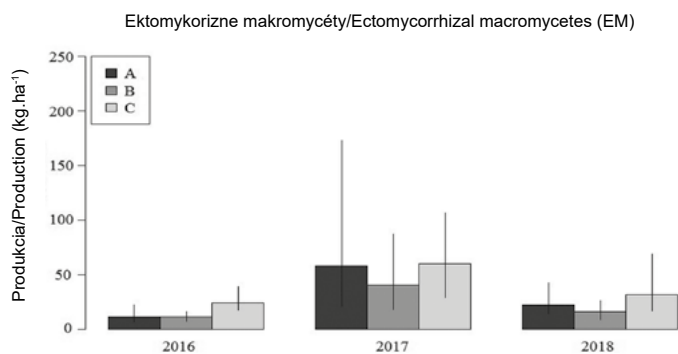
V najmladších porastoch na TVP A boli u 11 ektomykorizných druhov zaznamenané najvyššie hodnoty produkcie biomasy u druhov *Lactarius rufus* (503,97 kg.ha⁻¹), *Amanita muscaria* (197,72) a *Suillus*

grevillei (99,94). V strednovekých porastoch na TVP B sme zaznamenali 10 EM druhov s najvyššími hodnotami produkcie u *Lactarius rufus* (214,55), *Cortinarius brunneus* (100,11) a *Amanita excelsa* (62,23) a v najstarších porastoch na TVP C celkovo 9 EM druhov, napr. *Lactarius rufus* (214,55), *Amanita rubescens* (151,86) a *Imleria badia* (91,08). V tabuľke 3 uvádzame celkový počet zaznamenaných druhov makromycét na TVP A, B, C a zároveň počet druhov, ktoré boli zaradené do hodnotenia produkcie biomasy. Na TVP A sme vyhodnotili biomasu plodníc pre 68 druhov (77,27 % z celkového počtu 88 determinovaných druhov). Najvyššie hodnoty produkcie biomasy plodníc vyprodukovali ektomykorizné makromycéty (1059,53 kg.ha⁻¹). Na TVP B bola biomasu plodníc hodnotená u 73 druhov (68,87 %). Aj na tejto TVP mali EM druhy najvyššiu produkciu (761,68 kg.ha⁻¹).



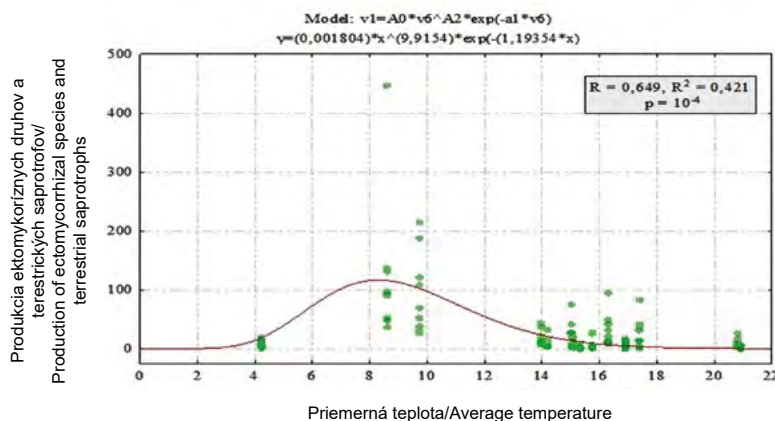
Obr. 1. Porovnanie produkcie biomasy ektomykorizných makromycét počas sezóny na lokalite Vrchdobroč za celú dobu výskumu. Obrázok prezentuje stredný, horný a dolný kvartil, minimálnu a maximálnu hodnotu, odľahlé hodnoty

Fig. 1. Comparison of biomass production of ectomycorrhizal macromycetes during season (June – October) at the Vrchdobroč locality for the whole period of investigation; median, upper and lower quartiles, minimum and maximum of values, outlying values are shown



Obr. 2. Priemerné hodnoty produkcie biomasy plodníc EM makromycét na všetkých TVP počas sezóny 2016–2018; chybové čiary označujú 95% neparametrické intervaly spoľahlivosti pre priemerné hodnoty

Fig. 2. Mean biomass production of EM macromycetes at all areas during the period of 2016–2018; error lines denote 95% non-parametric bootstrap confidence intervals for the means



Obr. 3. Odhad optimálnej priemernej teploty (3 týždne pred exkurziou) pre EM a TS makromycéty počas celej doby výskumu

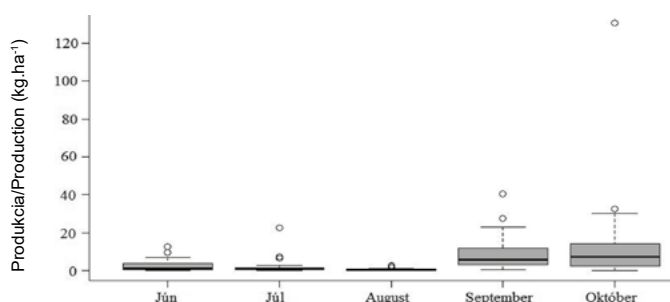
Fig. 3. The estimation of the optimal average temperature (3 weeks before the excursion) for EM and TS macromycetes during the research period

