

## Tegzes (Trichoptera) fajok fénycsapdás fogásának változása eltérő holdfázisokban

### Changes of the light-trap catch of caddisflies (Trichoptera) species in different moon phases

Nowinszky László <sup>(1)</sup>, Kiss Ottó <sup>(2)</sup>, Szentkirályi Ferenc <sup>(3)</sup>, Puskás János <sup>(1)</sup>

**Abstract** – The study deals with the light-trap catch of eight Trichoptera species in connection with the moon phases. The light-traps operated in years between 1981 and 2005 at ten townships. Relative catch values were calculated from data of light-traps, they were assigned to the moon phases, they were averaged and the results were plotted with the regression equation. We found that the light trapping of these species is most successful in vicinity of First- and Last Quarter of Moon, Full Moon or New Moon. The study demonstrated in the first time the increasing effect of polarized moonlight on the flying activity of caddisflies. Our results can be utilized by the environmental research.

**Key words** – Trichoptera, caddisflies, light trapping, moon phases, polarized moonlight, Hungary.

#### Author's addresses:

<sup>(1)</sup> Nyugat-magyarországi Egyetem, Savaria Egyetemi Központ, H-9700 Szombathely, Károlyi Gáspár tér 4.,

e-mail: lnowinszky@gmail.com & pjanos@gmail.com

<sup>(2)</sup> H-3300 Eger, Eszterházy Károly Főiskola, Állattani Tanszék, Eszterházy tér 1., e-mail: otto\_kiss@freemail.hu

<sup>(3)</sup> MTA Növényvédelmi Kutató Intézete, H-1525 Budapest, Pf.: 102., e-mail: h2404sze@ella.hu

#### Bevezetés

Az éjjel repülő rovarok tömegviszonyainak és rajzási idejének megállapítására a legáltalánosabban használt mintavételi eszköz a fénycsapda. Az 1950-es évek óta üzemelő magyarországi fénycsapda hálózat az elmúlt évtizedekben felbecsülhetetlen tudományos értékű anyagot biztosított az entomológiai alap kutatás, a növényvédelmi prognosztika és a környezetvédelmi kutatás számára (Nowinszky 2003).

A fénycsapdás rovargyűjtés eredményességét azonban számos környezeti faktor módosítja, mint a meteorológiai elemek, kozmikus változók, de ide sorolható a holdfény is. A Hold fényének a ha-

tásait már évtizedek óta vizsgálják a kutatók. Williams (1936) megállapította, hogy holdtöltekor kevés rovarot gyűjtenek a fénycsapdák. A holdtöltekor tapasztalt alacsonyabb fogásnak Williams (1936) szerint az alábbi okai lehetnek: A holdfény csökkenti a rovarok aktivitását, ezért a fénycsapda által elérhető aktív populáció kisebb, vagy a holdfényvel kiegészült mesterséges fényforrás kisebb területről gyűjt. A teljes holdhónap alatt állandóan változó holdfény befolyásolja gyűjtési távolságokat. Ezeket több kutató is meghatározta a különböző fénycsapda típusokra (Dufay 1964, Bowden & Morris 1975, Nowinszky 2008). Bowden & Morris (1975) a gyűjtési távolság alapján számított indexszámmal korrigálták is a napi gyűjtési eredményeket.

Horváth & Varjú (2004), Warrant et al. (2006) részletesen dokumentálták, hogy számos rovar térbeli tájékozódásában az égbolt polarizációs mintázata fontos szerepet játszik nappal és alkonyatkor, amely a lenyugvó Naptól és a Holdtól származik. Baker & Mather (1982) kísérlettel támasztották alá, hogy egyes lepke fajok felhasználják a Hold fényét térbeli tájékozódásukhoz. Nowinszky et al. (1979), valamint Danthanarayana & Dashper (1986) fogási maximumot tapasztaltak az első és utolsó holdnegyedben, amikor a holdfény polarizált aránya a legmagasabb. Gál et al. (2001) az éjszakai égbolt polarizációs mintázatát vizsgálva, beleértve az Arago és a Babinet-pontok helyzetét is, holdtölte idején gyakorlatilag azonosnak találták a nappali égbolttal, amennyiben a Nap és a Hold zenittávolsága megegyezett. Dacke et al. (2003) kísérleti úton bizonyították be, hogy egy afrikai ganajtúró bogár (*Scarabeus zambesianus* Péringuey) a napfénynél nagyságrendben milliószor halványabb holdfény polarizációs mintázatát is képesek felhasználni tér-

beli tájékozódásukhoz. Későbbi vizsgálataikból arra következtettek, hogy általában az éjszaka aktív rovarok érzékenysége igen erős lehet a holdfény égbolt polarizációs mintázatának észlelésében, hiszen az első- és utolsó holdnegyed gyenge fényintenzitása mellett is a tájolás ugyanolyan pontos, mint a holdtölte esetében (Dacke et al. 2011; Warrant & Dacke 2011).

A vízi rovarok többségénél bizonyított, hogy képesek érzékelni a vízfelületekről visszavert horizontális lineárisan polarizált fényt, amelynek segítségével találják meg az élőhelyüket. A vízfelületekről visszavert polarizált fény szerepét a vízi rovarok tájékozódásában Schwind & Horváth (1993), Horváth (1995a és 1995b), Horváth & Gál (1997), Horváth & Varjú (1997) kísérletekben tanulmányozták. A vízfelületeket sok rovar összetéveszti kátránytavakkal, vagy a fekete fóliákkal (Kriska et al. 1998), mivel azok sokkal polárosabbak lehetnek, mint egy víztócsa. Az Öböl-háborúból visszamaradt kőolajtavak fénytükrözési és fénypolarizációs sajátosságait Horváth & Zeil (1996) tanulmányozták. Megállapították, hogy egyes vízi rovarok számára a horizontálisan polarizált olajtavak vonzóbbak lehetnek, mint egy vízfelszín. Ezért lettek a kátránytavak foglyai. Ilyen eredményekről számol be Rab et al. (1998) is a kérészekkel, Horváth et al. (1998) pedig a szitakötőkkel kapcsolatosan. Kriska et al. (1998) azt találták, hogy a szitakötőket és kérészeket megtéveszti a száraz aszfalt felület is, mivel az erős, horizontálisan polarizált fényt ver vissza. Bernáth et al. (2001) szerint az olajtartályok és a csillogó, fekete műanyag fóliák csapdaként vonzzák a szitakötőket és a kérészeket. Kriska et al. (2008) kimutatták, hogy a *Hydropsyche pellucidula* (Trichoptera: Hydropsyche) azért repül tömegesen a folyóparti épületek függőleges üvegfelületeire, mivel ezek a vízfelületeknél több horizontálisan polarizált fényt tükröznek, és ez megtéveszti a vízi rovarokat, köztük a tegzeseket is (Horváth et al. 2010).

A holdfény tegzesekre gyakorolt hatásainak vizsgálatánál fontos szempont a repülési aktivitás napi ritmusának az ismerete, mivel a Hold horizont feletti tartózkodása az éjszaka folyamán éjszakáról éjszakára állandóan változik (Nowinszky 2008). A Trichoptera fajok egy része kizárólag nappal repül (Flannagan 1977; Cobb et al. 1981). A tegzesek többsége azonban este, vagy éjjel aktív, de vannak bimodális napi aktivitású fajok is, amelyekre nappal és este is jellemző egy-egy rajzás-

csúcs (Lewis & Taylor 1964). Például az esetünkben szintén vizsgált *Ecnomus tenellus* repülési aktivitása Lewis & Taylor (1964) frakcionált szivócsapdás felvételezése során 18 órától (UT) kezdett növekedni, a rajzás csúcs 21-22 óra közé esett, éjjelre a rajzás befejeződött. Tshernyshev (1961), Jackson & Resh (1991) vizsgálatai szerint a tegzesek repülése többnyire alkonyat után kezdődik, éjjel előtt kora vagy késő esti órákban tetőzik, de számos faj egészen hajnalig repül.

Nowinszky (2008) szerint, ha a rovarok képesek tájékozódni a holdfény szerint, akkor az nem korlátozhatja a fénycsapdás fogást. A gyűjtési távolságnak pedig csak fényszennyezéstől mentes környezetben lehet befolyása a fogásra, és csak azokra a fajokra, amelyek képesek jelentős távolságra repülni. Mindössze néhány szerző említi meg, hogy a holdfény csökkenti a tegzesek fénycsapdás fogását, az ilyen tapasztalatok többsége a lepkékre vonatkozik. Mackay (1972) vizsgálatában a fénycsapda által befogott tegzesek száma alacsony volt holdtöltekor, különösen, ha a Hold felkelt már. Jackson & Resh (1991) 3 Trichoptera faj, *Dicosmoecus gilvipes* (Hagen) (Limnephilidae), *Gumaga nigricula* (McL.) (Sericostrimatidae), *Gumaga griseola* (McL.) napi repülési aktivitását vizsgálta, szex feromonokat alkalmazva a hímek csalogatására. Azt találta, hogy a fény intenzitása befolyásolja a repülési aktivitást, de a repülés napi periodicitását nem. Janzen (1983) megállapította, hogy lepkéket kevésbé vonzza a mesterséges fény a holdfényes éjszakákon, ez igaz a tegzesekre is. A holdfázisok és a tegzesek fénycsapdás fogását vizsgáló részletes tanulmányt azonban nem találtunk a szakirodalomban. Ezért fontos a tegzesekre is kiterjeszteni a holdfény lehetséges hatásaival kapcsolatos vizsgálatokat. Corbet (1958, 1964) 125 W-higanylámpával ellátott Robinson típusú fénycsapdát működtetett a Viktória-tó partján, száz, egymást követő éjszakán, amelynek során Plecoptera, Ephemeroptera, és Trichoptera fajokat gyűjtött. A 37 tanulmányozott fajtól csupán négynek az egyedszáma mutatott periodikus változást a holdfázisokkal, míg a többi fajnál ez nem volt igazolható. Az *Athripsodes ugandanus* Kimmins (Leptoceridae) tegzes esetében például azt találta, hogy az imágók kirajzásának ritmusa a holdciklus periodikus változásait követi, nevezetesen az első és utolsó negyedben egy-egy aktivitási csúcs a jellemző. Véleménye szerint fogási csúcsok és hullámvölgyek

helyzete újhold vagy holdtölte környezetében, nem erősíti azt a feltételezést, hogy a Hold által keltett megvilágítás befolyásolja a fénycsapdás fogást, hanem a megnövekedett aktivitási periódusokat az imágók kikelésének a holdritmusa okozhatja. Harris (1971) azt tapasztalta, hogy nem fogott tegzeseket a fénycsapda, ha a visszavert napfény nagyobb volt, mint 16 ft-c. A tegzesek rajzása akkor kezdődött el, amikor a fény intenzitása 4 ft-c alá csökkent, amely küszöbérték valószínűleg jelzésül szolgált a repülés megkezdésére (Harris 1971).

