

ÉJSZAKAI NAGYLEPKÉK DIVERZITÁSÁNAK VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ KORÚ GYERTYÁNOS-KOCSÁNYTALAN TÖLGYES ERDŐÁLLOMÁNYOKBAN

Horváth Bálint és Lakatos Ferenc

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

Kivonat

A dolgozatban különböző korosztályokba tartozó gyertyános-kocsánytalan-tölgyes erdőállományok éjszakai nagylepke közösségét hasonlítjuk össze a Soproni-hegyvidéken azzal a céllal, hogy összefüggéseket keressünk a faállományok kora és a nagylepke közösségek között. Vizsgálatainkat 2012-2013-ban 15 mintaterületen március végétől november elejéig hordozható fénycsapdákkal végeztük. Az eredményeket közösségi és ökológiai paraméterek alapján értékeltük (Shannon- és Simpson-diverzitás, Pielou-féle kiegyenlítettség, közösségdominancia-index, Bray-Curtis hasonlósági index, Rényi-féle diverzitásrendezés). Eredményeink nem mutatnak egyértelmű összefüggést a vizsgált erdőállományok kora és az éjszakai-nagylepke diverzitás között. Ugyanakkor tapasztalataink szerint az erdei növényzet borítása jelentős hatással van az éjszakai-lepke faunára.

Kulcsszavak: Lepidoptera, fénycsapda, diverzitás-összehasonlítás, Soproni-hegyvidék

STUDY ON THE DIVERSITY OF NOCTURNAL MACROLEPIDOPTERA COMMUNITIES IN DIFFERENT AGE SESSILE OAK – HORNBEAM FORESTS

Abstract

Macrolepidoptera communities and their diversity were compared in different age sessile oak-hornbeam forests, in the Sopron Mountains. The study was carried out in 2012-2013 from the end of March until early November each year, using portable light-traps. Our goal was to find any correlation between Lepidoptera diversity and the age of the forests. We used community and ecological characteristics to determine and compare Lepidoptera assemblages (Shannon and Simpson diversity indices, Pielou's evenness indices, Community dominance indices, Bray-Curtis similarity indices, Rényi's diversity ordering). Our result did not show a direct correlation between the Macrolepidoptera diversity and forests' age. However, our conclusions support the high influence the abundance of different vegetation layers on macromoth communities.

Keywords: Lepidoptera, light-trap, diversity-comparing, Sopron Mountains



BEVEZETÉS

Számos kutatót foglalkoztatott már, hogy mely tényezők befolyásolják a biológiai sokféleséget. A válasz igen összetett, de ismereteink alapján a növényzetnek meghatározó szerepet tulajdonítunk. Különösen igaz ez az erdei ökoszisztémákra, ahol a biodiverzitás fenntartását erősen befolyásolja a vegetáció összetétele és struktúrája (Thomas és Packham 2007; Schowalter 2011). Egy adott erdőállomány összetétele, struktúrája az idő előrehaladtával folyamatosan változik. A változásokat egyrészt a természetes erdődinamikai folyamatok, másrészt az erdészeti beavatkozások határozzák meg alapvetően. A lombkoronaszint struktúrája meghatározza a cserjeszint és az aljnövényzet összetételét és borítását (Kenderes és Standovár 2003; Spiecker 2003; Decocq és mtsai 2005; Tinya és mtsai 2009), melyek jelentős hatást gyakorolnak a herbivor szervezetekre (Horák 2011; Horváth 2013; Regnery és mtsai 2013; Summerville és mtsai 2013).

A növényevő állatok legnagyobb részét a rovarok alkotják, amelyek sok esetben speciális környezeti feltételekhez adaptálódtak (pl.: tápnövény-specialisták). Mivel többségük igen gyorsan reagál környezetük változására, alkalmasak lehetnek, hogy a biológiai sokféleség indikátorai legyenek (Wood és Storer 2003; New 2009; Park és mtsai 2009). Az erdei ökoszisztémák egyik legfontosabb rovarcsoportját a lepkék képezik (Summerville és mtsai 2013), melyek közül a mérsékeltövi erdei ökoszisztémákban elsősorban az éjszakai lepkék szerepe meghatározó (Scoble 1992; Schmitt 2003).

Jelen munkánkban különböző korosztályú gyertyános-kocsánytalantölgyes erdőállományok lepkéközösségét hasonlítottuk össze. Célunk az éjszakai-nagylepke-diverzitás és az erdők korosztályviszonyai közötti kapcsolatok meghatározása volt. Feltételezésünk szerint az éjszakai nagylepkék diverzitása változik az erdő korával.

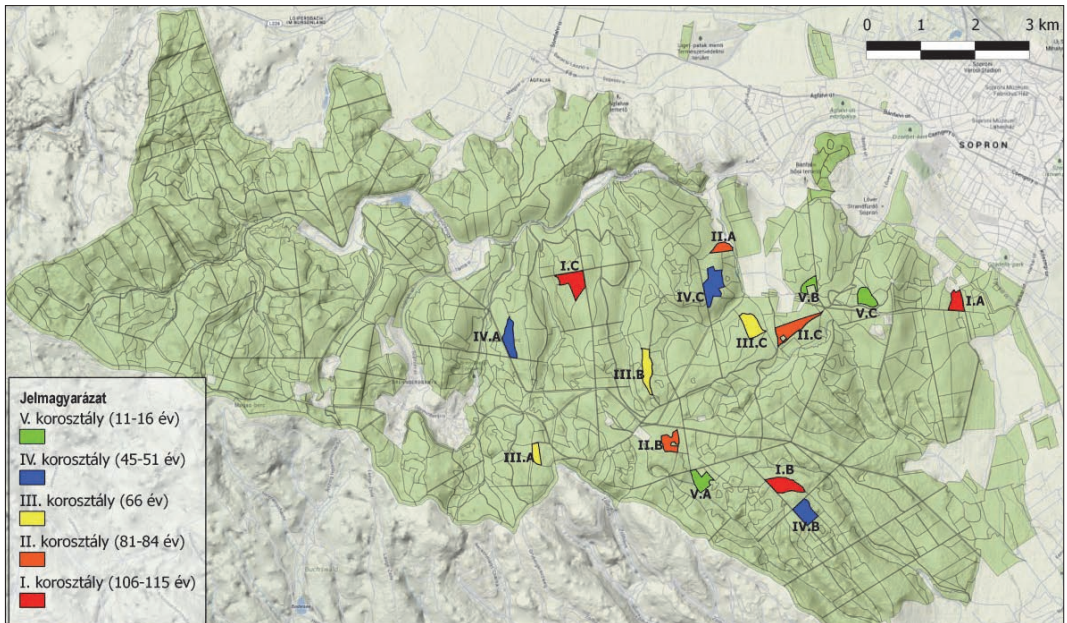
ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálati terület