Na najstarších TVP C sme hodnotili biomasu plodníc u 84 druhov (70,59 %). Aj tu boli najvyššie produkčné pomery zaznamenané u EM makromycét (879,45 kg.ha⁻¹). Počas sezóny, podľa jednotlivých mesiacov, bola najvyššia produkcia zistená v mesiaci september a október, naopak najnižšia v júli (obr. 1). Produkcia biomasy plodníc EM druhov bola ovplyvnená sezónou v jednotlivých rokoch výskumu $F = 6,424$, $p = 0,007$ (obr. 2). Vplyv plochy na produkciu biomasy EM druhov nebol významný ($F = 0,978$, $p = 0,3987$), interakcia plocha*sezóna tiež nebola významná ($F = 0,107$, $p = 0,9871$). Z biogénnych chemických prvkov sa obsahy vápnika a dusíka v pôde, resp. ich významnosť pre produkciu biomasy plodníc, ukázali ako významné pre EM makromycéty: N ($F = 7,0325$, $p = 0,0091$) a Ca ($F = 5,3124$, $p = 0,0223$). Optimálna priemerná teplota pre najvyššie hodnoty produk-

cie biomasy plodníc bola 8,2–10 °C, pričom u zrážok to bola hodnota 8,1 mm (obr. 3). Zistili sme, že pri vhodnej priemernej teplote dokážu ektomykorizne a terestrické saprotrofné makromycéty produkovať vyššie hodnoty produkcie biomasy plodníc aj pri priemernom úhrne zrážok 1 mm. V obr. 3 zobrazujeme iba najvyššiu závislosť medzi optimálnou priemernou teplotou a produkciou biomasy plodníc. Produkcia biomasy plodníc závisela od teploty na 42,1 % a od zrážok iba na 6,3 %. Pri teplote sa na základe hodnôt koeficienta determinácie potvrdila výrazná závislosť. Opakom je nízka závislosť produkcie biomasy plodníc od zrážok.

Terestrické saprotrofy (TS)

Terestrické saprotrofné makromycéty (TS) s najvyššou produkciou biomasy plodníc, na jednotlivých výskumných plochách počas celej doby výskumu sú uvedené v tab. 2. Na TVP A boli zaznamenané štyri TS druhy s najvyššou produkciou biomasy plodníc u *Rhodocollybia butyracea* (91,30 kg.ha⁻¹), *Macrolepiota procera* (80,79) a *Clitocybe brumalis* (27,12). Na TVP B boli zistené iba tri TS druhy s najvyššou produkciou u *Rhodocollybia butyracea* (62,46), *Ampulloclitocybe clavipes* (48,85) a *Lycoperdon umbrinum* (44,50). Na TVP C iba dva TS

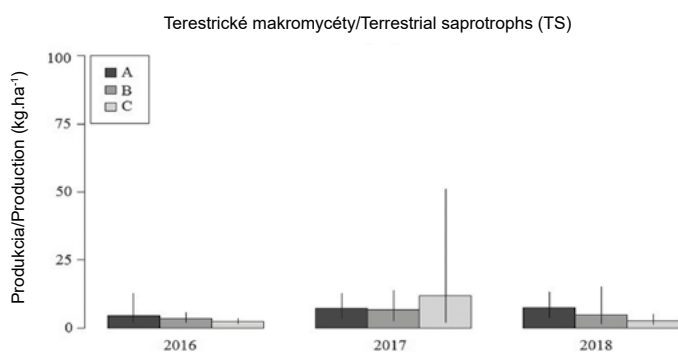


Obr. 4.

Porovnanie produkcie biomasy terestrických saprotrofných makromycét počas sezóny na lokalite Vrchdobroč počas celej doby výskumu; na obrázku sú zobrazené: median, horný a dolný kvartil, minimálna a maximálna hodnota, odľahlé hodnoty

Fig. 4.

Comparison of biomass production of terrestrial saprotrophs macromycetes (June – October) at the Vrchdobroč locality during the whole period of investigation; median, upper and lower quartiles, minimum and maximum of values, and outlying values are shown



Obr. 5.

Priemerné hodnoty produkcie biomasy plodníc TS makromycét na všetkých TVP počas sezóny 2016–2018; chybové čiary označujú 95% neparametrické intervaly spoľahlivosti pre priemerné hodnoty

Fig. 5.

Mean biomass production of TS macromycetes for all PRPs during the period of 2016–2018; error lines denote 95% non-parametric bootstrap confidence intervals for the means



Obr. 6.

Hypholoma fasciculare – jeden z najproduktívnejších druhov v lesných porastoch lokality Vrchdobroč (foto: J. Pavlíková)

Fig. 6.

Hypholoma fasciculare – one of the most productive fungal species in the forest stands of the Vrchdobroč locality (photo: J. Pavlíková)

Tab. 2.

Vybraných 15 druhov makromycét s najvyššou produkciou biomasy ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) na jednotlivých výskumných plochách počas doby výskumu
 Selected 15 macromycetes with the highest biomass production ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) on the individual permanent research plots during the period of investigation

Druhy ¹	Eko ²	TVP ³			Spolu ⁴
		A	B	C	
<i>Agaricus sylvaticus</i> Schaeff.	TS	23,77			23,77
<i>Amanita excelsa</i> (Fr.) Bertill.	EM		62,23		62,23
<i>A. muscaria</i> (L.) Lam.	EM	197,72	29,28		227,0
<i>A. rubescens</i> Pers.	EM		58,47	151,86	210,33
<i>Ampulloclitocybe clavipes</i> (Pers.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys	TS		48,85		48,85
<i>Boletus edulis</i> Bull.	EM	40,69	55,42		96,11
<i>B. piceinus</i> (Pilát & Dermek) Hlaváček	EM		42,39		42,39
<i>B. subtomentosus</i> L.	EM	32,6		37,47	70,07
<i>Clitocybe brumalis</i> (Fr.) Quél.	TS	27,12			27,12
<i>Clitopilus prunulus</i> (Scop.) P. Kumm	EM	19,01			19,01
<i>Cortinarius brunneus</i> (Pers.) Fr.	EM		100,11	32,43	132,54
<i>C. varius</i> (Schaeff.) Fr.	EM	15,98			15,98
<i>Gomphidius glutinosus</i> (Schaeff.) Fr.	EM	22,11	59,28	19,77	101,16
<i>Hebeloma mesophaeum</i> (Pers.) Quél.	EM	14,36	22,75		37,11
<i>Hygrophorus pustulatus</i> (Pers.) Fr.	EM		14,48	46,16	60,64
<i>Hypholoma fasciculare</i> (Huds.) P. Kumm.	DOM		15,49	490,89	506,38
<i>H. lateritium</i> (Schaeff.) P. Kumm.	DOM			33,37	33,37
<i>Imleria badia</i> (Fr.) Vizzini	EM	12,59		91,08	103,67
<i>Inocybe lacera</i> (Fr.) P. Kumm.	EM			26,51	26,51
<i>Laccaria laccata</i> agg.	EM	13,92			13,92
<i>Lactarius rufus</i> (Scop.) Fr.	EM	503,97	187,62	214,55	906,14
<i>Lycoperdon umbrinum</i> Pers.	TS		44,5	24,91	69,41
<i>Macrolepiota procera</i> (Scop.) Singer	TS	80,79			80,79
<i>Otidea leporina</i> (Batsch) Fuckel	TS			11,14	11,14
<i>Rhodocollybia butyracea</i> (Bull.) Lennox	TS	91,3	62,46	21,1	174,86
<i>Suillus grevillei</i> (Klotzsch) Singer	EM	99,94			99,94
<i>Tricholoma portentosum</i> (Fr.) Quél.	EM			55,2	55,2
<i>Tricholomopsis rutilans</i> (Schaeff.) Singer	DOM		22,5	23,56	46,06
Spolu ⁴		1195,87	825,83	1280,0	3301,7