Jelen vizsgálatunk célkitűzése az volt, hogy néhány tegzes faj esetében kimutassuk a teljes holdhónap folyamán változó holdfénynek, különösen annak polarizált hányadának, a fénycsapdás fogásra és a gyűjtési távolságra gyakorolt hatásait.

### Anyag és módszerek

#### *A gyűjtő helyek és a fénycsapdázás jellemzői*

A fénycsapdáink a következő településeken és években üzemeltek:

Maroslele (46,27N; 19,35E): 2001, Fülöpháza (46,89N; 19,44E): 2001-2002, Csongrád (46,71N; 20,14E): 2003-2005, Tiszakóród (48,10N; 22,71E): 2003-2005, Tiszaroff (47,39N; 20,44E): 2003-2005, Tiszaszőlős (47,55N; 20,71E): 2003-2005, Nagy-Eged-hegy (47,56N, 20,25E): 1980-1981, Szilvásvár (48,64N, 20,23E): 1980, Bükk-Vöröskő-völgy (48,34N, 20,27E): 1981-1982, Dédestapolcsány (48,11N, 20,28E): 1988.

Az alkalmazott Jermy-típusú csapda fényforrása a talaj felszínétől 2 méter magasságban elhelyezett 100 W-os normál izzólámpa volt. A Fülöpházánál és Maroslelénél módosított Jermy-csapdák kompakt fluoreszcens (Philips PL-T 42W/830/4p) izzóval üzemeltek. A fülöpházi fénycsapda a fogás növelése érdekében 3 terelőlemezzel volt felszerelve az izzó körül. Ölóanyagként minden esetben kloroformot használtunk. A csapdák a szezon folyamán minden éjszakán, áprilistól október végéig gyűjtöttek.

### A vizsgált fajok és gyűjtési adataik

#### *Rhyacophila fasciata* Hagen 1859

(Rhyacophilidae)

Megfigyelőhelyek száma: 1, évek: 1980 és 1981, egyedek száma: 132, adatok száma: 64, teljes holdhónapok száma: 5.

Morfológia: imágók testhossza 8-12 mm, sárgásbarna színűek, a fejtető sárga rajta hosszú csillogó fehér szőrök erednek, csápjuk olyan hosszú, mint a test. Pontszemeik vannak. A szárnyak csúcsa kissé nyújtott. Az ivarszerv alapján a hím és a nőtény szabad szemmel is jól elkülönül (a nőtény nagyobb, mint a hím). Az imágók gyűjtésére legalkalmasabb a fénycsapda és ennek változatai. Nappal elrejtőznek, alkonyattól indul a repülés, a poláros fény vonzóbb, nagyobb fogásokat eredményez. Az imágók nem táplálkoznak, növényi nedveket szívogatnak, vagy nektárt, esőcseppet szívhatnak fel a haustellummal (szájszervükkel).

A lárvák a Középhegységi dombvidéki patakokban, de a Dunában is élnek. Spanyolország, Franciaország, Olaszország, Ausztria, Németország, Románia (Erdély) az európai elterjedési területe (Pitsch 1993). Hazánkban a hegyvidékeken, az áramló, oxigéndús vizekben az egyik leggyakoribb faj, ezért igen alkalmas a bioindikációban, a vízminőség jelzésére. Megtalálható a xenozaprobikus (2), az oligozaprobikus (4) és a béta-mezozaprobikus (4) vizekben (a zárójelben lévő szaprobitási értékpontok ezt bizonyítják (Moog 1995; Kiss 2003). Lárvaik kedvelik a nyáron is hideg, hegyvidéki lotikus (áramló) víztereket, a nagyobb kövek alatt, azok oldalsó repedéseiben szabadon élnek, (szabad életforma), tegezt csak báb állapotban készítenek. Ez az állapot 3-4 hétig tart, majd megvedlenek és kirepülnek, rajzanak. Életmódjuk alapján a lárvák a ragadozók funkcionális csoportjába tartoznak. A folyóvizek hypocrenon és rhithron régióját részesítik előnyben (Moog 1995).

#### *Hydropsyche instabilis* Curtis 1834

(Hydropsychidae)

Megfigyelőhelyek száma: 4, évek: 1980, 1981, 1982, 1988, egyedek száma: 5539, adatok száma: 205, teljes holdhónapok száma: 14.

Életformátípus: szövőtegezes, hasonló az előző fajokhoz az életmódja. Testhossza 9-13 mm. Feje és tora feketés, felszínüket szürke szőrök fedik, csápjá vékony, hossza megegyező vagy kissé hosszabb a testnél. Pontszemeik nincsenek. Elülső szárnya keskeny, fehéres, barnás szőrfoltokkal, csúcsi része lekerekített, nem kihúzott, a hátulsó szárny rövidebb, mint az első, mindkét szárnynak discodiális sejtje van. Egész Európában, így Magyarországon is gyakori, hegy-, domb- és síkvidé-

keken. Zonálisan az epirhithront 4, a metarhithront 4, a hyporhithront 2 értékponttal képviseli. Előnybe részesíti a xenoszaprobikustól a  $\beta$ -,  $\alpha$ -mezoszaprobikus vizeket 1,4,5 értékponttal. Funkcionális táplálkozási típusait: kaparó 2, passzív filtráló 5, ragadozó 3 értékpont jellemzi, tehát váltogatja a lárva a fejlődése során a táplálékát.

Repülési periódusa: májustól augusztusig, ill. szeptember elejéig tart, rajzása egycsúcsú, unimodális. Hazánkban, a Dunában, Tiszában is tömegesen él. Románia, Maros, Kőrös-vidék, elterjedt Kis-Ázsiában, Iránban, Marokkóban. Rajzaskor a nőstények tömegesen többszörös egyed-számban repültek a fénycsapdába.

***Ecnomus tenellus*** Rambur, 1842  
(Ecnomidae)

Megfigyelőhelyek száma: 7, évek: 1980, 1981, 1988, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, egyedek száma: 24763, adatok száma: 1105, teljes holdhónapok száma: 14.

Hazánkban közönséges, álló és lassan áramló folyóvizekből tömegesen gyűjthető. Állóvizekben, lápos területeken, szikes tavakban is, növényzettel benőtt folyókban él. A  $\beta$ -és  $\alpha$ -mezoszaprobikus vizeket kedveli (3,7 értékpont). Zonális elterjedése alapján: epipotamon, metapotamon 2-2 értékpont, a tavak litorális régiója: 6 értékpont. Funkcionális táplálkozási típusa: passzív szűrő 1, ragadozó 9 értékponttal.

Elterjedése: Palearktikus faj, előkerült a Kaukázusból, a Krímből, az Urálból, Indiából, Tibetből, Kínából, Iránból, Tajvanról, Japánból és Kis-Ázsiából is. Romániában a Duna-delta, a Szamos, és Maros dombsági, síksági vizeiből említi. Májustól szeptemberig repül. Polimodális rajzáscsúcsok jellemzik. A Rajnából Urk et al. (1991) május végétől szeptember első hetéig említi. Waringer (1991) Ausztriában rövid rajzásúnak ítéli. Július elejétől augusztus utolsó harmadáig repül. Rajzása aciklikus, diapauza és parapauza nélkül. A rajzást az éghajlati tényezők és az eltérő biotópokban fejlődő lárvák fejlődési üteme is befolyásolhatja. Testhossz (imágó): 3-5 mm, csáp sárga, barna gyűrűkkel. Elülső szárny keskeny, vége lekerekített, Hátsó szárny sötétbarna színű, aranysárga szőrökkel.

***Limnephilus lunatus*** Curtis, 1834  
(Limnephilidae)

Megfigyelőhelyek száma: 1, évek: 1980, 1981,

egyedek száma: 309, adatok száma: 58, teljes holdhónapok száma: 6.

Testhossza 8-13 mm, vörhenyes sárga feje és tora, szőrzete sárga. Elülső szárnyon hold alakú sárga rajzolat, folt látszik. Patakokban, folyókban, áramló vizekben, tavakban, halastavakban él, de fejlődik 14,5‰-es sós vizekben is. Az oligoszaprob vizekből és az  $\alpha$ -mezoszaprob vizekből jelzik (+) előfordulását. Funkcionális táplálkozási típusa: aprító 5, kaparó 2, ragadozó 3 értékpontot képvisel. Váltogatja a táplálékát.

Hazánkban az egész ország területén közönséges, Európában mindenfelé, a Krímben, a Kaukázusban, Iránban és Algériában ismertek előfordulásai (Kiss 2003).

