

KÜLÖNBÖZŐ ERDŐÁLLOMÁNYOK DIVERZITÁSÁNAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA AZ ÉJSZAKAI NAGYLEPKE KÖZÖSSÉGEK ALAPJÁN (LEPIDOPTERA: MACROHETEROCERA) FÉNYCSAPDÁK ALKALMAZÁSÁVAL

Horváth Bálint

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

Kivonat

A dolgozat három különböző állomány (elegyes kocsánytalan tölgyes, kocsánytalan tölgyes, bükkös) éjszakai nagylepke-közösségét hasonlítja össze a Soproni-hegyvidéken. A vizsgálat 2008 májusától novemberéig tartott hordozható fénycsapdák használatával. A mintaterületeken összesen 12 család 349 lepkefajának 8046 egyedét határoztuk meg. A vizsgálat célja annak a hipotézisnek az igazolása, hogy az elegyes erdőállományban nagyobb az éjszakai nagylepke diverzitás. A diverzitási értékeket Shannon- és Simpson-formulával határoztuk meg, a diverzitásokat Hutcheson-féle t-próbával és Rényi-féle diverzitási rendezéssel hasonlítottuk össze. Az eredmények alapján a vizsgált elegyes erdőállományban magasabb volt az éjszakai nagylepkék diverzitás értéke, mint a bükkös mintaterületen. A tölgyes erdőállományt nem lehetett egyértelműen rangsorolni a másik két mintaterülethez képest.

Kulcsszavak: Soproni-hegyvidék, erdőállományok, éjjeli lepkék, diverzitás, diverzitási rendezés, erdészeti kezelések, fénycsapda

COMPARING DIVERSITY OF NOCTURNAL MACROLEPIDOPTERA COMMUNITIES (LEPIDOPTERA: MACROHETEROCERA) IN DIFFERENT FOREST STANDS USING LIGHT TRAPS

Abstract

Macrolepidoptera communities and their diversity was compared in three different forest stands (mixed sessile oak, sessile oak and beech forests) in the Sopron Mountains. The monitoring was carried out from May to November 2008, using portable light traps and we identified a total of 349 species and 8,046 individuals in 12 families. The results suggest that the mixed forest stand has higher diversity of macrolepidoptera species. The diversity was determined using Shannon and Simpson diversity models. To compare diversity values, Hutcheson's t-test was used. Furthermore, the diversity values were ranked by Rényi's diversity ordering. The results show higher diversity in the mixed oak forest stand, while the beech forest stand had lower diversity of macromoth communities. Ranking of the unmixed oak forest stand was not possible.

Keywords: Sopron Mountains, forest stands, nocturnal moths, diversity, diversity ordering, forest management, light trap

BEVEZETÉS

Az erdő a legmagasabb szintű és legösszetettebb életközösség, melyet a fás növények mellett számtalan egyéb növény- és állatcsoport alkot. Az erdei életközösségek fenntartható megőrzésének egyik igen lényeges tényezője az erdőgazdálkodás módja (Summerville és Crist 2002). Számos szerző foglalkozott már az erdei ökoszisztémáknak a biodiverzitás megőrzésében betöltött szerepével (pl.: Niemelä 1997; Usher és Keiller 1998; Gascon és mtsai 1999; Kitching és mtsai 2000; Summerville és Crist 2003; Dunn 2004; Summerville és mtsai 2004; Beck és mtsai 2006; Ober és Hayes 2009; Taki és mtsai 2010; Fiedler és Truxa 2012). Az erdészeti beavatkozások biodiverzitásra gyakorolt hatása azonban nincs teljesen tisztázva (Bawa és Seidler 1998; Fermon és mtsai 2000; Lindenmayer és mtsai 2000).