Vysvetlivky/Captions: ¹species, ²ekotrofia/ecotrophy, ³TVP – trvalá výskumná plocha/PRP – permanent research plot, ⁴total, EM – ektomykorizné makromycéty/ectomycorrhizal macromycetes, TS – terestrické saprotrofné makromycéty/terrestrial saprotrophs, DOM – drevoobývajúce saprotrofné makromycéty/wood-inhabiting saprotrophic macromycetes

Tab. 3.

Celkový počet druhov (Σ), počet druhov na vyhodnotenie produkcie biomasy (ΣP) a hodnoty biomasy na jednotlivých výskumných plochách podľa ekotrofických skupín ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) počas doby výskumu

Total number of species (Σ), number of species for production evaluation (ΣP) and biomass production values in the individual research plots within the ecotrophic groups ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) during investigated period

Plocha ¹	Σ	Produkcia ²		WP	WS	TS	EM	Spolu ³
		ΣP	%					
A	88	68	77,27	0,0	4,25	280,02	1059,53	1343,8
B	106	73	68,87	0,86	43,71	221,84	761,88	1028,29
C	119	84	70,59	0,0	602,02	251,18	879,45	1732,65
Total	145	106	73,10	0,86	649,98	753,04	2700,86	4104,74

Vysvetlivky/Captions: ¹plot, ²production, ³total, WP – wood-inhabiting parasites, WS – wood-inhabiting saprotrophs, TS – terrestrial saprotrophs, EM – ectomycorrhizal symbionts

druhy s produkciou u *Lycoperdon umbrinum* (24,91) a *Rhodocollybia butyracea* (21,10). Najvyššia produkcia biomasy plodníc pre TS druhy bola zistená na TVP A (280,02) a najnižšia na TVP B (221,84 kg.ha⁻¹) (tab. 3). Počas sezóny bola najvyššia produkcia v mesiaci september a október, a naopak najnižšia v júli a auguste (obr. 4). Produkcia biomasy plodníc u TS druhov nebola ovplyvnená sezónou v jednotlivých rokoch, $F = 1,7786$, $p = 0,1450$ (obr. 5). Vplyv plochy na produkciu biomasy TS druhov nebol významný ($F = 0,1381$, $p = 0,944$), ani interakcia plochy*sezóny nebola štatisticky významná ($F = 0,5895$, $p = 0,766$). Obsahy vápnika v pôde, resp. významnosť vápnika pre produkciu biomasy plodníc TS húb sa ukázali ako významné ($F = 3,9833$, $p = 0,0482$). Optimálna priemerná teplota pre najvyššie produkčné hodnoty biomasy plodníc pre TS druhy je podobná ako u EM makromycét (obr. 3).

Drevoobývajúce makromycéty (DOM)

V tab. 2 sa medzi skupinu 15 najproduktívnejších druhov makromycét dostali iba tri drevoobývajúce druhy húb. Na TVP B boli zistené druhy *Hypholoma fasciculare* (15,49) a *Tricholomopsis rutilans* (22,5 kg.h⁻¹), pričom na TVP C k týmto hubám pribudol druh *Hypholoma lateritium* (33,37 kg.ha⁻¹). Najvyššia hodnota biomasy plodníc u DOM makromycétov bola zistená u *H. fasciculare* (490,89 kg.ha⁻¹) – obr. 6. Zároveň najvyššia hodnota produkcie biomasy DOM makromycétov bola zistená na TVP C (602,02 kg.ha⁻¹) a najnižšia na TVP A (4,25 kg.ha⁻¹) (tab. 3). Na TVP B sme zaznamenali ojedinelý výskyt druhu *Armillaria ostoyae*, ktorý tu ako lignikolný parazit vyprodukoval 0,86 kg.ha⁻¹ čerstvej biomasy plodníc. Pre produkciu biomasy DOM druhov, ktoré vlhkosť a živiny čerpajú z pomerne stabilného dreveného substrátu, nie sú sezónne výkyvy v teplote a zrážkach až tak dôležité, ako u EM a TS druhov, preto sme pre túto skupinu makromycét neodhadovali priemernú teplotu ani zrážky. Produkcia biomasy plodníc nebola ovplyvnená sezónou, $F = 0,216$, $p = 0,655$ (obr. 7). Najvýznamnejší na produkciu biomasy bol vplyv plochy ($F = 5,814$, $p = 0,0002$). Interakcia medzi sezónou a plochou nebola významná ($F = 0,243$, $p = 0,7973$). Potvrdila sa hypotéza, že produkcia biomasy DOM druhov sa bude zvyšovať od vekovo najmladších po vekovo najstaršie porasty. Táto skupina húb nachádza najvhodnejšie podmienky najmä v najstarších porastoch na TVP C, kde bol dostatok dreveného substrátu. Z biogénnych prvkov mali významné vplyvy hodnoty pH ($F = 26,959$, $p = 0,0002$) a chemické prvky C ($F = 5,020$, $p = 0,0447$), N ($F = 32,094$, $p = 0,0001$) a Ca ($F = 0,243$, $p = 3,696e-05$).