Rajzása májustól október végéig tart. Repülési aktivitása: ciklikus, elhúzódozó rajzású faj, unimodális csúccsal (Malicky 1991).

***Halesus digitatus*** Schrank, 1781  
(Limnephilidae)

Megfigyelőhelyek száma: 2, évek: 1980, 1981, 1988, egyedek száma: 978, adat: 105, teljes holdhónapok száma: 5.

Testhossz 15-25 mm, sárgásbarna. Feje, csápjja és a tor hátoldala sárgásbarna. Elülső szárnya sárga, a hátsó szárnya szélesebb és világosabb, mint az első, mindkét szárnyának van discoidális sejtje, a szárnyak erezete jól kiemelkedik. Az oligoszaprobikus, a  $\beta$  és az  $\alpha$ -mezoszaprobikus vizeket preferálja (5,4,1) értékponttal. A metarhithront 2, hyporhithront 4, epipotamont 4 értékkel részesíti előnybe. Funkcionális táplálkozási típusa: aprító 7, kaparó 1, ragadozó 2 ponttal szerepel. Főleg detrituszt fogyaszt.

Repülési periódusa júniustól október közepéig tart. Egy rajzáscsúccsal (okt. 10. - okt. 23-ig), elhúzódozó repülési aktivitás. A lárva a fejhossz és a fej-szélesség változása alapján 5 fejlődési stádiumot mutat, egy éves fejlődésű faj. Részletesebb adatok Kiss (1989) munkájában találhatók.

Európai faj, de megtalálható Észak-Kaukázus és Irán területén is. Magyarországon, a fajlista alapján (Kiss 2003) 9 földrajzi helyen mutatható ki: Északi-középhegység, Dunántúli-középhegység, Kőszegi-Soproni hg., Duna, újabban a Tisza, Zagyva, Bükk, Upponyi hg., Börzsöny, Mátra területéről. Jó indikátor faj. Források közelében, az áramló vizeket is kedveli, tavak litorális zónáiban is megtalálható, ubiquista faj.

***Psychomyia pusilla*** Fabricius, 1781  
(Psychomyiidae)

Megfigyelőhelyek száma: 1, évek: 2004, 2005, egyedek száma 718, adatok száma: 91, teljes holdhónapok száma: 7.

Lárvája szabadon él, nem készít tegezt, campodeiform lárvatípus. Tavakban, nagyobb csatornában és folyókban található. Az imágó feje és melle barna, sárgásfehér szőrrel, potroha vörhenyesbarna, csápja töve fehéres sárga, csúcsi része barna, középső részén barna gyűrűvel. Elülső szárny világosszürke, felszíne sárga szőrökkel, erezte és hátulsó szegélyszőrei szürkés sárgák. Feje hátsó hasi irányban kissé lapított, állkapcsi tapogatója hosszú. Testhossza: 3-5 mm.

Az oligoszaprobikus,  $\beta$ -mezoszaprobikus,  $\alpha$ -mezoszaprobikus vizeket (2,5,3 értékponttal) részesíti előnyben. A folyóvizeket a metarhithront 1, hyporhithront 4, epipotamont 4, a metapotamont 1 értékponttal preferálják. A lárva funkcionális táplálkozási típusa: kaparó 6, passzív filtráló 1, detrituszevő 2, ragadozó 1 értékponttal jellemezhető, tehát váltogatják a táplálékukat.

Előfordul Kis-Ázsiában, Európából Svájc, Lengyelország, Ausztria, Németország és Magyarország területén. A magyarországi fajlista 11 lelőhelyet jelöl meg (Kiss 2003).

***Odontocerum albicorne*** Scopoli, 1763  
(Odontoceridae)

Megfigyelőhelyek száma: 2, évek: 1980, 1981, egyedek: 369, adatok: 89, teljes holdhónapok száma: 5.

Az imágók teste feketésbarna, csáp világosszürke, igen hosszú, szárny világosszürke, a hím és a nőtény szárny eltérő nagyságú. Nagysága: 8-12 mm.

A lárva a közephegységek gyors áramlású (lotikus) patakrendszerének apróköves, kavicsos, homokos mikrohabitataiban gyűjthetők. Tegeze kissé durva homokszemekből, csőszerű, egyetlen réteg képezi, enyhén ívelt, a vége felé elkeskenyedik. Öt lárvastádiuma van, egy éves fejlődésű. Bábosítás előtt a nagyobb kövek védelme alatt vagy azon kialakult moharétegben (*Fontinalis antipiretica*) él. A bábosításkor a bábház szájadékát iszapszerű anyaggal és lapos kóvel fedi be, anális végét két, ritkán három, fonalas tapadó szövettel a víz alatti nagyobb kövekhez vagy a mohanövény közé az aljzatra rögzíti. A báb állapot

3-4 hét, ezután az imágók kirepülnek, kopulálnak, petét raknak. A lárva omnivórok (Slack (1936), Moog (1995) 3 funkcionális táplálkozási típust különít el: aprító (3), kaparó (3), ragadozó (4) értékponttal.

A lárva a vízminőség indikátora, a cönózis indikátorértéke:  $x=1$ ,  $o=3$ ,  $\beta=6$ , ahol az  $X$  = teljesen tiszta víz (xenoszaprobikus),  $O$  = kevésbé szennyezett (oligoszaprobikus),  $\beta$ =közepesen szennyezett (mezoszaprobikus) víztípust preferálja. Amennyiben tekintetbe vesszük a folyóvizek zonális, longitudinális benépesülését a faj a hypocrenont 2, az epirhithront 7, a metarhithront 1 értékponttal részesíti előnyben.

Az imágók rajzásaktivitása az életciklus fontos része. Június 11-től október 14-ig repült (Szilvásváradai adat). A szezonális rajzása két (bimodális) rajzáscsúcsot mutat: július, augusztus és szeptember. Június 2. hetétől július közepéig növekvő tendencia, ezt követően minimális visszaesés, majd augusztus 2. hetében az első rajzáscsúcs, majd drasztikus csökkenés, majd újra növekedik, szeptember közepén csúccsal. Ennek valószínűsíthető oka a meteorológiai hatások, a lárva eltérő fejlődési intenzitása, eltolódása (Kiss & Pflieger 2011).

Hazánkban: Bükk: Szalajka, Nagy-patak, Bán-patak, Ablakoskő-völgy, Garadna-patak, Szilvás-patak, Mátraháza környéki patakok, Ilona-patak, Upponyi hg.: Csermely-patak, Aggtelek, Zempléni h.: Percse-patak, Kemence-patak, Kőszegi és Soproni hegység (Ujhelyi 1974, 1978-79).

Illies (1967) 25 földrajzi helyet nevez meg: pl. nyugat mediterrán régió, Alpok, Európa atlanti területei, Pireneusok, Hollandia, Dánia, Svédország, Balti provincia, Nagy-Britannia, Tajga, Ural, Szentpétervár környéke.

***Agraylea sexmaculata*** Curtis, 1834  
(Hydroptilidae)

Megfigyelőhelyek száma: 4, évek: 2001, 2002, 2003, 2004, egyedek száma: 887, adatok száma: 81, teljes holdhónapok száma: 8.

Mikrotegzes faj. Feje, háta, tora, potroha sárga, világosabb szőrrel, csápja, lábai sárgák, csápja sötétben gyűrűzött. Elülső szárnya sárgásan szőrözött, barnás, sárgásbarna foltokkal. Hátulsó szárnya fehéres, fehéres-szürke szegélyszőrökkel. Hossza: 2,5 mm.

A  $\beta$  és  $\alpha$ -mezoszaprobikus vizeket részesíti előny-

be 5-5 értékpontra. A vízterek litorális régióját maximálisan 10 értékpontra preferálja: a folyókban a metapotamon és a hypopotamon szakaszban él, de előfordul mindenféle sekély mélységű állóvizekben, pl. alföldi szikes vizekben, valamint lassan áramló patakokban pl. a Zagyvában. Mátaszék határában nagy tömegben repült a fénycsapdába. Fülöpháza térségében áprilistól szeptember végéig, Maroslelénél május elejétől szeptember végéig repült, inkább tavaszi rajzású, erősen kiugró csúccsal (unimodális rajzás) május második felében. Waringer (1991) szerint Ausztriában rövid nyári aktivitású. Angliában Hickin (1967) szerint május 3. hetétől szeptember közepéig rajzik.

Funkcionális táplálkozási csoportja szerint mindenevő, 10 értékpontra. Elterjedési területe Észak Irántól a Balkánon, Kaukázuson át Finnországig húzódik, de a Brit-szigeteken is előfordul. Hazánkból Északi-középhegység, Alföld, Kiszátság, az egész Dunántúl, Zemplén stb. előfordulásai ismertek.