Napjainkban a fenntartható erdőgazdálkodás kiemelt jelentőségű téma a konzervációbiológiai és ökológiai tanulmányokban (Primm és mtsai 2004; Thomas és Packham 2007; Sodhi és Ehrlich 2010). Az erdei ökoszisztémák élővilágának egyik legnépesebb csoportját a rovarok alkotják, melyek nemcsak fogyasztói a növényeknek (herbivor rovarok), hanem táplálékot is jelentenek számos állatcsoport (pl.: madarak, pókok, darazsak) számára. Az erdei rovarközösségeket rendkívüli fajgazdagság jellemzi, sok közülük speciális környezeti adottságokhoz kötődik (pl. a táplálékspecialisták), így többségük alkalmazható lehet a biológiai diverzitás indikátoraként (New 2009; Park és mtsai 2009). Az egyik leggyakrabban vizsgált rovarcsoport a lepkék rendje (Kitching és mtsai 2000; Summerville és Crist 2003; Summerville és mtsai 2004). A nappali lepkékkel több tanulmány foglalkozik (pl.: Larsen 1996; Haddad 1999; Jeanneret és mtsai 2003; Tudor és mtsai 2004; Benes és mtsai 2006; Cleary és Genner 2006), az éjszakai lepkék azonban sokkal meghatározóbb szerephez jutnak az erdei ökoszisztémákban. Ennek alapvető oka, hogy a nappali lepkék fajszáma jóval alacsonyabb az erdei élőhelyeken (Scoble 1992; Schmitt 2003).

Tanulmányom három, eltérő fajaj-összetételű erdőállomány éjszakai nagylepke (Macroheterocera) diverzitásának összehasonlítását ismerteti. A munka célja azon hipotézis vizsgálata, miszerint egy elegyesebb erdő magasabb éjszakai nagylepke diverzitást tart fenn.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálati terület

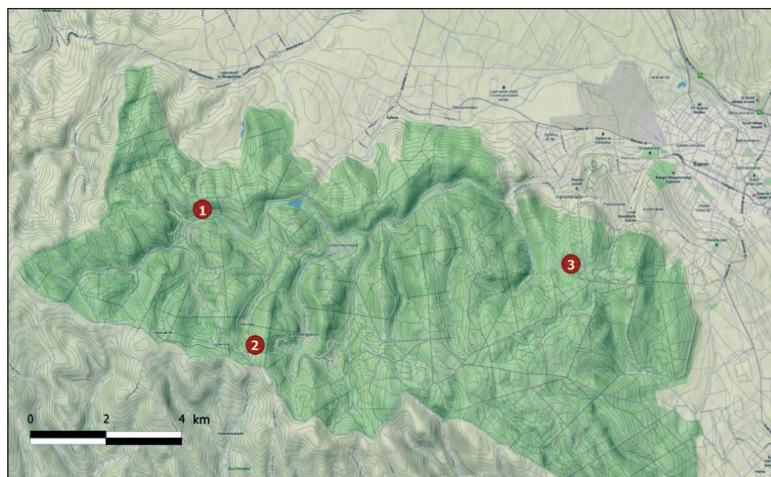
A vizsgálatokat az Alpok legkeletibb nyúlványát képző, több mint 5000 hektár kiterjedésű Soproni-hegyvidék kistáj területén végeztem (1. ábra), melyen az erdős területek aránya magas, közel 90% (Dövényi 2010). A Sopron környéki erdőkben már a 12–13. században intenzív erdőhasználat vette kezdetét. Az 1850-es évek után nagymértékű fenyvesítés indult, a lombhullató erdők aránya az 1980-as évek végéig folyamatosan csökkent. Ennek köszönhető, hogy a Soproni-hegyvidék erdőállományainak fajaj-összetétele napjainkban sok helyen eltér a természetes állományokra jellemzőktől (Tamás 1955; Szmorad 2011).

A vizsgálat három idős (>100 év), őshonos erdőállományra fókuszált (1. ábra).

1. Elegyes erdőállomány (Ház-oldal; N47°40'27", E16°27'59", 400 m; 7,3 ha): Az állományalkotó fajok száma magas. Felméréseink során 7 fajajt találtunk, melyek közül domináns volt a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* (50%)), ezen kívül gyertyán (*Carpinus betulus*), erdeifenyő (*Pinus sylvestris*), bükk (*Fagus sylvatica*), szelídgesztenye (*Castanea sativa*), vörösfenyő (*Larix decidua*), és nagylevelű hárs (*Tilia platyphyllos*) fordult elő. A lombkoronaszint záródása 70–80% közötti. Gazdag aljnövényzet és cserjeszint, valamint természetes lékek jellemezik. Ennek a mintaterületnek a jellemzői hasonlóan leginkább a természetes erdőkéhez (Standovář 2000; Szmorad és mtsai 2002).