DISKUSIA

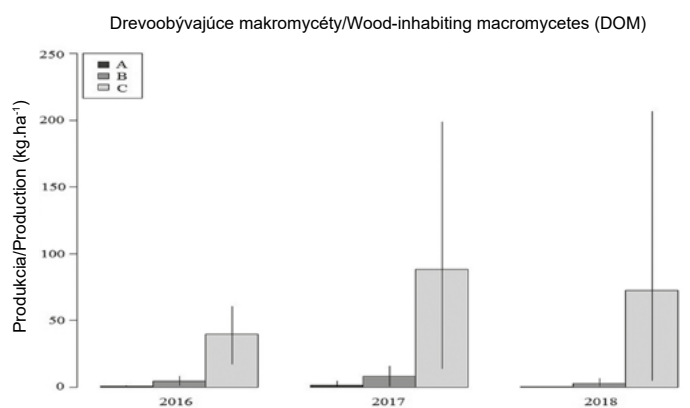
Pri mykocenologickom výskume je jedným z ukazovateľov, ktorými sa daná mykocenóza opisuje, aj dynamika produkcie biomasy sporokarpov hodnotených makromycét. Táto súvisí tak s druhovou bohatosťou fruktifikujúcich druhov ako aj s ich abundanciou plodníc. Stanovenie mykoprodukčných pomerov mykocenóz má špecifické metodologické postupy, ktoré súvisia s fruktifikáciou mycélia, perzistenie a frekvencie výskytu plodníc, stanovením hmotností priemernej plodnice atď., ako ich opisujú napr. GÁPER (1992), HOLEC (1994), TÓTH, FEEST (2007) a iní.

Poznatky o produkcii biomasy plodníc makromycét môžu mať veľký význam pri modelovaní optimálnej produkcie a zberu jedlých húb, čomu sa napr. v podmienkach borovicových porastov v centrálnych Pyrenejach venovali BONET et al. (2008). Autori zistili, že sledované porasty môžu produkovať od 57 do 283,4 kg.ha⁻¹ biomasy plodníc jedlých húb, z čoho vyprodukovali komerčne využívané huby 153,4 kg.ha⁻¹. Jedlé a komerčne využívané druhy rodu *Lactarius* vyprodukovali 104,5 kg.ha⁻¹ biomasy plodníc. V našich podmienkach

sme u druhu *Lactarius rufus* zistili najvyššiu biomasu plodníc za celú dobu výskumu (906,14 kg.ha⁻¹).

Z našich výsledkov (tab. 3) vyplýva, že sme v poraste lokality Vrchdobroč zistili iba ojedinelý výskyt nebezpečnej parazitickej huby smrekových monokultúr *Armillaria ostoyae*, ktorá vyprodukovala iba 0,86 kg.ha⁻¹ čerstvej biomasy plodníc. Táto hodnota je neporovnateľná so staršími údajmi z jedľovo-bukových porastov v rokoch 1991 až 1994, z ktorých MIHÁL (1995, 1996) uvádza hodnoty biomasy plodníc *A. ostoyae* od 65,3 do 143,7 kg.ha⁻¹. Avšak mimo výmery našich TVP (kde sme produkciu biomasy nehodnotili) sa *A. ostoyae* v porastoch na lokalite Vrchdobroč vyskytuje oveľa častejšie, čo môže v budúcnosti znamenať problém s jej fytopatologickým tlakom na staršie smrekové porasty. Napr. v rokoch 1998 a 1999 sme v poraste vtedajšej mykologickej TVP zistili výskyt spolu 69 plodníc *A. ostoyae*. Výskyt *A. ostoyae* v porastoch lokality Vrchdobroč by nebol až taký neočakávaný, nakoľko z hľadiska pôdnej humifikácie na tejto lokalite prevláda mullový moder, na ktorom podľa MÁLEKA (1967) a RISBETHA (1982) podpornka môže prechádzať zo saprotrofného na parazitický spôsob výživy.

Veková štruktúra porastov na našich TVP má vplyv aj na celkovú produkciu biomasy plodníc makromycétov. Predpokladali sme, že na najmladších plochách na TVP A s najvyšším clonením a s relatívne menšou priepustnosťou podkorunových zrážok zaznamenáme nižšie hodnoty biomasy plodníc, a naopak na najstarších plochách na TVP C s nižším clonením a vyššou priepustnosťou zrážok zistíme vyššie hodnoty biomasy, čo sa nám aj potvrdilo (1343,8 na TVP A, oproti 1732,65 kg.ha⁻¹ na TVP C – tab. 2). Podobnú problematiku sledovali aj JANÍK, MIHÁL (2007), ktorí opisujú dynamiku produkcie nadzemnej biomasy bylín a plodníc terestrických húb v bukovom poraste, na výskumných plochách s odstupňovaným zakmenením (od holiny po zakmenenie 0,9). Zistilo sa, že biomasa bylín klesá od holiny po kontrolu so zakmenením 0,9 (od 3,5 na holine do 0,2 t.ha⁻¹ na kontrole), pričom pri hubách sa zaznamenal opačný trend (od 7,2 na holine po 42,6 kg.ha⁻¹ na kontrole – t.j. opačný trend ako na lokalite Vrchdobroč). Ako hlavné faktory vplývajúce na dynamiku produkcie biomasy



Obr. 7.