A vizsgálatot az 5400 ha kiterjedésű Soproni-hegység kistájban végeztük, melyben az erdős területek aránya magas, közel 90% (Dövényi 2010). Az Alpok keleti nyúlványát képező Soproni-hegység ennél jóval nagyobb, mintegy 18500 ha, de megközelítőleg 2/3-a Ausztria területén fekszik. A 12-13. századtól intenzív erdőhasználat volt jellemző a területre, elsősorban tűzifa és épületfa nyeres céljából, ami hosszútávon az erdők túlhasználatahoz vezetett. Az 1850-es évek után a leromlott sarjerdők feljavítása érdekében nagy területű átalakítás kezdődött (Szmorad 2011), melyben jelentős szerepet kaptak a fenyők is. A lombhullató erdők aránya csak az 1980-as évek után kezdett ismét növekedni, amihez a lucosokban bekövetkezett nagyarányú pusztulás is hozzájárult (Lakatos 1997). Ennek köszönhetően a Soproni-hegyvidék erdőállományainak fafajösszetétele napjainkban is folyamatosan változik (Szmorad 2011).

Mintavételi pontjainkat a hegység magyarországi oldalán jelöltük ki (1. ábra). A vizsgálathoz 5 különböző korcsoportba tartozó gyertyános-kocsánytalantölgyes erdőállományt választottunk, korosztályonként 3-3 (összesen 15) mintaterülettel (korosztályok: I.: 106-115 év; II.: 81-84 év; III.: 66 év; IV.: 45-51 év; V.: 11-16 év)(1. táblázat). A mintaterületek domináns faja a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea agg.*). Az erdészeti üzemterv alapján, a lombkoronaszint jellemző elegyfajai mintaterületenként eltérő arányban a fenyőfélék (*Pinus sylvestris*, *Larix decidua*, *Picea abies*), illetve szálanként előfordulnak más lombos fajok is (*Fagus sylvatica*, *Betula pendula*, *Cerasus avium*, *Castanea sativa*, *Tilia cordata* és *Acer campestre*).

A mintaterületek kijelölésekor figyelemmel voltunk a fenyőfélék minél alacsonyabb elegyarányára, illetve arra, hogy a vizsgálat ideje alatt erdészeti beavatkozás ne történjen az adott erdőállományokban.



1. ábra: A mintavételi területek elhelyezkedése a Soproni-hegyvidéken. Készült: Google Physical layer felhasználásával.
Figure 1: Sampling sites in the Sopron Mountains. Made using Google Physical layer.

1. táblázat: A vizsgált erőrészek fontosabb adatai.
Table 1: The most important characteristics of the sampled forest stands.

Korosztály	Mintaterület	Tag	Részlet	Kor	Terület (ha)	Kitettség	Tszfm (m)	KTT (%)
	I./A	79	A	115	3,4	K	300	90
I.	I./B	99	G	109	6,2	K	400	100
	I./C	125	D	106	6,8	Ny	500	85
II.	II./A	114	A	81	2,4	Változó	300	82
	II./B	107	F	84	4	K	500	87
	II./C	90	C	82	6,6	K	400	84
III.	III./A	130	D	66	2,3	K	500	95
	III./B	110	J	66	5,2	Változó	400	86
	III./C	113	F	66	5,4	Változó	400	94
IV.	IV./A	134	B	49	5	Ny	400	78
	IV./B	100	A	45	5,1	K	400	92
	IV./C	114	E	51	3,8	Ny	500	96
V.	V./A	103	G	11	4,2	Ny	500	72
	V./B	88	F	15	2,1	Változó	400	74
	V./C	85	P	16	4,2	É	400	59



Vizsgálati módszer

A kutatás a pozitív fototaxisú éjszakai nagylepkékre terjedt ki, melyeket hordozható fénycsapdákkal vizsgáltunk 2011-2012-ben, március végétől november elejéig. A mintavételi időpontok kijelölésekor figyelembe vettük a hazai éjszakai lepke-fauna szezonálisát, illetve kerültük a heves esőket. Évente 15 mintavételt végeztünk (összesen 30 mintavétel), mintaterületenként 2 csapda használatával (összesen 60 minta/mintaterület). A csapdákat a talajszintre helyeztük, mindig azonos helyre, minimum 30 m távolságra egymástól. Mivel a vizsgálati területet többnyire egybefüggő erdőtakaró borítja, nem zárható ki a mintaterületekkel szomszédos erdőrészekből származó lepkék jelenléte a gyűjtött mintákban. Ennek mérséklésére a csapdákat a lehető legnagyobb távolságra helyeztük a vizsgált erdőrészlet határaitól. A mintaterületek és a csapdák magas száma miatt nem volt lehetséges minden erdőrészletet azonos napokon vizsgálni. Ezért egy mintavétel két egymást követő éjszakán történt. Az azonos korosztályba tartozó erdőket mindig egy időben vizsgáltuk. Ennek megfelelően az I., III. és IV. korosztályba tartozó erdőkben a mintavétel első napján, míg a II. és V. korosztályba sorolt erdőkben a második napon gyűjtöttünk. A csapdák 3 W-os UV LED-fényforrással (max. hullámhossz: 400-410 nm) és 4,5 V-os akkumulátorral üzemeltek. A megfigyelések szerint a rovarok eltérő intenzitással vonzódnak a különböző mesterséges fényforrásokhoz (Nowinszky és Ekk 1996; Puskás és Nowinszky 2011; Pintérné 2013), aminek oka az adott fényforrások hullámhossza. Ismereteink alapján az éjszakai lepkék intenzívebben reagálnak a rövid hullámhosszú fényre (ultraibolya – UV), mint a hosszabb hullámhossz-tartományra (Nowinszky és mtsai 2003; Nation 2008). Ez az oka, hogy az UV-fényű csapdák a legelterjedtebb eszközei az éjszakai lepke-közösségek megfigyelésének (Summerville és Crist 2003). Az eltérő teljesítményű – de azonos spektrális összetételű – mesterséges fényforrások különböző távolságból vonzzák a lepkéket. Ezt a távolságot nehéz pontosan megállapítani, a fény terjedését és a fénycsapda hatásfokát számos környezeti tényező befolyásolja (Nowinszky és mtsai 2003; Nowinszky 2007). Tapasztalatok szerint egy 15 W-os UV-fényforrásra 20 méteres távolságon túl már csak kis mértékben reagálnak az éjszakai lepkék (Truxa és Fiedler 2012). Ezek alapján feltételezzük, hogy az általunk használt 3 W-os UV-fényforrás gyűjtési távolsága <20 m.