2. Tölgyes erdőállomány (Fáber-rét; N47°39'58", E16°33'10", 385 m; 7,2 ha): Uralkodó fafaj a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*), a lombkoronaszint záródása 90% feletti. Az elegyfafajok száma és aránya alacsony, a főfafajon kívül még csertölgy (*Quercus cerris*) és erdeifenyő (*Pinus sylvestris*) fordult elő. A cserjeszint viszonylag gazdag, a gyepszint borítása magas – domináns faj: *Melica uniflora* (60%).

3. Bükkös erdőállomány (Hermes-domb; N47°39'6", E16°28'39", 490 m; 7,6 ha): az elegyfafajok száma és aránya alacsony. Állományalkotó fafaj a bükk (*Fagus sylvatica*), melyen kívül kocsánytalan tölgyet (*Q. petraea*) és vörösfenyőt (*L. decidua*) figyeltünk meg. A lombkoronaszint záródása 95% feletti. A cserjeszint és a gyepszint szubnudum.



1. ábra: A mintavételi területek elhelyezkedése a Soproni-hegyvidéken. (1) Elegyes erdőrésztlet; (2) Bükkös erdőrésztlet; (3) Tölgyes erdőrésztlet

Figure 1: Sampling sites in the Sopron Mountains. (1) Mixed oak forest; (2) Beech forest; (3) Poor oak forest

Mintavételi módszer

A vizsgálat a pozitív fototaxisú éjszakai nagylepkekre terjedt ki, melyeket hordozható fénycsapdákkal (vödör csapda) figyeltünk meg, 2008 májusától novemberéig, összesen 9 mintavételi alkalommal. A vödör csapdák 12 V-os zselés akkumulátorral üzemeltek, 8 W-os UV-fénycsővel (black light) felszerelve. Habár az egyes lepkésaladók eltérő intenzitással reagálnak a különböző mesterséges fényforrásokra (Nowinszky és Ekk 1996, Puskás és Nowinszky 2011), az UV-fényű csapdák a legelterjedtebb eszközei az éjszakai lepkéközségek megfigyelésének (Summerville és Crist 2003).

Mintaterületenként 2 csapda működött egy időben, legalább 50 méter távolságban egymástól és az erdőszegélytől. Egy mintavételezés négy egymást követő éjszakan zajlott, így a csapdák összesen 36 éjszakát működtek egy vizsgált erdőrésztletben. A megfigyelések napnyugtától napkelteig tartottak, kerülve a heves esőket.

A fénycsapdás mintavételeket számos környezeti tényező befolyásolhatja, eltérő mértékben (Nowinszky 2003), melyek hatását a gyűjtött minta minőségére jelen dolgozat nem tárgyalja.

A kiértékelés módszerei

A megfigyelt lepkéközségeket közösségi ökológiai paraméterek alapján hasonlítottuk össze: fajgazdagság, abundanciaviszonyok, Shannon-diverzitás (Shannon és Weaver 1949), Simpson-diverzitás (Simpson

1949), kiegyenlítetttség (Pielou 1966), illetve diverzitási összehasonlítások. Az adatok kiértékelését a PAST program (Paleontological Statistic Software) (Hammer és mtsai 2001) segítette. Előfordultak olyan fajok, melyeket nem lehetett külső makromorfológiai bélyegek alapján meghatározni (*Eupithecia* spp., *Mesapamea secalis* agg.). E példányok faj szintű határozásától eltekintettünk, a statisztikai kiértékelésben a csoportok összesített egyedszáma szerepel.

A Shannon-diverzitási értékeket a Hutcheson-féle t-próbával (Hutcheson 1970) hasonlítottuk össze, $p=0,01$ szignifikancia szint mellett.

További diverzitási elemzéseket és a Hutcheson-féle t-próba megfelelésének ellenőrzését Rényi-féle diverzitási rendezéssel (Tóthmérész 1997) végeztük. A diverzitás profilok egyfajta grafikus ábrázolásai a különböző diverzitás indexeknek, értéküket a mintát alkotó fajok frekvenciája és az alfa skálaparaméter határozza meg. Egy közösség akkor diverzebb a máséknál, ha a profilja a másiké fölött fut. Abban az esetben, ha a diverzitás profilok metszik egymást, az összehasonlított közösségek diverzitás szempontjából nem rangsorolhatók (Tóthmérész 1995).

Az egyes erdőállományokban megfigyelt lepkefajok gyakoriságát rang abundancia diagramok szemléltetik, ábrázolásuk az illeszkedésvizsgálat eredményei alapján ($p<0,05$) logaritmikus modell segítségével lehetséges.