#### A holdfázisokra, a polarizált holdfényre és a gyűjtési távolságra vonatkozó adatok

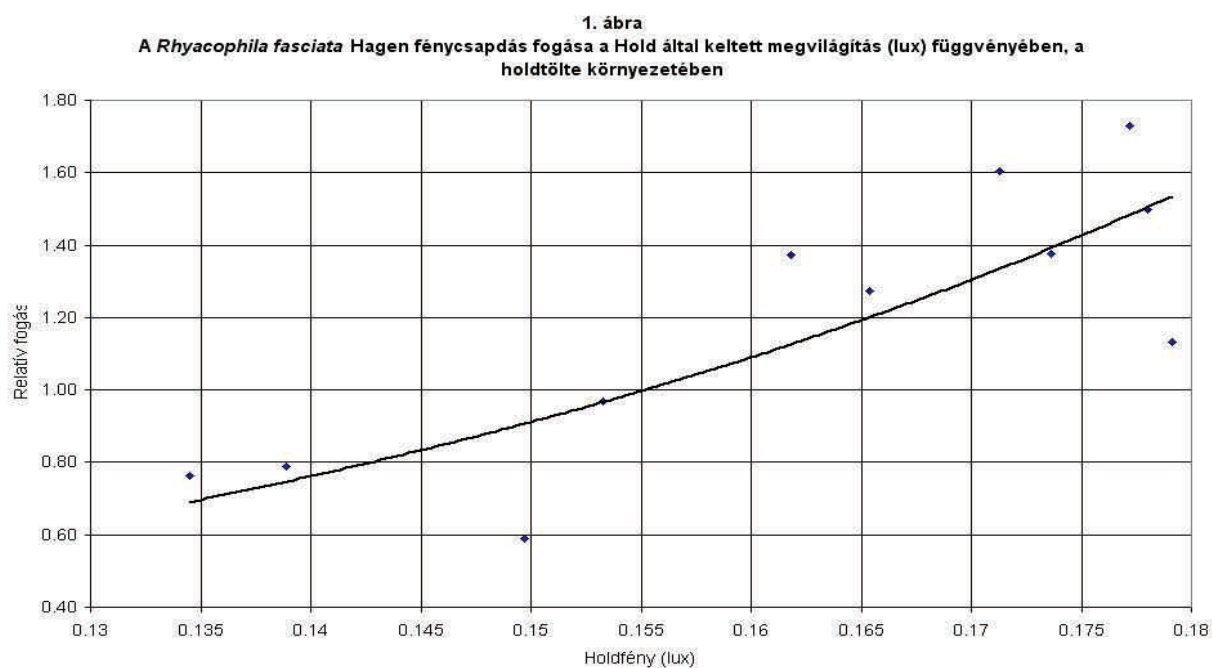
A Hold 29,53 nap alatt végez egy fordulatot a Föld körül. Mivel ez a keringési idő nem osztható egész napokra, ezért inkább a fázisszög adatokkal dolgoztunk. A rajzási időszakok minden egyes éjszakájának éjféle órájára (UT = 0h) kiszámítottuk a Hold fázisszög adatait. A teljes holdhónap 360 fok fázisszög értékéből 30 fázisszög csoportot képeztünk. Azt a fázisszög csoportot, ami a holdtöltét (0° vagy 360°) is magában foglalva a  $0 \pm 6^\circ$  értéket tartalmazza 0-nak jelöltük. Ettől az első negyedén át az újholdig terjedő csoportok jelölése: -1, -2, -3, -4, -5, -6, -7, -8, -9, -10, -11, -12, -13 -14. A következő csoport  $\pm 15$ , ahová az újhold tartozik. Holdtöltétől az utolsó negyedén át újhold irányába terjedő csoportok jelölése: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 és 14. Minden egyes csoport 12 fokot tartalmaz (Nowinszky 2003). A fázisszög csoportok a következőképpen kapcsolódnak a négy holdnegyedhez: holdtöltés (-2 - +2), utolsó negyed (3 - 9), újhold (10 - -10) és első negyed (-9 - -3). A vizsgált időszakok valamennyi éjszakáját besoroltuk a fenti fázisszög csoportokba. A holdtöltés időadatait, amelyekre a holdfázis csoportok képzéséhez szükségünk volt, az US Naval Observatory, Astronomical Appli-

cations Department honlapjáról töltöttük le: <http://aa.usno.navy.mil/cgi-bin/aap> .pl.

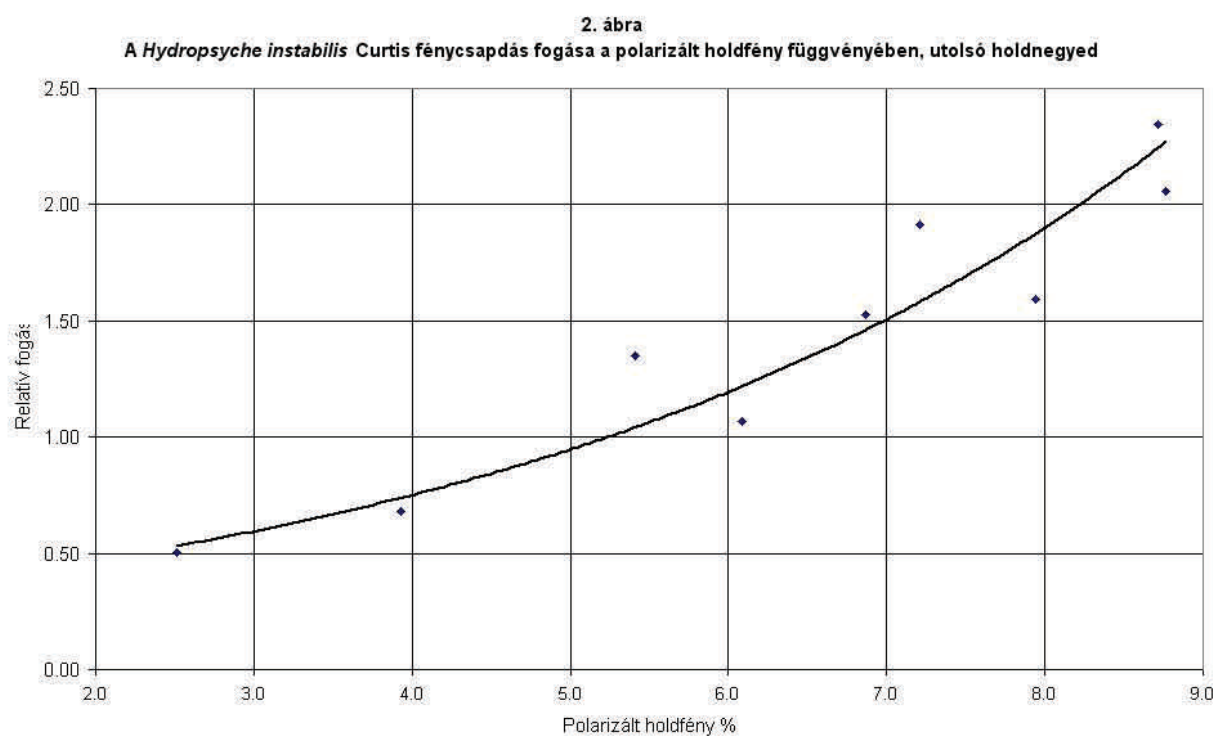
Mivel számos kutató véleménye szerint a holdfény csökkentheti a fénycsapda gyűjtési távolságát (Nowinszky 2008), ezért ennek vizsgálatához a szükséges környezeti megvilágítás adatokat saját számítógépes programunk segítségével számítottuk ki Nowinszky & Tóth (1987) szerint. A program tetszőleges földrajzi helyre, napra és időpontra külön-külön, és összesítve is, kiszámítja a Naptól származó alkonyati megvilágítást, a Hold fényét, valamint a csillagos égbolttól származó megvilágítást, valamennyi értéket luxban. Figyelembe veszi a felhőborítás mértékét is. A környezeti megvilágítás adatokból a gyűjtési távolság az alábbi képlettel számítható:

$$r_0 = \sqrt{\frac{I}{E_N + E_H + E_{CS}}}$$

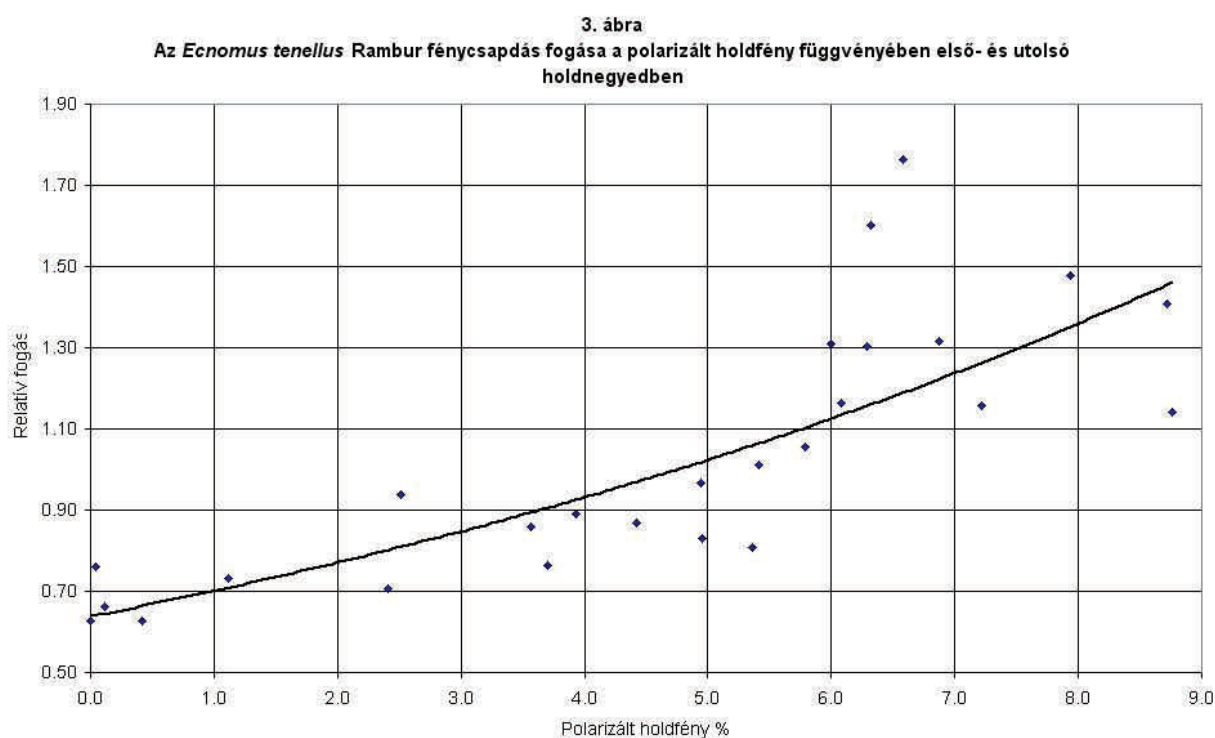
Ahol:  $r_0$  = a gyűjtési távolság,  $I$  = a lámpától származó megvilágítás (candela),  $E$  = a környezeti megvilágítás erőssége (lux), ez a lenyugvó vagy felkelő Nap ( $E_N$ ), a Hold ( $E_H$ ), a csillagos égbolt ( $E_{CS}$ ) fényéből tevődik össze. A Hold által keltett megvilágítást ( $E_H$ ) saját programunk segítségével számítottuk minden fázisszög csoportra. Ezekből az értékekből számítottuk ki a Jermy-féle fénycsapda gyűjtési távolságát, 2001. év ötödik (májusi) holdhónapjára, mert az *Agraylea sexmaculata* Curtis ekkor repült a tömegesen a fénycsapdába. Egyedül ennek a fajnak a gyűjtési eredménye mutatott ugyanis szoros összefüggést a gyűjtési távolsággal. A holdfény relatív polarizációjának mértékét kifejező %-os adatokat Pellicori (1971) munkája alapján soroltuk az egyes holdfázisokhoz.