A mintavételek napnyugtától napkelteig tartottak. A csapdák által gyűjtött lepkéket etil-acetáttal elkábitottuk, majd a határozásig fagyasztóban tároltuk.

A legtöbb egyed határozását makro-morfológiai bélyegek alapján végeztük. Kivételt képeztek az *Eupithecia* és *Mesapamea* fajok, illetve az erősen sérült szárnyú egyedek, melyeket az ivarszervek vizsgálata segítségével azonosítottunk.

A kiértékelés módszerei

A gyűjtött mintákat közösségi és ökológiai paraméterek alapján elemeztük: fajgazdagság, abundancia-viszonyok, Shannon diverzitás (Shannon és Weaver 1949), Simpson diverzitás (Simpson 1949), kiegyenlítettség (Pielou 1966), közösségidominancia-index (KDI), Bray-Curtis hasonlósági index, illetve diverzitás összehasonlítások. A közösségidominancia-index egy egyszerű karakterisztika, amely megmutatja, hogy a dominancia-sorrend első két fajának dominanciaösszege hány %-a az összdominanciának (Krebs 1978). A Bray-Curtis hasonlósági index a jelenlét-hiány és abundancia adatok alapján hasonlítja össze a mintákat (Bray és Curtis 1957).

A mintavételek számának megfelelőségét a megfigyelt fajszám növekedési ütemével jellemezhetjük, melyet a fajakkumulációs görbék (sample rarefaction) ábrázolnak (Colwell és mtsai 2004). A fajszám várható növekedési ütemét a mintaszám növelése mellett a Michaelis-Menten extrapolációs modell alapján ($y=ax/(b+x)$) ábrázoltuk (Raaijmakers 1987).

A megfigyelt lepkefajok gyakoriságát a rang-abundancia diagramok szemléltetik, amiket az illeszkedés-vizsgálat eredményei alapján ($p<0,05$) logaritmikus modell segítségével ábrázoltunk (Krebs 1989).

A diverzitások összehasonlítását Rényi-féle diverzitási rendezéssel (Tóthmérész 1997) végeztük el. A módszer különböző diverzitás-családok grafikus ábrázolásán alapszik. Egy közösség akkor diverzebb a másiknál, ha a profilja a másiké fölött fut. Abban az esetben, ha a diverzitás-profilok metszik egymást, az összehasonlított közösségek diverzitás szempontjából nem rangsorolhatók egyértelműen (Tóthmérész 1995).

Mivel a vizsgálat célja a különböző korú faállományok összehasonlítása volt, az elemzéseket a korosztályonként átlagolt adatokon végeztük. A mintákat a Past statisztikai program (Paleontological Statistic Software 2.17) segítségével elemeztük (Hammer és mtsai 2001).

EREDMÉNYEK

A vizsgálat során 509 éjszakai nagylepke faj 55 771 egyedét detektáltuk. Az átlagolt fajszámok alapján legtöbb fajt a II. korosztályban figyeltünk meg, ezt követték a IV., III., I. és V. korosztályok. Az egyedszám és a fajszám között nem találtunk összefüggést. A legmagasabb egyedszám a IV. korosztályban fordult elő, majd a III., II., I. és V. korosztály következett. A diverzitási indexek szintén eltérő eredményt mutattak. Míg a Shannon diverzitás értéke a II. korosztályban, addig a Simpson-féle diverzitásé az V. korosztályban volt a legmagasabb (2. táblázat).