A mintavételek számának megfelelését a megfigyelt fajszám növekedési ütemével jellemezhetjük, melyet a fajakkumulációs görbék ábrázolnak. A mintavételezési időszakból adódóan a kora tavaszi fajok hiányoznak a mintákból. További, több évet felölelő vizsgálat minden bizonnyal újabb fajok előkerülését eredményezte volna. Az akkumulációs diagram szemlélteti továbbá a fajszám várható növekedési ütemét a mintaszám növelése mellett, a Michaelis-Menten-extrapolációs modell alapján ($y=ax/(b+x)$) (Raaijmakers 1987).

EREDMÉNYEK

A vizsgálatok során összesen 348 lepkefaj 8046 egyedét detektáltuk. Legtöbb faj az elegyes állományból került elő, ezt követte a bükkös, majd a tölgyes. Az egyedszámok nagysága nem függött össze a fajszámokkal. A legmagasabb egyedszámot a bükkösben erdőállományban, majd az elegyes és tölgyes mintaterületeken találtunk (1. táblázat).

1. táblázat: Az éjszakai nagylepke közösségeket jellemző struktúra-paraméterek az egyes mintaterületeken
Table 1: Ecological structural characteristics of macrolepidoptera communities in the different forest stands

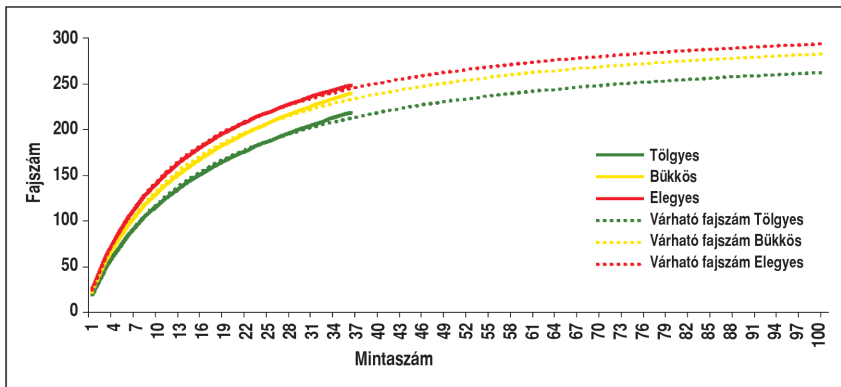
	Elegyes	Tölgyes	Bükkös
Fajszám	249	219	240
Egyedszám	2612	1975	3459
Shannon-diverzitás	4,414	4,364	4,008
Simpson-diverzitás	0,9722	0,9752	0,9604
Pielou-féle kiegyenlítetttség	0,8	0,8098	0,7314

A fajszám és a mintavételek számának összefüggését a fajakkumulációs görbék szemléltetik (sample rarefaction) (2. ábra). Mivel a vizsgálat viszonylag szűk időszakra korlátozódott, és a kora tavaszi aspektus fajai hiányoznak a mintákból, az akkumulációs görbék csak kevésbé laposodnak el. Megnövelt mintaszám esetén a fajszám várható növekedési ütemét a 2. ábra szemlélteti.

A diverzitási indexek nem mutattak egyértelmű eredményt az erdőállományok diverzitásának rangsorolásához. A Shannon-diverzitás értéke az elegyes mintaterületen volt a legmagasabb, ezt követték a tölgyes és