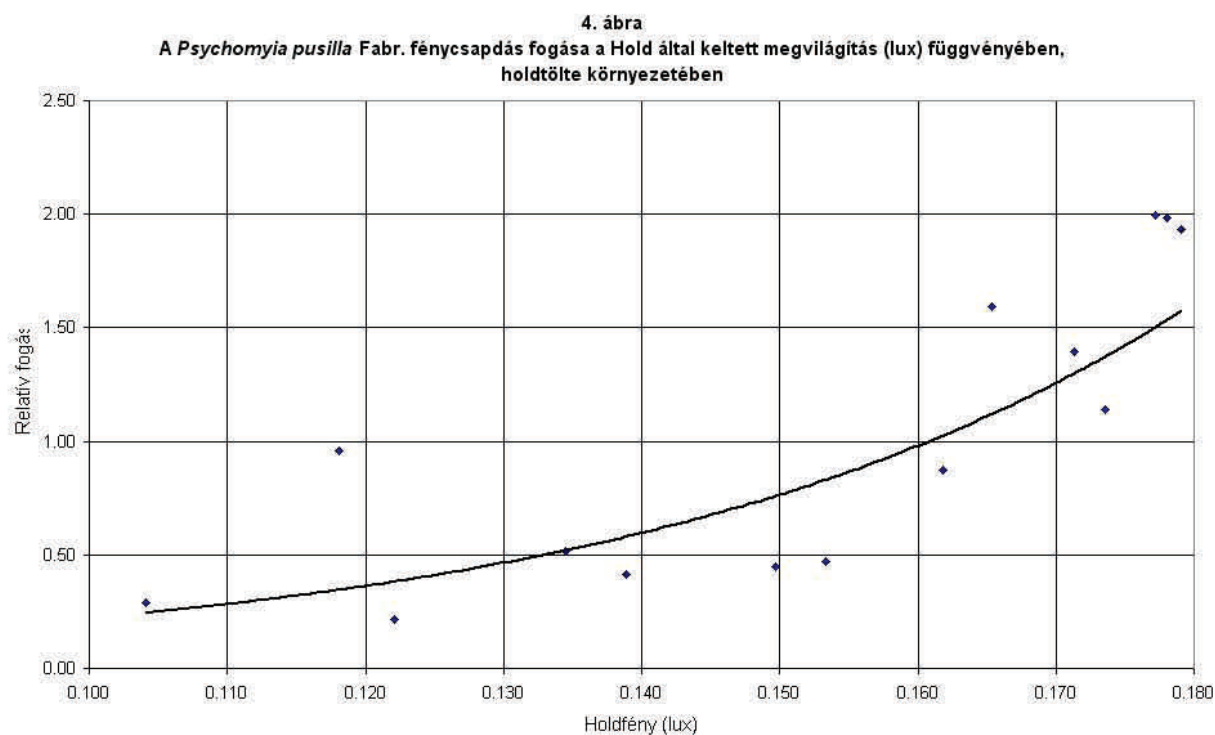
**Fig. 1.** Light-trap catch of the *Rhyacophila fasciata* Hagen depending on the illumination caused by the Moon (lux), in vicinity of the Full Moon



**Fig 2.** Light-trap catch of the *Hydropsyche instabilis* Curtis depending on the polarized moonlight, in Last Quarter of the Moon

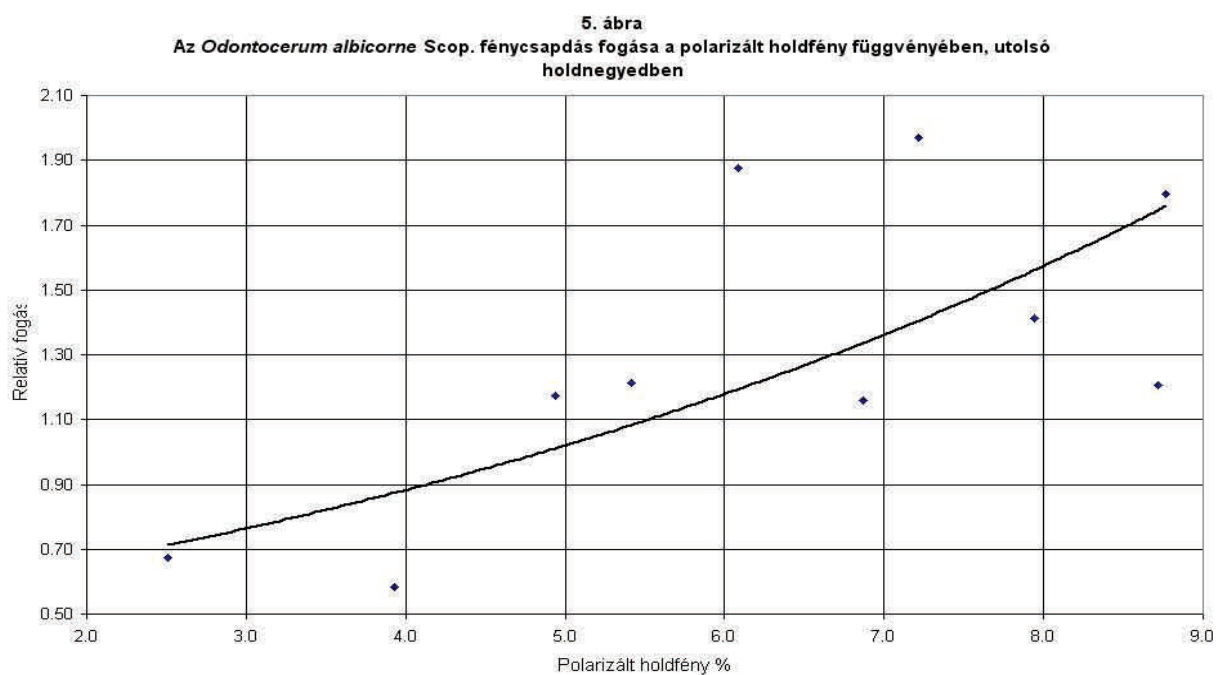


**Fig. 3.** Light-trap catch of the *Ecnomus tenellus* Rambur depending on the polarized moonlight in First- and Last Quarters of the Moon

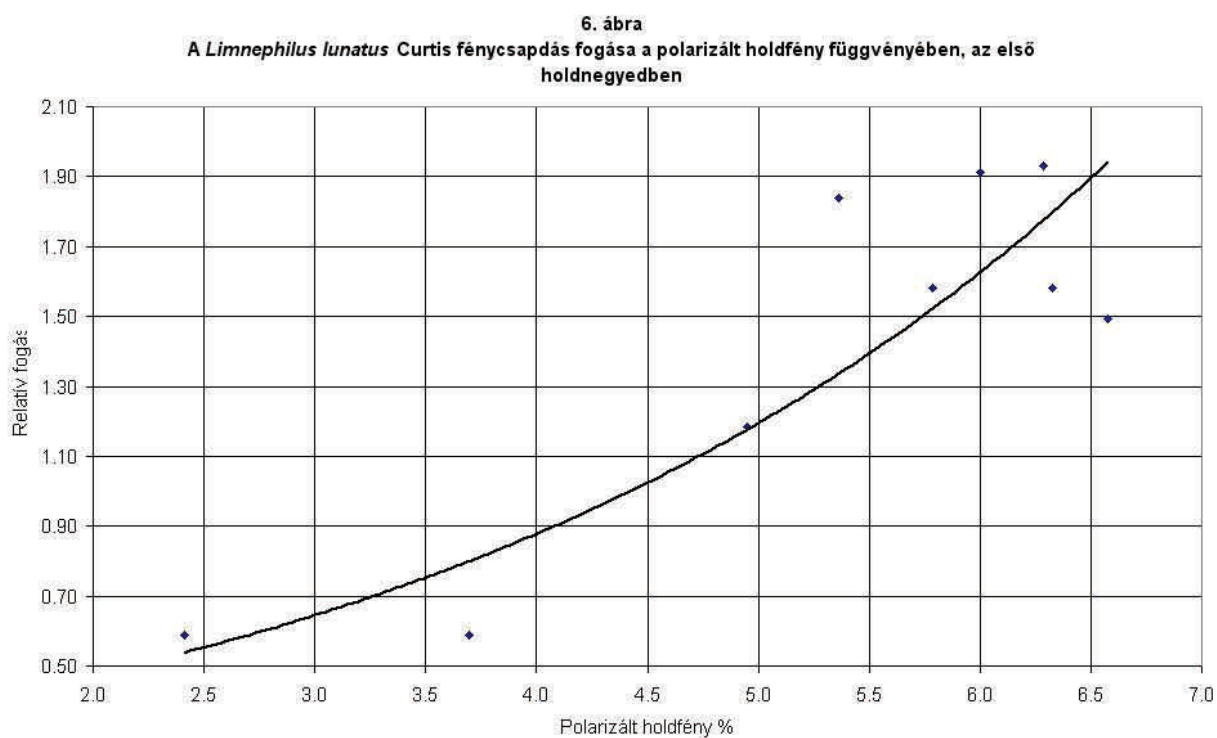


**Fig. 4.** Light-trap catch of the *Psychomyia pusilla* Fabr. depending on the illumination (lux) caused by the Moon in vicinity of the Full Moon