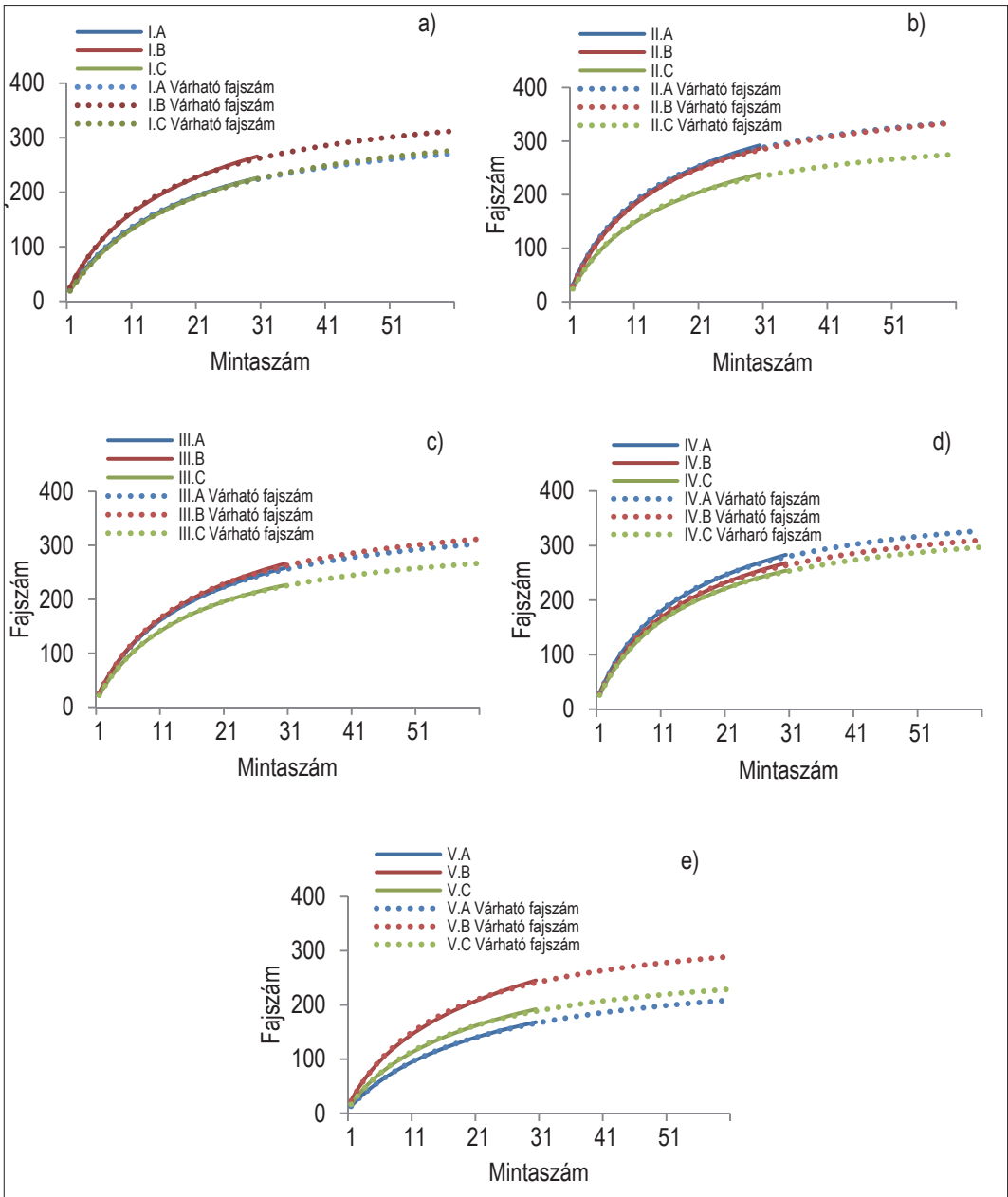
2. táblázat: A vizsgált lepkeközösségek fontosabb jellemzői a korcsoportonként átlagolt adatok alapján.
Table 2: *Lepidoptera* community characteristics, based on the average abundance in each age class.

	S	N	D	H'	J	KDI (%)
I. kor	266	3350	0,940	3,976	0,712	27,77
II. kor	302	4108	0,966	4,335	0,759	26,17
III. kor	272	4339	0,952	3,996	0,713	24,80
IV. kor	286	4429	0,959	4,228	0,748	23,76
V. kor	221	2271	0,971	4,253	0,788	14,96

Jelmagyarázat: S – fajszám; N – egyedszám; D – Simpson diverzitási index; H' – Shannon diverzitási index;
J – egyenletesség; KDI – közösségszámindex (%)

Abbreviations: S – species number; N – abundance; D – Simpson diversity indices; H' – Shannon diversity indices;
J – Pielou's evenness indices, KDI – community dominance indices (%)

A fajszám és a mintavételek számának összefüggését a fajakkumulációs görbék szemléltetik (2. ábra). Minél inkább ellaposodnak a görbék, annál alacsonyabb a fajszám-növekedés, tehát a mintavétel reprezentatívnek tekinthető. A mintaszám elméleti növelésének esetén látható alacsony fajszám-növekedési ütem a kiértékelt minták megfelelő számára enged következtetni (2. ábra).



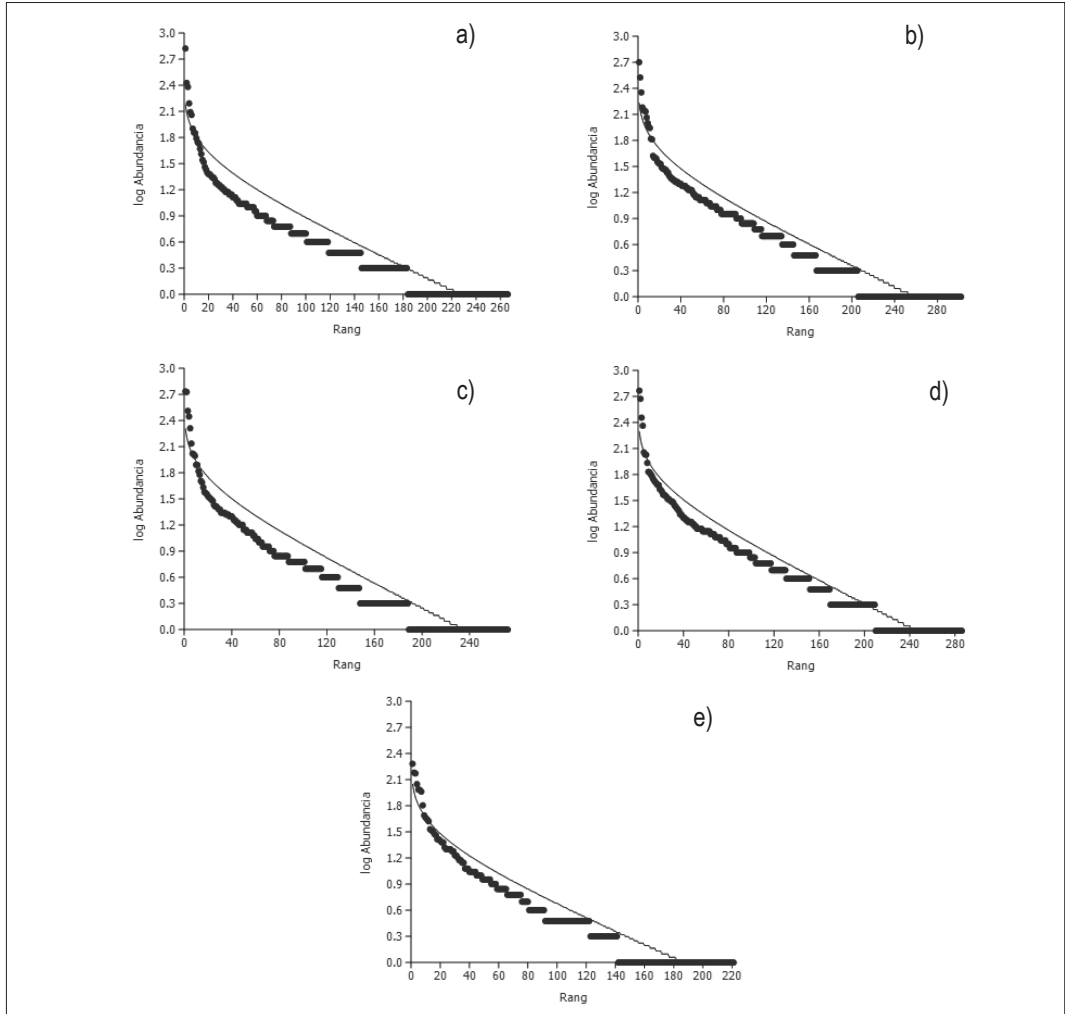
2. ábra: A megfigyelt lepkefajok fajakkumulációs görbéi (sample rarefaction), illetve megnövelt fajszám esetén a fajszám várható növekedési üteme (Michealis-Menten extrapolációs modell alapján).