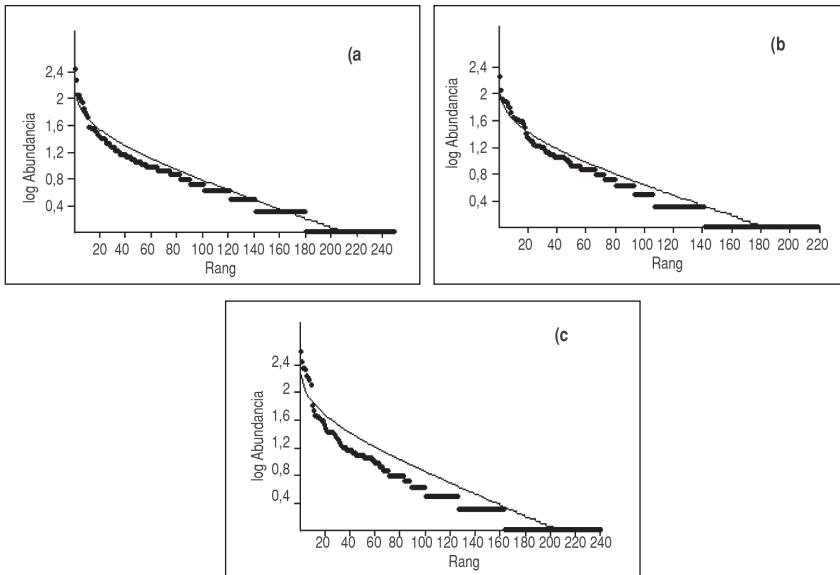
bükkös erdőállományok. A Simpson-diverzitás esetében azonban a tölgyes erdőrézlet – nagyon kicsi eltéréssel – az elegyes elé sorolható (1. táblázat). A kiegyenlítettség a Simpson-index értékeihez hasonló trendet mutatott. A Pielou-index értéke a bükkös erdőállományban volt a legalacsonyabb, míg a tölgyes mintaterületen a legmagasabb (1. táblázat).

A vizsgált területeken megfigyelt lepkéközösségek között további különbséget mutat a domináns és ritka fajok aránya. A rangabundancia görbék jól szemléltetik, hogy mindhárom erdőállomány lepkéközösségében a ritka fajok vannak többségben, de számuk és arányuk eltérő az egyes mintaterületeken (3. ábra a–c).



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

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



3. ábra: Rangabundancia diagramok, melyek megmutatják az egyes fajok gyakoriságát az elegyes (a), tölgyes (b) és bükkös (c) mintaterületeken

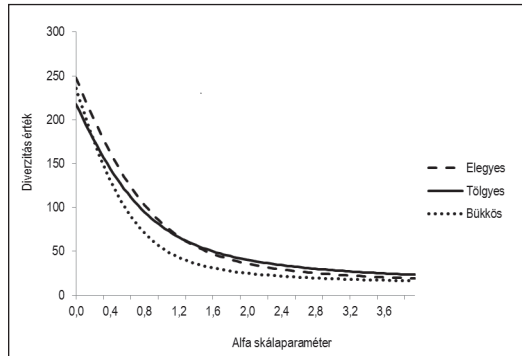
Figure 3: Rank-abundance plots showing the number of captures of macrolepidoptera species in mixed (a), oak (b) and beech (c) forest stands

A Shannon-diverzitások összehasonlítása két erdőpár, az elegyes-bükkös és a bükkös-tölgyes mintaterületek esetében mutatott szignifikáns eltérést. A tölgyes és bükkös erdőállományok nem különböztek számottevően (2. táblázat).

2. táblázat: Az éjszakai nagylepke közösségek Shannon-diverzitásának összehasonlítása Hutcheson-féle t-próbával
Table 2: Comparison of Shannon diversity values using Hutcheson's t-test

	Elegyes	Bükkös
Bükkös	$t=10,3; p=1,5E-24$	
Tölgyes	$t=1,3; p=0,18$	$t=8,6; p=1,3E-17$

A Rényi-féle diverzitási rendezések alapján azonban már csak az elegyes és a bükkös erdőrészlet volt viszonyítható egymáshoz. A tölgyes mintaterület diverzitásprofilja metszette a további két diverzitásprofil, így rangsorolása nem volt lehetséges (4. ábra).



4. ábra: A megfigyelt éjszakai nagylepke közösségek diverzitás profiljai az egyes mintaterületeken
Figure 4: Diversity profiles of the sampled macrolepidoptera communities in the sampling sites

MEGVITATÁS

A Sopron környéki nagylepkék elterjedéséről több tanulmány is beszámol (Mészáros és Szabóky 1981; Leskó és Ambrus 1998; Sáfíán és mtsai 2006; Sáfíán és Szegedi 2008; Sáfíán és mtsai 2009), de a vizsgált területről lepkékre vonatkozó kvantitatív összehasonlító munka még nem született. Korábban Ambrus (1979) hasonlította össze soproni és zalai erdőállományok lepkefaunáját.