Priemerné hodnoty produkcie biomasy plodníc drevoobývajúcích makromycétov (DOM) na všetkých TVP počas sezóny 2016–2018; chybové čiary označujú 95% neparametrické intervaly spoľahlivosti pre priemerné hodnoty

Fig. 7.

Mean biomass production of wood-inhabiting (DOM) macromycetes at all PRPs during the period of 2016–2018; error lines denote 95% non-parametric bootstrap confidence intervals for the means

bylín a húb sú uvedené stupeň zakmenenia, stupeň clonenia a množstvo podkorunových zrások.

Priamo v porastoch lokality Vrchdobroč skúmal MIHÁL (2002) v rokoch 1993 a 1994 produkčné pomery makromycét. Zistil, že najvyššia produkcia biomasy plodníc bola zistená v 18-ročnom poraste ($433,51 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) a najnižšia v 35-ročnom poraste ($2,41 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Produkcia EM húb bola nepriaznivo ovplyvnená mikroklimatickými podmienkami v dôsledku veterných a snehových kalamít, najmä v 35-ročných porastoch. Naproti tomu, najvyššia produkcia TS makromycét bola zistená v 31-ročnom poraste ($74,39 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) a najnižšia v najmladšom 7-ročnom poraste ($3,34 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

V jedľovo-bukových porastoch na strednom Slovensku sa LUPTÁKOVÁ et al. (2018) venovali štúdiu produkcie biomasy makromycétov v porastoch rôzneho veku. Zistili, že 28-ročný prebierkový porast vyprodukoval $227,52 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ biomasy plodníc EM húb a (vďaka dostatku mŕtveho dreveného substrátu) až $395,71 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ biomasy DOM húb. V kontrolnom 115-ročnom poraste zaznamenali $386,55 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ biomasy EM húb a iba $142,34 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ DOM húb. V našom prípade na lokalite Vrchdobroč v produkcii biomasy EM huby dominovali v najmladších porastoch TVP A ($1059,53$) a DOM huby v najstarších porastoch TVP C ($602,02 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) biomasy plodníc.

Sukcesné štádiá lesa, ktorý rastie na bývalých nelesných alebo opustených pôdach, sú v závislosti od svojho veku charakterizované rôznym druhovým spektrom makromycét, čo sa odráža aj na dynamike produkcie biomasy plodníc. Napr. podľa KAEUCKEJ (2009) v prevažne borovicových sekundárnych porastoch na opustených pôdach Bieloviežskeho pralesa v Poľsku dosahovali najvyššiu produkciu plodníc makromycéty rodov *Amanita*, *Cortinarius*, *Inocybe*, *Laccaria*, *Russula*, *Suillus* a *Tricholoma*. Podiel týchto druhov na celkovej ročnej produkcii presahoval 90 % v pôvodných spoločenstvách a stále dosahoval 75 % v borovicovom lese. V ranných fázach sukcesie mal vysokú produkciu rod *Amanita* (hlavne *A. muscaria*), rod *Inocybe* vykazuje preferencie pred pôvodnými spoločenstvami, zatiaľ čo *Suillus* a *Laccaria* sú typické pre otvorenú vegetáciu. V sukcesne pokročilom štádiu sa významnými zástupcami stávajú druhy rodu *Tricholoma*. Aj v našich porastoch sa v produkcii v mladších porastoch na TVP A a B ako dominantné objavovali rody *Amanita*, *Cortinarius*, *Laccaria*, *Suillus* a v najstarších porastoch druhu rodu *Tricholoma*.

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 80-ročných porastoch) zistili spolu výskyt 75 druhov makromycét, z čoho bolo 40 EM druhov. Autori konštatujú, že s vekom porastov sa zvyšovala aj početnosť EM 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 (napr. *Amanita muscaria* $197,72$ na TVP A, *Cortinarius brunneus* $100,11$ na TVP B, *Imleria (Xerocomus) badia* $91,08 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na TVP C). 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, kde dosahovali aj vyššie hodnoty produkcie biomasy (napr. *H. pustulatus* $46,16 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na TVP C).

V našom výskume sme sa venovali aj možnému vplyvu obsahov chemických prvkov v pôde na výskumných plochách lokality Vrchdobroč na abundanciu a produkciu biomasy plodníc makromycét. Hodnoty prístupných živín a chemických prvkov v nadložnom humuse z 51-ročných smrekových porastov na lokalite Vrchdobroč (cf. LUPTÁKOVÁ, MIHÁL 2018) sme porovnávali s podobnými údajmi, ktoré z 57-ročných smrekových porastov na bývalých poľnohospodárskych pôdach v Českej republike uvádzajú HATLAPATKOVÁ, PODRÁZSKÝ (2011). Možno konštatovať, že hodnoty pH ako aj obsahu P a K boli