a) I. korosztály; b) II. korosztály; c) III. korosztály; d) IV. korosztály; e) V. korosztály

Figure 2: Species accumulation curves (sample rarefaction) of macrolepidoptera communities. The estimated species richness in the course of further sampling is illustrated by Michealis-Menten extrapolation model.

a) I. age-class; b) II. age-class; c) III. age-class; d) IV. age-class; e) V. age-class

A vizsgált korosztályokban megfigyelt lepkéközösségek között további különbséget mutat a domináns és ritka fajok aránya. A rang-abundancia görbék jól szemléltetik, hogy mind az öt korosztály lepkéközösségében a ritka fajok vannak többségben, de számuk és arányuk eltérő (3. ábra).



3. ábra: A különböző korosztályok rang-abundancia diagramjai.

a) I. korosztály; b) II. korosztály c) III. korosztály, d) IV. korosztály, e) V. korosztály

Figure 3: Rank-abundance plots in the different forest age-classes.

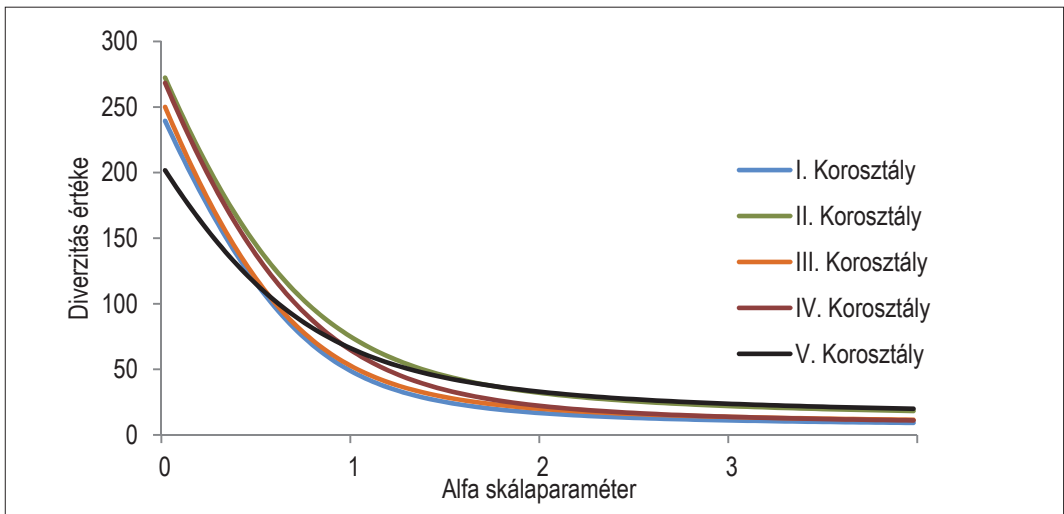
a) I. age-class; b) II. age-class; c) III. age-class; d) IV. age-class; e) V. age-class

A jelenlét-hiány és az abundancia adatok alapján legnagyobb hasonlóságot a III. és IV. korosztály között tapasztaltunk. A legfiatalabb (V.) korosztály mind a négy további korosztálytól határozottan elkülönült (3. táblázat).

3. táblázat: A vizsgált erdőkorosztályok éjszakailepke-közösségének hasonlósági mutatószámai (Bray-Curtis-index)
 Table 3: Bray-Curtis similarity indices for between age-classes comparisons of the Lepidoptera communities.

	II. kor	III. kor	IV. kor	V. kor
I. kor	0,67	0,70	0,72	0,57
II. kor		0,71	0,72	0,58
III. kor			0,82	0,52
IV. kor				0,53

A Rényi-féle diverzitásrendezések szerint a II. korosztály rendelkezik a legmagasabb éjszakai-nagylepke diverzitással. Ezt követik a IV., III. és I. korosztályok. A legfiatalabb (V.) korosztály azonban nem rangsorolható egyértelműen a többi erdőkorosztályokhoz képest. Az ábrázolt diverzitásprofilok alapján az I. és III. korosztály éjszakai-nagylepke diverzitása hasonlít leginkább egymáshoz (4. ábra).



4. ábra: Az éjszakai-nagylepke közösségek diverzitás profiljai az egyes korosztályokban.
 Figure 4: Diversity profiles of macromoth communities in the different forest age-classes.

MEGVITÁTÁS

Sopron környékének lepkekutatásai elsősorban faunisztikai jellegűek (Mészáros és Szabóky 1981; Leskó és Ambrus 1998; Sáfian és mtsai 2006; Sáfian és Szegedi 2008; Sáfian és mtsai 2009), a lepkéken végzett kvantitatív összehasonlító munkák száma alacsony (Ambrus 1979; Horváth 2013; Horváth és mtsai 2013).

A kutatást gyertyános-kocsánytalan tölgyes erdőállományokban végeztük, aminek az az oka, hogy tölgyfajokon kiemelkedően sok lepkefaj fejlődik (Csóka 1998). Csóka és Szabóky (2005) 308 hazai lepkefajról számol be, melyek különböző tölgyfajokon fejlődnek, legtöbbjük a jelen munkában is vizsgált kocsánytalan tölgyön (119 faj). Valószínűleg ennek is köszönhető, hogy viszonylag kis területen a hazai éjszakai-nagylepke fauna 46%-át figyeltük meg (509 fajt az 1102-ből) (Varga 2010).