A vizsgálat során tesztelt hipotézis, miszerint egy elegyes erdőállomány éjszakai nagylepke diverzitása nagyobb) csak részben igazolódott be. A diverzitásértékek és a diverzitás-összehasonlítások is alátámasztották a vizsgált elegyes erdőállomány nagyobb éjszakai nagylepke diverzitását a bükkös mintaterülettel szemben. A tölgyes erdőállomány diverzitásprofilja azonban metszette az elegyes és bükkös mintaterületek diverzitásprofilját, így viszonyítása a vizsgált területekhez képest nem lehetséges egyértelműen. A megfigyelt fajszám és egyedszám egyaránt a tölgyes erdőállományban volt a legalacsonyabb. Ennek ellenére a Shannon- és Simpson-formula értékei a tölgyes erdőállomány esetében magasabbak voltak, mint a bükkös mintaterületen megállapított értékek. A magasabb diverzitásérték ebben az esetben a megfigyelt lepkefajok egyenletesebb eloszlásával magyarázható. A tölgyes erdőállományban detektált alacsonyabb fajszám azonban ellentmond a várható eredményeknek, hiszen tölgy fajokon – vagy azokon is – több lepkefaj fejlődik, mint az egyéb fanemzetségeken (Csóka 1998). Csóka és Szabóky (2005) munkája 308 hazai lepkefajról szá-

mol be, melyek különböző tölgyfajokon fejlődnek. Az éjszakai nagylepkék alacsonyabb diverzitása a bükkös erdőállományban minden bizonnyal a lepkefajok egyenetlenebb eloszlásával magyarázható, de valószínűleg a szubnódum gypeszint, illetve a fa és cserjefajok alacsony száma is közrejátszott. Hazai viszonylatban ismeretlen olyan munka, amely a bükköt fogyasztó lepkefajok fajszámával foglalkozik. Annak ellenére, hogy a bükkös erdőállomány éjszakai nagylepké diverzitása alacsonyabb értéket mutatott, nem hanyagolható el a bükkös erdők fontos szerepe a Soproni-hegyvidék erdei között, például a klimatikus viszonyok, illetve a jelentős biomassza-produktum miatt, de említésre méltó a bükkösökre jellemző silvicol, nemorális vagy altoherbosa fa-naelemek magas aránya is (Ambrus 1981, 1984).

Az eltérő eredmények a diverzitásformulák ritka és gyakori fajokra mutatott különböző érzékenységgel és a fajok kiegyenlítetttségének eltérő mértékével magyarázhatóak. Míg a Shannon-formula a minta ritka elemeire, addig a Simpson-index a minta domináns komponenseire helyez nagyobb hangsúlyt (Peet 1974).

Hasonló vizsgálatot végzett többek között Summerville és Crist (2003), akik szignifikáns kapcsolatot találtak az éjszakai nagylepké közösségek és az erdei növényzet struktúrája között. A lepkék számára megfelelő erdő- és növénystruktúra kialakításában az erdészeti kezeléseknél igen fontos szerepük van. Az erdőszerkezet kialakulása jelentős mértékben függ az erdészeti (fahasználati) beavatkozások módjától. Az éjszakai lepke-közösségek szempontjából több szerző is kedvezőbbnek találta azokat az erdőhasználati módokat, amelyek folyamatos erdőborítást biztosítanak (Summerville és Crist 2002; Ober és Hayes 2009; Taki és mtsai 2010). A nevelővágások alapvetően meghatározzák a lombkoronaszint alatti növényzet fajösszetételét, borítását és szerkezetét, melyek a legfontosabb faktorai az éjszakai lepke közösségek struktúrájának (Usher és Keiller 1998; Ober és Hayes 2009).

Kutatásom eredményei szintén megerősítik a növényfajok számának és a vegetáció struktúrájának fontos szerepét az erdei élőhelyeken, de ennek biztosabb beigazolása és pontosabb megismerése további vizsgálatokat igényel, hiszen a kapott eredmények számos egyéb kérdést vetnek fel (pl.: a mezoklíma szerepe, a csapadék körüli mikroklimatikus viszonyok, kitétség, lombkoronaszint-borítás, színteztettség stb.).