na lokalite Vrchdobroč vyššie, pričom hodnoty obsahu humusu a N boli na Vrchdobroči nižšie, aké uvádzajú HATLAPATKOVÁ, PODRÁZSKÝ (2011) z Českej republiky. V súvislosti s tým môžeme uviesť, že v prípade EM makromycét na lokalite Vrchdobroč sme zistili štatistickú závislosť medzi produkciou biomasy plodníc a obsahmi chemických prvkov N ($F = 7,0325$, $p = 0,0091$) a Ca ($F = 5,3124$, $p = 0,0223$). U produkcie biomasy TS makromycét sa ukázal ako signifikantný obsah Ca ($F = 3,9833$, $p = 0,0482$) a v prípade DOM makromycét to boli hodnoty pH ($F = 26,959$, $p = 0,0002$) a chemické prvky C ($F = 5,020$, $p = 0,0447$), N ($F = 32,094$, $p = 0,0001$) a Ca ($F = 0,243$, $p = 3,696e-05$). Zdá sa, že uvedené obsahy chemických prvkov môžu podporovať proces fruktifikácie epigeických sporokarpov a takto napomáhať aj vyšším hodnotám produkcie biomasy makromycét. Podobné štúdie o vplyve chemických prvkov na ektomykorízy uvádzajú napr. NEHLS, PLASSARD (2018), ktorí študovali dynamiku metabolizmu ektomykorízy, pričom zdôrazňujú veľkú úlohu dusíka, ktorý vo forme iónov amoniaku čerpajú rastliny z húb cez mykorhizačné hýfy. Podobne PETER et al. (2001) zistili, že diverzita a produkcia sporokarpov ektomykorízneho spoločenstva makromycét sa drasticky znížila po prvom roku pridávania dusíka do smrekového lesného porastu, zatiaľ čo spoločenstvo saprotrofných makromycétov týmto nebolo ovplyvnené. KÖHLER et al. (2018) skúmali dôsledky sucha a zmeny v absorpcii dusíka (N) a fosforu (P) bukovými sadenicami pomocou EM húb. Ukázalo sa, že pri simulovanom zvýšení teploty a depozície N a znížení pôdnej vlhkosti bola a diverzita EM húb hlavným faktorom prispievajúcim k fungovaniu koreňov v rámci uvedených simulácií. Autori konštatujú, že zvyšujúce sa letné suchá môžu znižovať diverzitu EM húb a príjem P, čo vedie k spomaleniu rastu symbiotickej dreviny. V súvislosti s vplyvom sucha môžeme spomenúť, že z našich výsledkov vyplýva, že produkcia biomasy EM makromycét závisela od teploty na 42,1 % a od zrások iba na 6,3 %. Pri teplote sa na základe hodnôt koeficienta determinácie potvrdila výrazná závislosť. Zaujímavosťou je však nízka závislosť produkcie biomasy plodníc od zrások, čo sa ukázalo ako štatisticky nepreukazné.

ZÁVER

Autori prezentujú dynamiku hodnôt produkcie biomasy makromycét vo vzťahu k rozdielnemu veku smrekových monokultúr na bývalej poľnohospodárskej pôde (Západné Karpaty). Celkom 145 makromycét bolo hodnotených z hľadiska čerstvej hmotnosti biomasy sporokarpov (v $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Najvyššie produkčné pomery biomasy sporokarpov boli získané v 54-ročných porastoch ($1732,65 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) a najnižšia biomasa bola zaznamenaná v 34-ročných porastoch ($1028,24 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Ektomykorízne makromycéty (EM) boli produkčne najvýznamnejšou ekotrofickou skupinou, ktorá spolu vyprodukovala $2700,86 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ biomasy sporokarpov s vysokými hodnotami v najmladšom 24-ročnom poraste ($1059,53 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Druhy *Lactarius rufus* ($906,14$) a *Amanita muscaria* ($227,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) mali najvyššiu produkciu biomasy z EM makromycét, *Rhodocollybia butyracea* ($174,86$) a *Macrolepiota procera* ($80,79 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) z terestrických saprotrofných (TS) makromycét a *Hypholoma fasciculare* ($506,38$) a *Tricholomopsis rutilans* ($46,06 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) z drevo obývajúcich (DOM) makromycét. Ukázalo sa, že účinok sezóny je štatisticky významný pri produkcii druhov EM ($F = 6,242$, $p < 0,01$). Druhy obývajúce drevo boli ovplyvnené vekom porastov ($F = 5,814$, $p < 0,001$). Sezóny, vek porastov a ich vzájomné pôsobenie neboli štatisticky významné pre TS makromycéty. Podmienkou optimálnej produkcie biomasy EM a TS druhov bola priemerná nočná teplota $8,2-10 \text{ }^\circ\text{C}$, pričom vzťah medzi produkciou a teplotou má hodnotu 42,1 %. Potvrdila sa hypotéza, že produkcia biomasy DOM druhov sa bude zvyšovať od vekovo najmladších po vekovo najstaršie porasty. Táto skupina húb nachádza najvhodnejšie

podmienky najmä v najstarších porastoch, kde bol dostatok dreveného substrátu. Z biogénnych chemických prvkov sa obsahy vápnika (Ca) a dusíka (N) v pôde, resp. ich významnosť pre produkciu biomasy plodníc, ukázali ako signifikantné pre EM makromycéty: N ($F = 7,0325$, $p = 0,0091$) a Ca ($F = 5,3124$, $p = 0,0223$). Podobne sa obsahy Ca v pôde ukázali ako signifikantné pre TS makromycéty ($F = 3,9833$, $p = 0,0482$). Z biogénnych prvkov mali u DOM makromycétov významné vplyvy hodnoty pH ($F = 26,959$, $p = 0,0002$) a chemické prvky: uhlík C ($F = 5,020$, $p = 0,0447$), N ($F = 32,094$, $p = 0,0001$) a Ca ($F = 0,243$, $p = 3,696e^{-05}$).

Podakovanie:

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

LITERATÚRA

- BONET J.A., PUKKALA T., FISCHER C.R., PALAHÍ M., DE ARAGÓN J.M., COLINAS C. 2008. Empirical models for predicting the production of wild mushrooms in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests in the Central Pyrenees. *Annals of Forest Science*, 65: 1–9.
- BREITENBACH J., KRÄNZLIN F. (eds.) 1984. *Fungi of Switzerland. A contribution to the knowledge of the fungal flora of Switzerland. Vol. 1. Ascomycetes*. Lucerne, Verlag Mykologia: 310 s.
- BREITENBACH J., KRÄNZLIN F. 2000. *Pilze der Schweiz. Beitrag zur Kenntnis der Pilzflora der Schweiz. Band 5. Blätterpilze. Teil 3. Cortinariaceae*. Luzern, Verlag Mycologia: 340 s.
- CANTY A., RIPLEY B. 2016. – boot: Bootstrap R (S -Plus) Function. R package version 1.3-18.
- ČERVENKA M., FASSATIOVÁ O., HOLUBOVÁ-JECHOVÁ V., SVRČEK M., URBAN Z. 1972. Kľúč na určovanie výtrusných rastlín. 2. diel. *Slizovky a huby*. Bratislava, SPN: 391 s.
- DAHLBERG A., JONSSON L., NYLUND J.E. 1997. Species diversity and distribution of biomass above and below ground among ectomycorrhizal fungi in an old-growth Norway spruce forest in south Sweden. *Canadian Journal of Botany*, 75: 1323–1335.
- GÁPER J. 1992. Problematika a možnosti hodnotenia biomasy ektomykorizných húb. In: *Metodológia v produkčnej ekológii*. Vieska nad Žitavou, Arborétum Mlyňany – Ústav dendrobiológie SAV: 119–203.
- GÁPER J., LIZOŇ P. 1995. Sporocarp succession of mycorrhizal fungi in the 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 Roots. June 20–26 1993, Stará Lesná, Slovakia. Dordrecht, Kluwer: 349–352.
- GUBO Š. 2016. Riešenie úloh nelineárnej regresie pomocou tabuľkového kalkulátora. *Edukácia – Technika – Informatyka*, 1/15/: 194–201. DOI: 10.15584/eti.2016.1.27
- 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. 1992. *Nordic Macromycetes. Vol. 2. Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales*. Copenhagen, Nordsvamp: 474 s.
- HANSEN L., KNUDSEN H. 2000. *Nordic Macromycetes. Vol. 1. Ascomycetes*. Copenhagen, Nordsvamp: 309 s.
- HATLAPATKOVÁ L., PODRÁZSKÝ V. 2011. Obnova vrstev nadložního humusu na zalesněných zemědělských půdách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56: 229–234.
- HOLEC J. 1994. *Houby šumavských bučin*. Živa, 2: 52–54.
- JANÍK R., MIHÁL I. 2007. Influence of soil temperature and precipitation depth on the biomass production of fruiting bodies of macromycetes in a submountain beech forest stand. *Journal of Forest Science*, 53: 523–528.
- JANSEN A.E., DE NIE H.W. 1988. Relations between mycorrhizas and fruit bodies of mycorrhizal fungi in Douglas fir plantations in Netherlands. *Acta Botanica Neerlandica*, 37: 243–249.
- JÜLICH W. 1984. *Die Nichtblätterpilze. Gallertpilze und Bauchpilze. Band IIB/1*. Stuttgart, Gustav Fischer: 626 s. *Kleine Kryptogamenflora*.
- KALUCKA I. 2009. Macrofungi in the secondary succession on the abandoned farmland near the Białowieża old-growth forest. *Monographiae Botanicae*, 99: 1–155.
- KALUCKA 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. DOI: 10.12657/denbio.076.009
- KEIZER G. 1998. *Encyklopedie hub*. Praha, Rebo: 288 s.
- KÖHLER J., YANG N., PENA R., RAGHAVAN V., POLLE A., MEIER I.C. 2018. Ectomycorrhizal fungal diversity increases phosphorus uptake efficiency of European beech. *New Phytologist*, 220: 1200–1210. DOI: 10.1111/nph.15208
- LAGANA A., ANGIOLINI C., LOPPI S., SALERNI E., PERINI C., BARLUZZI C., DE DOMINICIS V. 2002. Periodicity, fluctuations and successions of macrofungi in fir forests (*Abies alba* Miller) in Tuscany, Italy. *Forest Ecology and Management*, 169: 187–202. DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00672-7
- LEPŠ J., ŠMILAUER P. 2016. *Biostatistika*. České Budějovice, Jihočeská univerzita: 438 s.
- LUPTÁKOVÁ A., MIHÁL I. 2018. Ektomykorizne makromycéty v monokultúrnych smrečinách rôzneho veku na bývalej poľnohospodárskej pôde – zhodnotenie za rok 2016. *Zprávy lesnického výzkumu*, 63: 195–205.
- LUPTÁKOVÁ E., PARÁK M., MIHÁL I. 2018. Structure of fungal communities (Ascomycota, Basidiomycota) in Western Carpathians submontane forest stands under different managements. *Mycosphere*, 9: 1053–1072. DOI: 10.5943/mycosphere/9/6/1
- MÁLEK J. 1967. O ekológii václavky a červené hniloby a jejich rozšíření v lesních geobiocenózach. *Lesnický časopis*, 13: 545–562.
- MARTÍN-PINTO P., VAQUERIZO H., PENALVER F., OLAIZOLA J., ORIA-DE-RUEDA J.A. 2006. Early effects of a wildfire on the diversity and production of fungal communities in Mediterranean vegetation types dominated by *Cistus ladanifer* and *Pinus pinaster* in Spain. *Forest Ecology and Management*, 225: 296–305. DOI: 10.1016/j.foreco.2006.01.006
- MIHÁL I. 1995. Abundance and production of *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink in a fir-beech forest. *Ekológia (Bratislava)*, 14: 229–236.
- MIHÁL I., GÁPER J. 1995. Epigeous sporocarp production in Poľana Biosphere Reserve Norway spruce stands. *Ekológia (Bratislava)*, 14 (suppl. 2): 59–68.