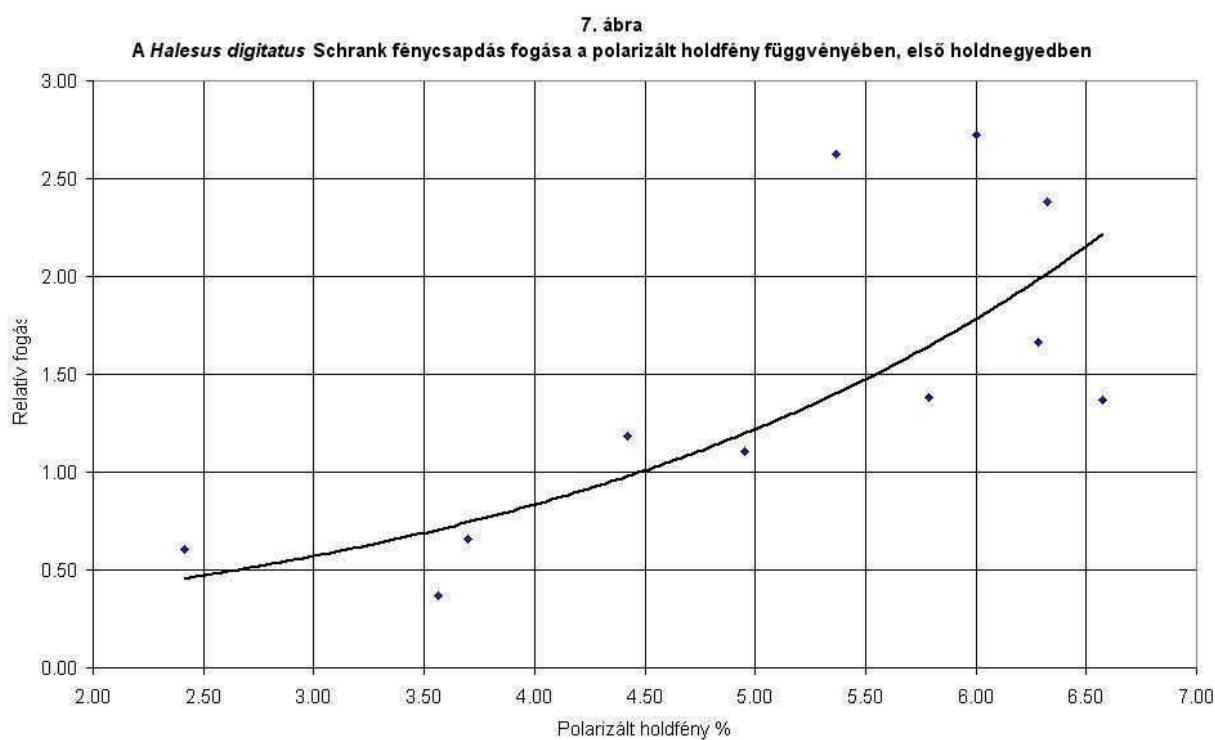




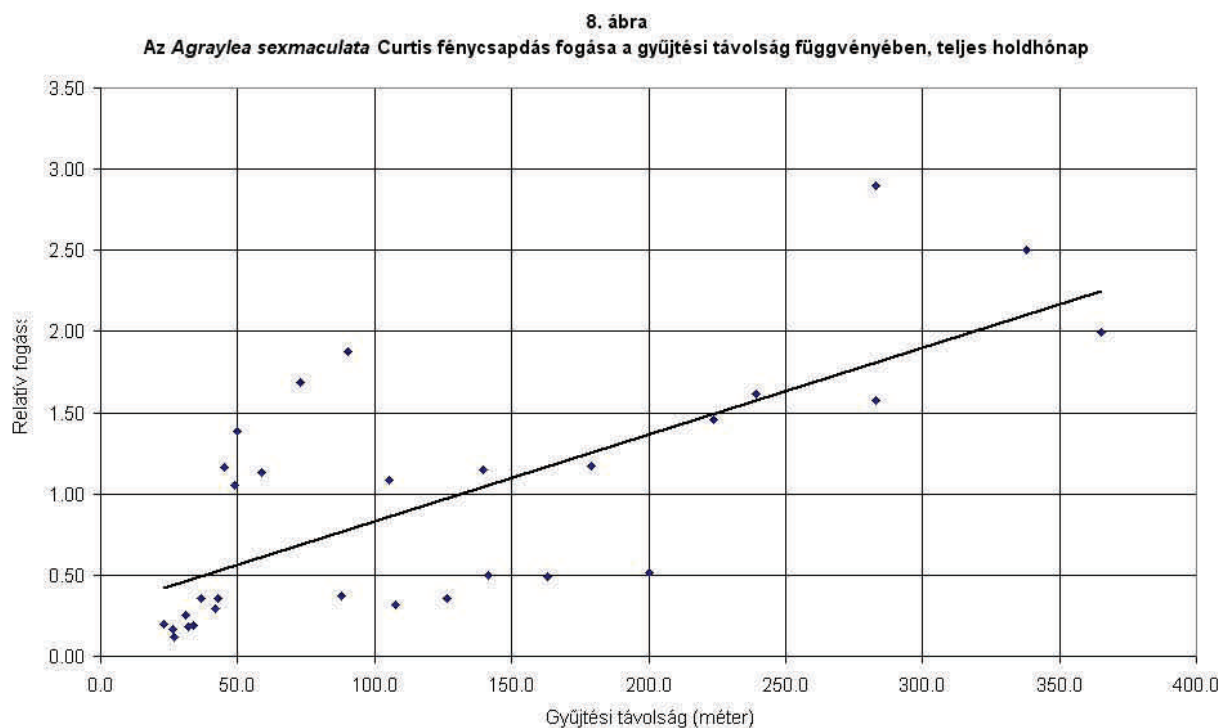
**Fig. 5.** Light-trap catch of the *Odontocерum albicorne* Scop. depending on the polarized moonlight, in the Last Quarter



**Fig. 6.** Light-trap catch of the *Limnephilus lunatus* Curtis depending on the polarized moonlight, in the First Quarter of the Moon



**Fig. 7.** Light-trap catch of the *Halesus digitatus* Schrank depending on the polarized moonlight, in the First Quarter of the Moon



**Fig 8.** Light-trap catch of the *Agraylea sexmaculata* Curtis depending on the collection distance, all the lunar month



9. ábra. A maroslelei gyűjtőhely (46,27N; 19,35E) és a fénycsapda  
 Fig. 9. Examination place in Maroslele (46,27N; 19,35E) and the light-trap



10. ábra. A fülöpházai gyűjtőhely (46,89N; 19,44E) és a fénycsapda  
 Fig 10. Examination place in Fülöpháza (46,89N; 19,44E) and the light-trap

#### Adatrendezés és statisztikai elemzés

Megfigyelési adaton egy fénycsapda egy éjszakai fogását értjük. Mivel egy éjszakán több fénycsapda is működött, ezért a megfigyelési adatok száma meghaladja a mintavételi éjszakák számát. A befogott példányok számából fajonként relatív fogás értékeket számítottunk. A relatív fogás (RF) egy adott mintavételi időegységben (1 éjszaka) befogott egyedek számának és az adott nemzedék mintavételi időegységre vonatkoztatott átlagos

egyedszámának a hányadosa. Amennyiben a befogott példányok száma az átlaggal megegyezik, a relatív fogás értéke: 1. A relatív fogásokból 3 pontos mozgóátlagokat számítottunk.

Kizárólag azokat az éjszakákat vettük figyelembe, amelyeken sikeres volt a csapdázás. Korábbi munkáink (Nowinszky 2003) alapján ugyanis meggyőződünk arról, hogy a Hold befolyásolja ugyan a fénycsapdázás eredményességét, de soha nem teszi lehetetlenné a gyűjtést. Figyelmen kívül



**11. ábra.** A tiszaroffi lelőhely (47,39N; 20,44E) és a fénycsapda

**Fig. 11.** Examination place in Tiszaroff (47,39N; 20,44E) and the light-trap



**12. ábra.** A csongrádi lelőhely (46,71N; 20,14E)

**Fig. 12.** Examination place in Csongrád (46,71N; 20,14E)



**13. ábra.** A tiszaszőlősi lelőhely (47,55N; 20,71E)

**Fig. 13.** Examination place in Tiszaszőlős (47,55N; 20,71E)

hagytuk tehát a teljes holdhónapokból azokat az éjszakákat, amelyeken sikertelen volt a csapdázás.