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet fejezem ki Sáfián Szabolcsnak, Kovács Gyulának, Winkler Dánielnek, Németh Tamás Mártonnak, Tóth Viktóriának és Knábel Norbertnek, hogy segítségemre voltak a határozásban, a botanikai felmérésben, a mintavételezésben, illetve a kézirat elkészítésében. A kézirat elkészítését a TÁMOP-4.2.2.B-10/1-2010-0018 projekt támogatta. A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú *Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program* című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Ambrus A. 1979: Újabb adatok a Soproni-hegyvidék lepkefaunájához (Összehasonlító elemzés soproni és zalai erdőársulások lepkefaunája között, különös tekintettel a bükkös ökoszisztémákra). TDK-dolgozat, Erdészeti és Faipari Egyetem, 25 pp+8 oldal melléklet.
- Ambrus A. 1981: A zalai bükkösök lepkefaunájának vizsgálata. Diplomadolgozat, Erdészeti és Faipari Egyetem, 27 pp+34 oldal melléklet.
- Ambrus A. 1984: A Zalai-dombvidék nagylepkéinek öko-faunisztikai és állatföldrajzi elemzése. Doktori értekezés, Eötvös Lóránd Tudományegyetem, 130 pp.

- Bawa, K. S. and Seidler, R. 1998: Natural Forest Management and Conservation of Biodiversity in Tropical Forests. *Conservation Biology*, 12 (1): 46–55.
- Beck, J.; Kitching, J. I. and Linsenmair, K. E. 2006: Effects of habitat disturbance can be subtle yet significant: biodiversity of hawkmoth-assemblages (Lepidoptera: Sphingidae) in Southeast-Asia. *Biodiversity and Conservation*, 15:465–468.
- Benes, J.; Cizek, O.; Dovala, J. and Konvicka, M. 2006: Intensive game keeping, coppicing and butterflies: The story of Milovicky Wood, Czech Republic. *Forest Ecology and Management*, 237: 353–365.
- Cleary, D. F. R. and Genner, M. J. 2006: Diversity patterns of Bornean butterfly assemblages. *Biodiversity and Conservation*, 15: 503–524.
- 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.
- Dövényi Z. (szerk.) 2010: Magyarország kistájainak katasztere – Második, átdolgozott és bővített kiadás. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 876 pp.
- Dunn, R. R. 2004: Managing the tropical landscape: a comparison of the effects of logging and forest conservation to agriculture on ants, birds, and Lepidoptera. *Forest Ecology and Management*, 191: 215–224.
- Fermon, H.; Waltert, M.; Larsen, T. B.; Dall'Asta, U. and Mühlenberg, M. 2000: Effects of forest management on diversity and abundance of fruit-feeding nymphalid butterflies in south-eastern Côte d'Ivoire. *Journal of Insect Conservation*, 4: 173–189.
- Fiedler, K. és Truxa, C. 2012: Species richness measures fail in resolving diversity patterns of speciose forest moth assemblages. *Biodiversity Conservation*, 21: 2499–2508.
- Gascon, C.; Lovejoy, T. E.; Bierregaard, R. O. Jr.; Malcolm, J. R.; Stouffer, P. C.; Vasconcelos, H. L.; Laurance, W. F.; Zimmerman, B.; Tocher, M. and Borges, S. 1999: Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. *Biological Conservation*, 91: 223–229.
- Haddad, N. M. 1999: Corridor and distance effects on interpatch movements: A landscape experiment with butterflies. *Ecological Applications*, 9 (2): 612–622.
- Hammer, R.; Harper, D. A. T. and Ryan, P. D. 2001: PAST – Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): 9 pp.
- Hutcheson, K. 1970: A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *Journal of Theoretical Biology*, 29: 151–154.
- Jeanneret, P. H.; Schüpbach, B. and Luka, H. 2003: Quantifying the impact of landscape and habitat features on biodiversity in cultivated landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98: 311–320.
- Kitching, L. R., Orr, A. G., Thalib, L., Mitchell, H., Hopkins, M. S. and Graham, A. W. 2000: Moth assemblages as indicators of environmental quality in remnants of upland Australian rain forest. *Journal of Applied Ecology* 37: 284–297.
- Larsen, T. B. 1996: Butterflies as indicator species in Africa. *Tropical Lepidoptera News*, 3: 1–4.
- Leskó K. és Ambrus A. 1998: Sopron környékének nagylepkéfaunája fénycsapdás gyűjtések alapján. *Erdészeti Kutatások*, 88: 273–304.
- Lindenmayer, D. B., Margules, C. R. and Botkin, D. B. 2000: Indicators of Biodiversity for Ecologically Sustainable Forest Management. *Conservation Biology*, 14 (4): 941–950.
- Mészáros Z. és Szabóky Cs. 1981: A Fertő tó nádtróntó lepkéi. *Növényvédelem*, 17(9): 372–375.
- New, T. R. 2009: *Insect Species Conservation*. Cambridge University Press, New York, 256 pp.
- Niemalä, J. 1997: Invertebrates and Boreal Forest Management. *Conservation Biology*, 11(3): 601–610.
- Nowinszky L. és Ekk I. 1996: Normál és UV-fénycsapdák Macrolepidoptera anyagának összehasonlítása. *Növényvédelem*, 32 (11): 557–567.
- Nowinszky L. (ed.) 2003: *A fénycsapdázás kézikönyve*. Savaria University Press, Szombathely, 272 pp.
- Ober, H. K. and Hayes, J. P. 2009: Determinants of nocturnal Lepidopteran diversity and community structure in a conifer-dominated forest. *Biodiversity and Conservation*, 19(3): 761–774.
- 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.
- Peet, R. K. 1974: The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5: 285–307.
- Pielou, E. C. 1966: The measurement of diversity in different types of biological collection. *Journal of Theoretical Biology*, 13: 131–144.