Éjszakai lepkék diverzitása

A vizsgálat során nem találtunk egyértelmű kapcsolatot az erdőállományok kora és az éjjeli lepkék diverzitása között. Sem a diverzitás-értékek, sem a diverzitás-összehasonlítás nem mutatott olyan eredményt, amely alapján minden korosztályt egyértelműen értékelni lehetne. Különösen igaz ez a legfiatalabb (V.) korosztályra, amely diverzitásprofilja metszette a további korosztályok profiljait (4. ábra). A diverzitás-rendezés szerint az I.–IV. korosztályok elkülönülnek ugyan egymástól, ez azonban nem hozható összefüggésbe a vizsgált erdők korával.

A Shannon és Simpson diverzitási mutatókat a fajszám és az egyedszám mellett az adott lepkéközösség eloszlásának egyenletessége is befolyásolja, ami megmagyarázza a legfiatalabb (V.) korosztály diverzitás értékeit. Mind a Pielou-féle egyenletességi index, mind a közösségidominancia-index az V. korosztály lepkefajainak egyenletesebb eloszlását mutatja (2. táblázat). Minden bizonnyal ez okozta a fiatal korosztály magasabb diverzitás értékeit. A fiatal erdőkben észlelt ritka fajok magas száma olvasható le a rang-abundancia diagramról is (3.e ábra).

Több tanulmány is foglalkozott éjszakai lepkék diverzitásával, melyek a különböző erdőtypusok (Choi 2008; Horváth 2013), a vegetáció struktúra (Axmacher és mtsai 2009), a biogeográfiai történet (Summerville és Crist 2003), a zavarás mértéke (Nöske és mtsai 2008), illetve számos egyéb szempont alapján hasonlítottak össze erdei élőhelyeket (pl.: Usher és Keiller 1998; Beck és Khen 2007; Hawes és mtsai 2009; Park és mtsai 2009). Azonos típusba tartozó, de különböző korú erdők lepkediverzitása azonban kevésbé kutatott, így nem áll módunkban eredményeinket más munkákkal összehasonlítani.

Fajgazdagság és abundancia-viszonyok

Az idősebb erdők nagyobb lomblevél-produktumáról több szerző is beszámol (Powers 2001; Thomas és Packham 2007), amelyek – véleményünk szerint – magasabb egyedszámú herbivor rovarközösséget képesek eltartani. Eredményeink azonban ellentmondanak ennek. Az átlagos korosztályonkénti egyedszám az V. korosztálytól eltekintve a kor növekedésével csökkenő tendenciát mutatott. Az általunk vizsgált idős erdőállományokban (I. korosztály) a cserjeszint és a második lombkoronaszint hiányzik, az első lombkoronaszint záródása 60-80 %. A II. és III. korosztályok záródása valamivel magasabb (70-85 %), míg a IV. korosztályé 80-95 %. A II.-IV. korosztályokban jellemzően magasabb volt a cserjeszint és a második lombkoronaszint borítása is, mint az idős erdőkben. Megfigyeléseink azt igazolják, hogy a lepkék abundancia-viszonyait az adott korosztály vegetációs szintjeinek borítása jelentős mértékben befolyásolta.

A vizsgált fiatal erdőállományok (V. korosztály) alacsonyabb lomblevélproduktuma – a magas záródás ellenére – vélhetően alacsonyabb egyedszámú és fajszámú éjszakai lepkét képes eltartani. Ugyanakkor a gyepszintben még előfordultak a vágásterületek jellemző növényfajai, ami magasabb számú éjszakai lepke-fajnak jelenthet fejlődési lehetőséget. Azonban a gyepszint önmagában nem feltétlenül játszik meghatározó szerepet az éjszakai lepke-közösségek szempontjából (Horváth és mtsai 2013), ami okozhatta a fiatalabb erdőkben tapasztalt alacsonyabb fajszámot. A Bray-Curtis index értékei jól szemléltetik eredményeinket, amely alapján az V. korosztály a fajszám és egyedszám tekintetében jól elkülönült a további korosztályoktól, a hasonlóság <60%.

KÖVETKEZTETÉSEK

Eredményeink szerint a gyertyános-kocsánytalan-tölgyesek éjszakai-nagylepke diverzitását nem az erdőállomány kora határozza meg annak ellenére, hogy egy idősebb erdőben több idő állt rendelkezésre a lepkefajok megtelepedéséhez. Számos szerző eredményei rámutattak már az erdészeti kezelések (pl.: Mag-



ura és mtsai 2000; Summerville és Crist 2002; Reemer 2005; Dolek és mtsai 2009; Yoshimura 2009) és az erdődinamikai folyamatok (pl.: Ings és Hartley 1999; Axmacher és mtsai 2004) rovarokra gyakorolt hatására. A vizsgálati területhez hasonló gyertyános-kocsánytalantölgyes erdőkben elvégzett nevelővágások lepkékre gyakorolt hatásáról azonban kevés ismerettel rendelkezünk, és jelen munkában sem vizsgáltuk. Eredményeink alapján mégis arra következtethetünk, hogy az éjszakai-nagylepke közösségeket nem az erdőállomány kora befolyásolja elsősorban, hanem egyéb tényezők. Ilyen például a vegetáció borítása és fajösszetétele, melyet több szerző összefüggésbe hozott az erdődinamikai folyamatokkal és az erdészeti kezelésekkel (pl.: Spiecker 2003, Decocq és mtsai 2005, Kelemen és mtsai 2014). Ez utóbbi konklúzió megértése és tisztázása további kutatásokat igényel.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetünket fejezzük ki Forgács Mariannának és Németh Tamás Mártonnak a mintavételezésben nyújtott segítségért. Továbbá hálásak vagyunk a vizsgálathoz, valamint a dolgozat elkészítéséhez nyújtott ötletekért és tanácsokért Sáfián Szabolcsnak, Kovács Gyulának, Winkler Dánielnek és Tóth Viktóriának. A kutatás anyagi háttérét a Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kara, illetve a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004 projekt biztosította.