A fázisszög csoportokba besoroltuk a hozzájuk tartozó RF értékeket. Mivel megállapítottuk, hogy a Hold hatása nem érvényesül az összes fázisszög csoportban, minden fajra vonatkozóan korrelációs számításokat hajtottunk végre a holdfény, a polarizált holdfény, a gyűjtési távolság és a relatív fogás értékek között. A holdfény változói (x-axis) és a relatív fogási értékek (y-axis) közötti regresszió-analízist lineáris vagy nemlineáris görbék illesztésével végeztük. A legszorosabb illeszkedést mutató összefüggések egyenleteit, az  $R^2$  értékeit és a vonatkozó szignifikancia szinteket az eredményekben szintén közöljük.

#### Eredmények és megvitatásuk

Valamennyi a Holddal kapcsolatos számított adatok (holdfázis csoportok, holdfény, polarizált holdfény, gyűjtési távolság) az 1. táblázatban, a fajonkénti relatív fogások a 2. táblázatban találhatóak. A regresszió-analízisek eredményeit az 1-8. ábrák szemléltetik.

Különös jelentőséget kap a polarizált holdfény és a gyűjtés kapcsolatának tanulmányozása, azt követően, hogy Dacke et al. (2003, 2011) kísérletei bizonyították, hogy vannak rovarok, amelyek a gyenge holdfény által keltett égbolt polarizációs mintázat alapján is képesek pontosan tájékozódni. A mi korábbi eredményeink szerint általában a fénycsapdás fogás akkor emelkedik, amikor a holdfény polarizált hányada magasabb (Nowinszky et al. 1979; Nowinszky 2008).

A vizsgált fajok közül ötnek a fénycsapdás fogása pozitív korrelációban volt a polarizált holdfényvel. Az *E. tenellus* esetében (3. ábra) mind az első, mind az utolsó holdnegyedben tapasztalható egy-egy fogási maximum. A *H. digitatus* (7. ábra) és az *L. lunatus* (6. ábra) fogását csak az első negyedben, a *H. instabilis* (2. ábra) és az *O. albicorne* (5. ábra) fogását pedig csak az utolsó negyedben növelte meg statisztikailag szignifikáns mértékben a holdfény polarizált hányada. Az eltérések egyik magyarázata a különböző fajok éjszakai repülési idejének eltérése lehet. Az *E. tenellus* valószínűleg egész éjszaka repül, szemben Lewis & Taylor (1964) kevés példányon alapuló eredményével, ezért mind az első- mind az utolsó negyedben láthatja a Holdat. A Hold ugyanis első negyedben az éjszaka első felében, az utolsó negyedben pedig az éjszaka második felében tartózkodik a horizont fölött. Az *A. sexmaculata* (8. ábra) fogási maximuma újhold közelében volt. Ez a faj valószínűleg nagy távolságokra képes repülni egyetlen éjszaka során, ezért a gyűjtési távolság befolyásolja elsősorban a fénycsapdás fogásának eredményességét. Diken & Boyaci (2008) fénycsapdás vizsgálatai szerint egyes tegzes fajok imágói képesek több száz métert is repülni. Ezek az eredmények hasonlóak a lepkéken (Lepidoptera) végzett vizsgálataink eredményéhez (Nowinszky 2003, 2008).

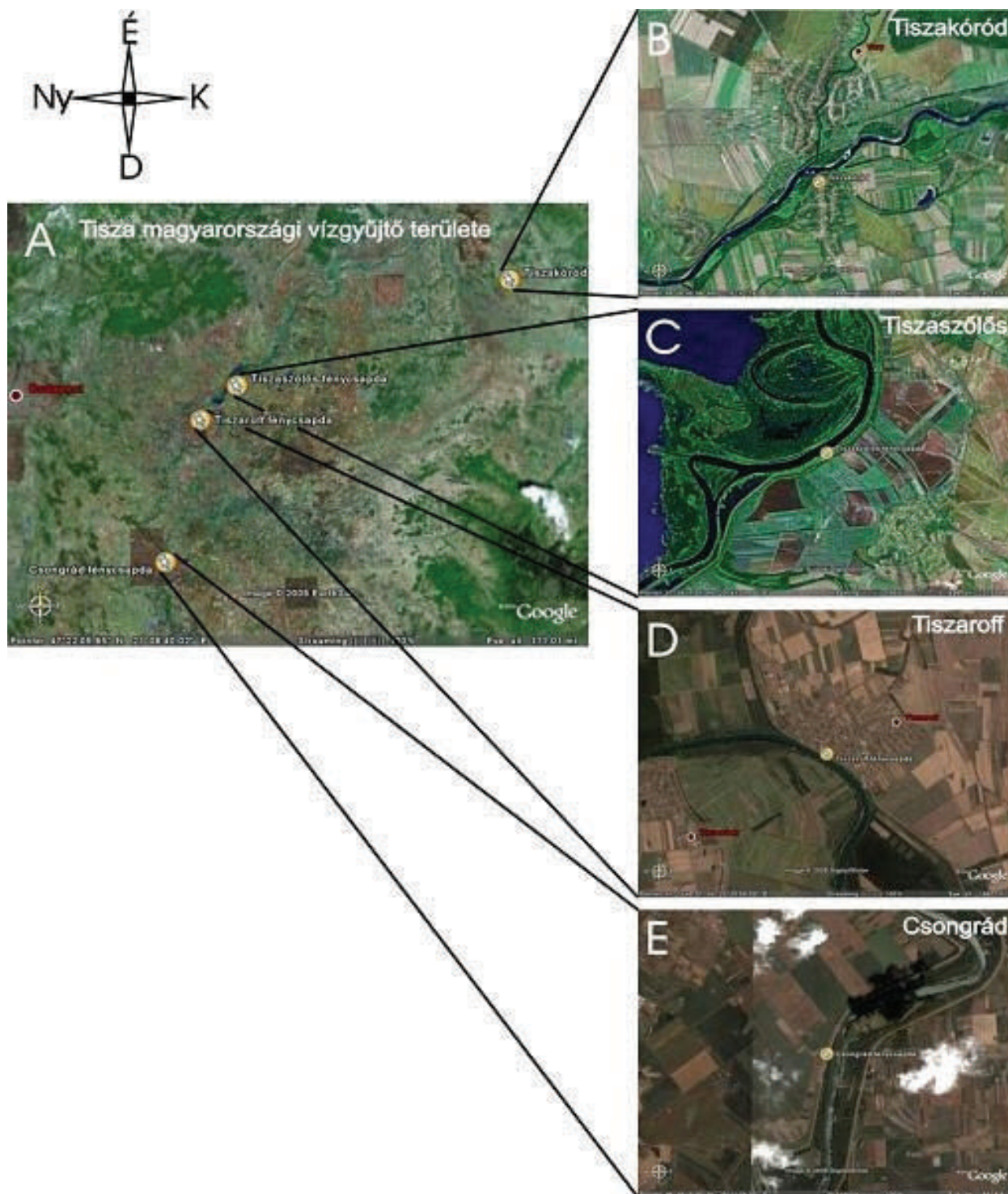
Két faj, *P. pusilla* (4. ábra) és az *R. fasciata* (1. ábra) fogása a Hold által keltett megvilágítás (lux) mértékével volt pozitív korrelációban. Hasonló jelenséget a lepkék esetében nem tapasztaltunk. A holdtölte közelében látható fogási maximumok magyarázata az lehet, hogy ha az adott faj egyedei egész éjjel repülnek, akkor csaknem egész éjszaka láthatják a Holdat, ami orientációs információt jelenthet számukra. Ward (1992) szerint a *Trichoptera* fajok többsége alkonyatkor és éjszaka aktív. Ezek a fajok tehát nem csupán a holdfény által polarizált égbolt mintázata alapján tájékozód-

hatnak. Orientációjukat segítheti a Hold korong látványa, illetve a polarizált holdfény nagyobb aránya is, amelynek következménye a megnövekedett fénycsapdás fogás. Jelen vizsgálatunk eredményei elsőként támasztják alá a polarizált holdfény tegzes imágók rajzására gyakorolt hatását. A továbbiakban vizsgálatainkat ki fogjuk terjeszteni más tegzes fajokra is.

### Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönettel tartoznak Bernáth Baláznak a kísérleti csapdák fényforrásának tervezéséért, a fénycsapdákat és azok környezetét ábrázoló fényképekért, Kádár Krisztának a tegzesek kiválogatásáért, Kiss Miklós főiskolai docensnek a környezeti megvilágítást kiszámoló számítástechnikai program modernizálásáért, valamint a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóságának a fülöpházai csapdázás engedélyezéséért. A tiszai rovarmonitorozások a KÖM, illetve később a KvVM megbízásából, annak anyagi támogatásával folytak.

A Fülöpháza melletti homokbuckás területen belül, a KISKUN LTER helyen, a fénycsapdás monitorozás az NKFP-3B/0008/2002 pályázat keretében történt.



14. ábra. A Tisza melletti fénycsapda helyek földrajzi elhelyezkedése a Google térkép alapján.