- Primm, S. L., Russel, G. J., Gittleman, J. L. and Brooks, T. M. 2004: The future of Biodiversity. *Science* 269: 347–350.
- Puskás J. and Nowinsky 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.
- Sáfián Sz.; Ambrus A. és Horváth B. 2009: Új fajok Sopron környékének éjjeli nagylepkefaunájában (Lepidoptera: Macroheterocera). *Praenorica Folia Historico-Naturalia*, 11: 189–201.
- Sáfián Sz.; Hadarics, T.; Szegedi B. és Horváth Á. 2006: Ritka lepkefajok (Lepidoptera) előfordulási adatai egy Fertőrákos melletti mészkőbányából. *Szélkiáltó*, 12: 28–32.
- Sáfián Sz. és Szegedi B. 2008: A behurcolt tölgy-selyemlepke (*Antheraea yamamai* Guérin-Ménéville, 1861) (Saturniidae: Lepidoptera) megjelenése a Soproni-hegyvidéken. *Szélkiáltó*, 13: 29.
- 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.
- 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*. University of Illinois Press, Urbana, Illinois.
- Simpson, E. H. 1949: Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.
- Sodhi, N. S. és Ehrlich, P. R. (szerk.) 2010: *Conservation Biology for All*. Oxford University Press, New York, United States, 344 pp.
- Standovár T. 2000: A természetes és a kezelt erdők főbb különbségei. In: Frank T. (ed.) *Természet-Erdő-Gazdálkodás. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Pro Silva Hungaria, Eger*, p. 26–37.
- 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.; Ritter, L. M. and Crist, T. O. 2004: Forest moth taxa as indicators of lepidopteran richness and habitat disturbance: a preliminary assessment. *Biological Conservation*, 116: 9–18.
- Szmorad F. 2011: A Soproni-hegység erdeinek történeti, növényföldrajzi és ökológiai vizsgálata. *Tilia XVI.*, 205 pp. + 61 pp. melléklet.
- Szmorad F.; Csépanyi P.; Csóka Gy.; Frank N.; Ilonczai Z. és Kovács T. 2002: A fafajok és az egyenletesség szerepe erdeinkben. *Erdészeti lapok*, 137 (2): 57–60.
- Taki, H.; Inoue, T.; Tanaka, H.; Makihara, H.; Sueyoshi, M.; Isono, M. and Okabe, K. 2010: Responses of community structure, diversity, and abundance of understory plants and insects assemblages to thinning in plantations. *Forest Ecology and Management*, 259: 607–613.
- Tamács J. 1955: A soproni-hegyvidéki erdők történelmi fejlődése, tájleírásai a fafaj, elegyarány és korosztály viszonylatában napjainkig. *Kézirat, Nyugat-magyarországi Egyetem, Növénytani és Természetvédelmi Intézet, Sopron*, 149 pp.
- Thomas, P. A. and Packham, J. R. 2007: *Ecology of Woodlands and Forests. Description, Dynamics and Diversity*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 528 pp.
- 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 98 pp.
- Tudor, O.; Dennis, R. L. H.; Greatorex-Daavis, J. N. and Sparks, T. H. 2004: Flower preferences of woodland butterflies in the UK: nectaring specialists are species of conservation concern. *Biological Conservation*, 119 (3): 397–403.
- 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.

Érkezett: 2013. március 7.

Közlésre elfogadva: 2013. június 28.