IRODALOMJEGYZÉK

- Ambrus A. 1979: Újabb adatok a Soproni hegyvidék lepke-faunájához (Összehasonlító elemzés soproni és zalai erdő-társulások lepke-faunája között, különös tekintettel a bükkös ökoszisztémákra). TDK dolgozat, Erdészeti és Faipari Egyetem.
- Axmacher, J.C.; Brehm, G.; Hemp, A.; Tünte, H.; Lyaruu, H.V.M.; Müller-Hohenstein, K. and Fiedler, K. 2009: Determinants of diversity in afrotropical herbivorous insects (Lepidoptera: Geometridae): plant diversity, vegetation structure or abiotic factors. *Journal of Biogeography*, 36: 337–349.
- Axmacher, J.C.; Tünte, H.; Schrupf, M.; Müller-Hohenstein, K.; Lyaruu, H.V.M. and Fiedler, K. 2004: Diverging diversity patterns of vascular plants and geometrid moths during forest regeneration on Mt Kilimanjaro, Tanzania. *Journal of Biogeography*, 31: 895–904.
- Beck, J. and Khen, C.V. 2007: Beta-diversity of geometrid moths from northern Borneo: effects of habitat, time and space. *Journal of Animal Ecology*, 76: 230–237.
- Bray, J.R. and Curtis, J.T. 1957: An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27: 325–349.
- Choi, S.-W. 2008: Diversity and composition of larger moths in three different forest types of Southern Korea. *Ecological Research*, 23: 503–509.
- Colwell, R.K.; Mao, C.X. and Chang, J. 2004: Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, 85: 2717–2727.
- Csóka Gy. 1998: A Magyarországon honos tölgyek herbivor rovaregyüttese. *Erdészeti Kutatások*, 88: 311–318.
- Csóka, Gy. and Szabóky, Cs. 2005: Cheklist of Herbivorous Insects of Native and Exotic Oaks in Hungary I. (Lepidoptera). *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 1: 59–72.
- Danszky I. 1973: Erdőművelés. Irányelvek, eljárások, technológiák II. Erdőnevelés-erdővédelem. Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat, Budapest.
- Decocq, G.; Aubert, M.; Dupont, F.; Bardat, J.; Wattez-Franger, A.; Saguez, R.; de Foucault, B.; Alard, D. and Delelis-Dusollier, A. 2005: Silviculture-driven vegetation change in a European temperate deciduous forest. *Annals of Forest Science*, 62: 313–323.
- Dolek, M.; Freese-Hager, A.; Bussler, H.; Floren, A.; Liegl, A. and Schmidl, J. 2009: Ants on oaks: effects of forest structure on species composition. *Journal of Insect Conservation*, 13: 367–375.

- Dövényi Z. (szerk.) 2010: Magyarország kistájainak katasztere – Második, átdolgozott és bővített kiadás. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest.
- Hammer, Ø.; Harper, D.A.T. and Ryan, P.D. 2001: PAST – Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1): 1-9.
- Hawes, J.; da Silva Motta, C.; Overal, W.L.; Barlow, J.; Gardner, T.A. and Peres, C.A. 2009: Diversity and composition of Amazonian moths in primary, secondary and plantation forests. *Journal of Tropical Ecology*, 25 (3): 281-300.
- Horák, J. 2011: Response of saproxylic beetles to tree species composition in a secondary urban forest area. *Urban Forestry & Urban Greening*, 10: 213-222.
- Horváth B. 2013: Különböző erdőállományok diverzitásának összehasonlítása az éjszakai nagylepke közösségek alapján (Lepidoptera: Macroheterocera) fénycsapdák alkalmazásával. *Erdészettudományi Közlemények*, 3: 229-237.
- Horváth, B.; Tóth, V. és Kovács, Gy. 2013: The Effect of Herb Layer on Nocturnal Macrolepidoptera (Lepidoptera: Macroheterocera) Communities. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 9: 43-56.
- Ings, T.C. and Hartley, S.E. 1999: The effect of habitat structure on carabid communities during the regeneration of a native Scottish forest. *Forest Ecology and Management*, 119: 123-136.
- Kelemen, K.; Kriván, A. and Standovár, T. 2014: Effects of land-use history and current management on ancient woodland herbs in Western Hungary. *Journal of Vegetation Science*, 25: 172-183.
- Kenderes, K. and Standovár, T. 2003: The impact of forest management on forest floor vegetation evaluated by species traits. *Community Ecology*, 4 (1): 51-62.
- Krebs, C.J. 1978: *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. 6th ed. Benjamin Cummings, San Francisco, USA.
- Krebs, C.J. 1989: *Ecological Methodology*. Harper and Row Publisher, New York.
- Lakatos F. 1997: Szűkárósítások alakulása a Soproni-hegyvidéken. *Erdészeti Lapok*, 132 (10): 325-326.
- Leskó K. és Ambrus A. 1998: Sopron környékének nagylepkefaunája fénycsapdás gyűjtések alapján. *Erdészeti Kutatások*, 88: 273-304.
- Magura, T.; Tóthmérész, B. and Bordán, Zs. 2000: Effects of nature management practice on carabid assemblages (Coleoptera: Carabidae) in non-native plantation. *Biological Conservation*, 93: 95-102.
- Mészáros Z. és Szabóky Cs. 1981: A Fertő-tó nádrontó lepkéi. *Növényvédelem*, 17 (9): 372-375.
- Nation, J.L. 2008: Eyes and Vision. 1381-1892. In: Capinera, J.L. (ed.): *Encyclopedia of Entomology*. Second Edition. Volume 4, S–Z. Springer Science+Business Media B.V.
- New, T.R. 2009: *Insect Species Conservation*. Cambridge University Press, New York.
- Nowinszky L. 2007: A Jermy-típusú fénycsapda gyűjtési távolsága fényszennyezett környezetben. *Növényvédelem*, 43 (1): 31-36.
- Nowinszky L. és Ekk I. 1996: Normál és UV fénycsapdák Macrolepidoptera anyagának összehasonlítása. *Növényvédelem*, 32 (11): 557-567.
- Nowinszky L., Ekk I. és Puskás J. 2003: Az alkalmazott fény spektrális összetétele. In: Nowinszky L. (szerk.): *A Fénycsapdázás Kézikönyve*, Savaria University Press, Szombathely, p. 66-69.
- Nöske, N.M.; Hilt, N.; Werner, F.A.; Brehm, G.; Fiedler, K.; Sipman, H.J.M. and Gradstein, S.R. 2008: Disturbance effects on diversity of epiphytes and moths in a montane forest in Ecuador. *Basic and Applied Ecology*, 9: 4-12.
- Park, M.; An, J.-S.; Lee, J.; Lim, J.-T. and Choi, S.-W. 2009: Diversity of Moths (Insecta: Lepidoptera) on Bogildo Island, Wando-gun, Jeonnam, Korea. *Journal of Ecology and Field Biology*, 32 (2): 129-135.
- Pielou, E.C. 1966: The measurement of diversity in different types of biological collection. *Journal of Theoretical Biology*, 13: 131-144.
- Pintérné Nagy E. 2013: Különböző fényforrások hatásának vizsgálata a rovarokra eltérő megvilágítottaságú területeken Jermy-típusú fénycsapdával. *Erdészettudományi Közlemények*, 3: 239-249.
- Powers, R.F. 2001: Assessing Potential Sustainable Wood Yield. 105-128. In: Evans, J. (ed.): *The Forests Handbook*. Volume 2. Applying Forest Science For Sustainable Management. Blackwell Science Ltd., London, UK.
- Puskás, J. and Nowinszky, L. 2011: Light-trap catch of Macrolepidoptera species compared the 100 W normal and 125 W BL lamps. *e-Acta Naturalia Pannonica*, 2 (2): 179-192.
- Raaijmakers, J.G.W. 1987: Statistical analysis of the Michaelis-Menten equation. *Biometrics*, 43: 793-803.