Fig. 14. Localities of the light-traps near Tisza river by Google maps

## Irodalom – References

- Baker, R. R., Mather, J. G. 1982: Magnetic compass sense in the large yellow underwing moth, *Noctua pronuba* L. – *Animal Behaviour* 30: 543–548.
- Bernáth, B., Szedenics, G., Molnár, G., Kriska, Gy., Horváth, G. 2001: Visual ecological impact of „shiny black anthropogenic products” on aquatic insects: oil reservoirs and plastic sheets as polarized traps for insects associated with water. – *Archives of Nature Conservation and Landscape Research*, 40: 89–100.
- Bowden, J., Morris, G. M. 1975: The influence of moonlight on catches of insects in light-trap in Africa. Part III. The effective radius of a mercury-vapour light-trap and analysis of catches using effective radius. – *Bulletin of Entomological Research*, 65: 303–348.
- Cobb, D. G., Flannagan, J. F., Friesen, M. K. 1981: Emergence of Trichoptera from two streams of the Duck Mountains in West-Central Manitoba. pp: 75–87. *Proc. of the 3rd Int. Symp. on Trichoptera* ed. by Moretti, G. P. Series Entomologica 20. Junk, W. Publications, The Hague.
- Corbet, Ph. S. 1958: Lunar periodicity of aquatic insects in lake Victoria. – *Nature*, 182: 330–331.
- Corbet, Ph. S. 1964: Temporal patterns of emergence in aquatic insects. – *Canadian Entomologist*, 96: 264–279.
- Dacke, M., Nilsson, D. E., Scholtz, C. H., Byrne, N., Warrant, E. J. 2003: Insect orientation to polarized moonlight. – *Nature*, 424: 33.
- Dacke, M., Byrne, M. J., Baird, E., Scholtz, C. H., Warrant, E. J. 2011: How dim is dim? Precision of the celestial compass in moonlight and sunlight. – *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 366: 697–702.
- Danthanarayana, W., Dashper, S. 1986: Response of some night-flying insects to polarized light. pp: 120–127. In: *Insect flight: Dispersal and migration* (ed) Danthanarayana, W. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.
- Diken, G., Boyaci, Y. Ö. 2008: Light-trapping of caddisflies (Insecta: Trichoptera) from Eğirdir Lake in the Southern Turkey. – *Journal of Fisheries Sciences*, 2: 653–661.
- Dufay, C. 1964: Contribution a l'Étude du phototropisme des Lépidoptères noctuides. – *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie, Paris*. 12. 6: 281–406.
- Flannagan, J. F. 1977: Emergence of caddisflies from the Roseau River, Manitoba. pp: 183–196. *Proc. of the 2nd Int. Symp. on Trichoptera*, Junk, The Hague.
- Gál, J., Horváth, G., Barta, A., Wehner, R. 2001: Polarization of the moonlit clear night sky measured by full-sky imaging polarimetry at full moon: Comparison of the polarization of moonlit and sunlit skies. – *Journal of Geophysical Research*, 106: 22647–22653.
- Hickin, N. E. 1967: *Caddis Larvae*, London, 67. Larvae of the British Trichoptera. Hutchinson of London, 1–476.
- Harris, T. L. 1971: Crepuscular flight periodicity of Trichoptera. – *Journal of the Kansas Entomological Society*, 44: 295–301.
- Horváth, G. 1995a: Water insects find their aquatic habitat? *World of Nature*, 44–49.
- Horváth, G. 1995b: Reflection-polarization patterns at flat water surface and their relevance for insect polarization vision. – *Journal of Theoretical Biology*, 175: 27–37.
- Horváth, G., Gál, J. 1997: Why are water-seeking insects not attracted by mirages? The polarization pattern of mirage. – *Naturwissenschaften*, 84: 300–303.
- Horváth, G., Bernáth, B., Molnár, G. 1998: Dragonflies find crude oil visually more attractive than water multiple-choice experiments on dragonfly polarotaxis. – *Naturwissenschaften*, 85: 292–297.
- Horváth, G., Varjú, D. 1997: Polarization pattern of freshwater habitats recorded by video polarimetry in red, green and blue spectral ranges and its relevance for water detection by aquatic insects. – *Journal of Experimental Biology*, 200: 11555–11673.
- Horváth, G., Zeil, J. 1996: Kuwait oil lakes as insect traps. – *Nature*, 379: 303–304.
- Horváth, G., Varjú, D. 2004: Polarized light in animal vision. *Polarization Pattern in Nature*, – Springer. 447 pp.
- Horváth, G., Blahó, M., Egri, Á., Kriska, Gy., Seres, I., Robertson, B. 2010: Reducing the maladaptive attractiveness of solar panels to polarotactic insects. – *Conservation Biology*, 24: 1644–1653.
- Illes, J. 1967: *Limnofauna Europea*. – Veb Gustav Fisher Verlag, Jena, 471 pp.
- Jackson, J. K., Resh, V. H. 1991: Periodicity in mate attraction and flight activity of three species of caddisflies (Trichoptera). – *Journal of the North American Benthological Society*, 10: 198–209.
- Janzen, D. H. (ed.) 1983: *Costa Rican Natural History*. – University of Chicago Press, Chicago, 816 pp.
- Kiss, O. 1989: A *Halesus diritatus* (Schrank, 1871) életciklusa az észak-magyarországi, Bükk hegységi folyóvizekben. – *Acta Academiae Paedagogicae Agriensis, Nova Series* 19 (9): 35–44.
- Kiss, O. 2003: *Tegezsek* (Trichoptera). – Akadémiai Kiadó, Budapest, 208. pp.
- Kiss, O., Pflieger, W. 2011: Az *Odontocerum albicorne* (Scopoli, 1763) életciklusa és biológiája (Trichoptera). – *e-Acta Naturalia Pannonica*, 2 (2): 167–178.
- Kriska, Gy., Horváth, G., Andrikovics, S. 1998: Why do mayflies lay their eggs en masse on dry asphalt

- roads? Water-imitating polarized light reflected from asphalt attracts Ephemeroptera. – *Journal of Experimental Biology*, 201: 2273–2286.
- Kriska, Gy., Malik, P., Szivák, I., Horváth, G. 2008: Glass buildings on river banks as “polarized light traps” for mass-swarmed polarotactic caddis flies. – *Naturwissenschaften*, 95: 461–467.
- Lewis, T., Taylor, L. R. 1964: Diurnal periodicity of flight by insects. – *Transaction of the Royal Entomological Society, London*, 116: 393–476.
- Mackay, R. J. 1972: Temporal patterns in life history and flight behaviour of *Pycnopsyche gentilis*, *P. luculenta*, and *P. scabripennis* (Trichoptera: Limnephilidae). – *Canadian Entomologist*, 104: 1819–1835.
- Malicky, H. 1991: Life Cycle strategies in some European Caddisflies. In: *Proceedings of the Sixth International Symposium on Trichoptera*. Ed. by Tomaszewski C. Adam Mickiewicz University Press, Poznan, 195–197 pp.
- Moog, O. (ed.) 1995: *Fauna Aquatica Austriaca*. – Wien. 1–200.
- Nowinszky, L. (ed.) 2003: *The Handbook of Light Trapping*. – Savaria University Press, 276 pp.
- Nowinszky, L. (ed.) 2008: *Light Trapping and the Moon*. – Savaria University Press, 176 pp.
- Nowinszky, L., Szabó, S., Tóth, Gy., Ekk, I., Kiss, M. 1979: The effect of the moon phases and of the intensity of polarized moonlight on the light-trap catches. – *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 88: 337–353.
- Nowinszky, L., Tóth, Gy. 1987: Kozmikus tényezők hatása kártevő rovarok fénycsapdás gyűjtésére. – *Kandidátusi Értekezés, Keszthely* 123 pp.
- Pellicori, S. F. 1971: Polarizing properties of pulverized materials with special reference to the lunar surface. – *Applied Optics*, 10: 270–285.
- Pitsch, T. 1993: *Zur Larvaltaxonomie, Faunistik und Ökologie mitteleuropäischer Fließwasser-Köcherfliegen (Insecta: Trichoptera)*. – *Landschaftsentwicklung und Umweltforschung* 58, Berlin, 316 pp.
- Rab, O., Kriska, Gy., Horváth, G., Andrikovics, S. 1998: Kérészek az aszfalton. – *Élet és Tudomány*, 35: 1107–1109.
- Schwind, R., Horváth, G. 1993: Reflection-polarization pattern at water surfaces and correction of a common representation of the polarization pattern of the sky. – *Naturwissenschaften*, 80: 82–83.
- Slack, H. D. 1936: The food of Caddis Fly (Trichoptera) Larvae. In: *Hickin, N. E. (1967): Caddis Larvae, Larvae of the British Trichoptera*. – *Hutchinson of London*, 67.
- Tshernyshev, V. B. 1961: Time of fly of the insects into light (in Russian). – *Zoologicheskij Zhurnal*, 40: 1009–1018.
- Ujhelyi, S. 1974: Adatok a Bükk és a Mátra hegység tegzesfaunájához. – *Folia Historico Naturalia Museum Matraensis*, 2: 99–115.
- Ujhelyi, S. 1977–78: Adatok az Alpokalja szitakötő-, álkérész- és tegzes-faunájához. – *Savaria a Vas megyei Múzeumok Értesítője*, 11–12: 57–65
- Urk, G. V., Kerkum, F. C. M., Vaate, A. B. 1991: Caddis flies of the lower Rhine. In: *Proceedings of the Sixth International Symposium on Trichoptera*. Ed. by Tomaszewski C. Adam Mickiewicz – University Press, Poznan, 90–94.
- Ward, J. V., 1992: *Aquatic Insect Ecology 1. Biology and Habitat*. – John Wiley and Sons Inc. New York. 438 pp.
- Waringer, J. A. 1991: Phenology and the influence of meteorological parameters on the catching success of light-trapping for Trichoptera. – *Freshwater Biology* 25: 307–319.
- Warrant, E. J., Kelber, A., Wallén, R., Wcislo, W. T. 2006: Ocellar optics in nocturnal and diurnal bees and wasps. – *Ocellar Structure & Development*, 35: 293–305.
- Warrant, E. J., Dacke, M. 2011: Vision and visual navigation in nocturnal insects. – *Annual Review of Entomology*, 56: 239–254.
- Williams, C. B. 1936: The influence of moonlight on the activity of certain nocturnal insects, particularly of the family of Noctuidae as indicated by light-trap. – *Philosophical Transactions of the Royal Society, London*. B. 226: 357–389.
- <http://aa.usno.navy.mil/cgi-bin/aap.ap.pl>