- MIHÁL I. 1996. Vplyv ťažbového zásahu rôznej sily na produkciu biomasy plodníc podpňovky smrekovej - *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 42: 241–248.
- MIHÁL I. 2002. Production of epigeic sporocarps of ectomycorrhizic fungi in differently aged Norway spruce monocultures. *Ekológia* (Bratislava), 21: 129–136.
- MIKŠÍK M., KUNCA V. 2015. 1000 slovenských a českých húb. Bratislava, Svojtka: 1024 s.
- 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.
- NEHLS U., PLASSARD C. 2018. Nitrogen and phosphate metabolism in ectomycorrhizas. *New Phytologist*, 220:1047–1058.
- OHENOJA E. 1988. Effect of forest management procedures on fungal fruit body production in Finland. *Acta Botanica Fennica*, 136: 81–84.
- OKSANEN J., BLANCHET F.G., FRIENDLY M., KINDT R et al. 2017. Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-3.
- PAPOUŠEK T. (ed.) 2004. Velký fotoatlas hub z jižních Čech. České Budějovice, T. Papoušek: 819 s.
- PEKÁR S., BRABEC M. 2009. Moderní analýza biologických dat. Praha, Scientia: 225 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.
- PETER M., AYER F., EGLI S. 2001. Nitrogen addition in a Norway spruce stand altered macromycete sporocarp production and below-ground ectomycorrhizal species composition. *New Phytologist*, 149: 311–325. DOI: 10.1046/j.1469-8137.2001.00030.x
- R CORE TEAM 2016. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. [online]. Vienna, Austria. [cit. 2019-07-15]. Dostupné na/Available on: <https://www.R-project.org/>
- RISBETH J. 1982. Species of *Armillaria* in southern England. *Plant Pathology*, 31: 9–17.
- RUDAWSKA M., LESKI T., STASIŃSKA M. 2011. Species and functional diversity of ectomycorrhizal fungal communities on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees on three different sites. *Annals of Forest Science*, 68: 5–15. DOI: 10.1007/s13595-010-0002-x
- ŠTEFANČÍK I., KAMENSKÝ M. 2009. Vývoj zalesňování nelesních 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.
- TÓTH B.B., FEEST A. 2007. A simple method to assess macrofungal sporocarp biomass for investigating ecological change. *Canadian Journal of Botany*, 85: 652–658.
- VESELÝ R., KOTLABA F., POUZAR Z. 1972. Přehled československých húb. Praha, Academia: 423 s.
- VOGT K.A., EDMONDS R.L., GRIER C.C. 1981. Biomass and nutrient concentrations of sporocarps produced by mycorrhizal and decomposer fungi in *Abies amabilis* stands. *Oecologia*, 50: 170–175. DOI: 10.1007/BF00348033
- WARTON D.I., THIBAUT L., WANG Y.A. 2017. The PIT-trap-A “model-free” bootstrap procedure for inference about regression model with discrete, multivariate responses. *PLoS ONE*, 12: e0181790. DOI: 10.1371/journal.pone.0181790
- WÄSTERLUND I., INGELÖG T. 1981. Fruit body production of larger fungi in some young Swedish forests with special references to logging waste. *Forest Ecology and Management*, 3: 269–294.

DYNAMIC OF BIOMASS PRODUCTION OF EPIGEIC SPOROCARPS IN MONOCULTURE SPRUCE STANDS (WESTERN CARPATHIANS)

SUMMARY

Authors present the dynamics of the biomass production values of macromycetes in relation to the different age of spruce monocultures on the former agricultural land. Biomass production of the epigeic fruitbodies of macromycetes was studied in mostly spruce stands, in the locality Vrchdobroč (Tab. 1), in the western part of the Slovak Ore Mountains, in the Veporské Hills (Western Carpathians).

A total of 145 macromycetes were evaluated for the fresh weight of sporocarps biomass ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). *Lactarius rufus* (906.14) and *Amanita muscaria* (227.0 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) had the highest biomass production from ectomycorrhizal macromycetes (EM), *Rhodocollybia butyracea* (174.86), and *Macrolepiota procera* (80.79 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) had the highest biomass production from terrestrial saprotrophic macromycetes (TS) and *Hypholoma fasciculare* (506.38) and *Tricholomopsis rutilans* (46.06 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) from wood-inhabiting (DOM) macromycetes (Tab. 2)

The highest production ratios of sporocarps biomass were obtained in 54-year-old stands (1,732.65 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), and the lowest biomass was recorded in 34-year-old stands (1,028.24 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; Tab. 3). Ectomycorrhizal macromycetes were the most important ecotrophic group in production, producing in total 2,700.86 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of high-level sporocarps biomass in the youngest 24-year-old stand (1,059.53 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; Tab. 3). We found only a rare occurrence of a dangerous parasitic fungus *Armillaria ostoyae* in the growth of the locality Vrchdobroč, which produced only 0.86 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of fresh biomass of fruitbodies. However, outside our research plots (where we have not evaluated biomass production), *A. ostoyae* occurs much more frequently in the stands of Vrchdobroč, which in the future may indicate a problem with its phytopathological pressure on older spruce stands. The effect of the season showed to be statistically significant in the production of EM species ($F = 6.242$, $p < 0.01$; Fig. 1 and 2). The DOM species were influenced by age of stands ($F = 5.814$, $p < 0.001$). The optimum biomass production of EM and TS species was conditioned by an average night temperature of 8.2–10 °C, while the relationship between production and temperature was 42.1% (Fig. 3 and 4). The seasons, age of the stands and their interactions were not statistically significant for TS macromycetes (Fig. 5). The hypothesis that biomass production of DOM species will increase from the youngest to the oldest stands was confirmed (Fig. 7). This group of fungi finds the most suitable conditions especially in the oldest stands where there was enough wood substrate. From biogenic chemical elements, the contents of calcium (Ca) and nitrogen (N) in the soil, respectively their significance for biomass production showed significant for EM macromycetes: N ($F = 7.0325$, $p = 0.0091$) and Ca ($F = 5.3124$, $p = 0.0223$). Similarly, the Ca contents in the soil were shown to be significant for TS macromycetes ($F = 3.9833$, $p = 0.0482$). Among the biogenic elements, pH values ($F = 26.959$, $p = 0.0002$) and chemical elements: carbon C ($F = 5.020$, $p = 0.0447$), N ($F = 32.094$, $p = 0.0001$) and Ca ($F = 0.243$, $p = 3.696\text{e-}05$) had significant effects in DOM macromycetes.

Zasláno/Received: 24. 10. 2019

Přijato do tisku/Accepted: 24. 03. 2020