- Reemer, M. 2005: Saproxylic hoverflies benefit by modern forest management (Diptera: Syrphidae). *Journal of Insect Conservation*, 9: 49-59.
- Regnery, B.; Paillet, Y.; Couvet, D. and Kerbiriou, C. 2013: Which factors influence the occurrence and density of these microhabitats in Mediterranean oak forests? *Forest Ecology and Management*, 295: 118-125.
- Sáfián Sz. és Szegedi B. 2008: A behurcolt tölgy-selyemlepké (Antheraea yamamai Guérin-Méneville, 1861) (Saturniidae: Lepidoptera) megjelenése a Soproni-hegyvidéken. *Szélkiáltó*, 13: 29.
- Sáfián Sz.; Ambrus A. és Horváth B. 2009: Új fajok Sopron környékének éjjeli nagylepkefaunájában (Lepidoptera: Macroheterocera). *Praenoria Folia Historico-Naturalia*, 11: 189-201.
- Sáfián Sz.; Hadarics, T.; Szegedi B. és Horváth Á. 2006: Ritka lepkefajok (Lepidoptera) előfordulási adatai egy Fertőrákos melletti mészköbányából. *Szélkiáltó*, 12: 28-32.
- Schmitt, T. 2003: Influence of forest and grassland management on the diversity and conservation of butterflies and burnet moths (Lepidoptera, Papilionoidea, Hesperidae, Zygaenidae). *Animal Biodiversity and Conservation*, 26 (2): 51-67.
- Schowalter, T.D. 2011: *Insect Ecology. An Ecosystem Approach*. Third Edition. Academic Press, London, 656 pp.
- Scoble, M.J. 1992: *The Lepidoptera: Form, Function, and Diversity*. Oxford University Press, New York.
- Shannon, C.E. and Weaver, W. 1949: *The mathematical theory of communication*. Urbana, Illinois, Univ. Illinois Press.
- Simpson, E.H. 1949: Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.
- Spiecker, H. 2003: Silvicultural management in maintaining biodiversity and resistance of forests in Europe-temperate zone. *Journal of Environmental Management*, 67: 55-65.
- Summerville, K.S. and Crist, T.O. 2002: Effects of timber harvest on forest Lepidoptera: Community, guild, and species responses. *Ecological Applications*, 12 (3): 820-835.
- Summerville, K.S. and Crist, T. O. 2003: Determinants of lepidopteran community composition and species diversity in eastern deciduous forests: roles of season, eco-region and patch size. *Oikos*, 100: 134-148.
- Summerville, K.S.; Saunders, M.R. and Lane, J.L. 2013: The Lepidoptera as predictable communities of herbivores: a test of niche assembly using the moth communities of Morgan-Monroe State Forest. 237-252. In: Swihart, R.K.; Saunders, M.R.; Kalb, R.A.; Haulton, G.S. and Michler, C.H. (eds.): *The Hardwood Ecosystem Experiment: a framework for studying responses to forest management*. General Technical Report NRS-P-108. Newton Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station.
- Szomorád F. 2011: A Soproni-hegység erdeinek történeti, növényföldrajzi és cönológiai vizsgálata. *Tilia*, 16: 1-205.
- Thomas, P.A. and Packham, J.R. 2007: *Ecology of Woodlands and Forests. Description, Dynamics and Diversity*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Tinya, F.; Mihók, B.; Márialigeti, S.; Mag, Zs. and Ódor, P. 2009: A comparison of three indirect methods for estimating understory light at different spatial scales in temperate mixed forests. *Community Ecology*, 10: 81-90.
- Tóthmérész, B. 1995: Comparison of different methods for diversity ordering. *Journal of Vegetable Science*, 6: 283-290.
- Tóthmérész B. 1997: *Diverzitási rendezések*. Scientia Kiadó, Budapest.
- Truxa, C. and Fiedler, K. 2012: Attraction to light – from how far do moths (Lepidoptera) return to weak artificial sources of light? *European Journal of Entomology*, 109: 77–84.
- Usher, M.B. and Keiller, S.W.J. 1998: The macrolepidoptera of farm woodlands: determinants of diversity and community structure. *Biodiversity and Conservation*, 7: 725-748.
- Varga Z. (szerk.) 2010: *Magyarország nagylepkéi*. Heterocera Press, Budapest.
- Wood, D.L. and Storer, A.J. 2003: Forest Habitats. 442-454. In: Resh, V. H. and Cardé, R. T. (eds.): *Encyclopedia of Insects*, Academic Press, London.
- Yoshimura, M. 2009: Impact of secondary forest management on ant assemblage composition in the temperate region in Japan. *Journal of Insect Conservation*, 13: 563-568.

*Érkezett: 2014. március 17.
Közlésre elfogadva: 2014. július 15.*