

ELTE Gothard Asztrofizikai Obszervatóriuma, Szombathely
Kertészeti és Parképítő Vállalat, Szombathely és Kertészeti
Egyetem Főiskolai Kara, Kecskemét

Az éjszakai környezeti megvilágítottság kiszámításának
módszerei növényvédelmi prognosztikai célokra

Tóth György, Nowinszky László és Járfás József

A hatékony, környezetkimélő és gazdaságos növényvédelmi tevékenység a károsítók pontos előrejelzésén alapul. A prognózisok készítéséhez feltétlenül szükséges a kártevő populációk felmérése. A legelterjedtebb mintavételi eszközök egyike a fénycsapda, amely alkalmas a rovarok tömeges befogására. Hazánkban két évtizede egységes típusu fénycsapda hálózat működik. Az általa szolgáltatott óriási adathalmaz elvileg lehetővé tenné a kártevők rajzási törvényszerűségeinek feltárását. A rovarok fényre repülését azonban számos környezeti tényező befolyásolja, ezért a különböző megfigyelő helyeken és eltérő időpontokban végzett gyűjtések eredményei közvetlenül nem hasonlíthatók össze egymással. Ez csakis a környezeti tényezők módosító hatásának megismerése után válna lehetővé. A fénycsapdás gyűjtés lényegéből adódóan talán a legnagyobb hatásu környezeti tényező a megvilágítottság, amely a Hold és az éjszakai égbolt, valamint a lenyugvó vagy felkelő Nap időszakában a szürkületi jelenség által előidézett fényességviszonyokból tevődik össze.

A környezeti megvilágítottság módosító hatásának vizsgálatára kevés entomológusnak adódott lehetősége, mert az általánosan elterjedt fénycsapda típusok nem különítik

el az éjszaka különböző szakaszaiban gyűjtött anyagot. Az irodalomban ezért Williams (1) óta többnyire csak az egyes holdfázisok gyűjtést módosító hatásának leírásával találkozunk. A szerzők egy előző tanulmányukban (2) azt is bebizonyították, hogy a holdfény polarizált hányada fokozza a repülési aktivitást. Csernüsev (3) pedig a gyűjtéssel egyidőben mérte a környezeti megvilágítottság értékét. Ez az eszköz - és munkaigényes módszer azonban aligha alkalmazható egyidejűleg sok megfigyelőhelyen. Tanulmányunkban ezért speciális számítástechnikai módszert dolgoztunk ki a környezeti megvilágítottság tetszés szerinti időpontra történő kiszámítására. A számított értékekhez frakcionáló fénycsapda gyűjtési adatait hozzárendelve, vizsgáltuk a környezeti megvilágítottság és a fogás kapcsolatát.

Vizsgálatainkat a vetési bagolylepkére /Scotia segetum Schiff./ vonatkozóan végeztük a Kecskemét-Katonatelepen üzemelő frakcionáló fénycsapda 3 éves /1967-1969/ gyűjtési adatainak felhasználásával. A fénycsapda fényforrását három egymás fölé helyezett, F-33 típusu, 40 W-os fénycső képezte. A csapda üveg váltó szerkezettel volt ellátva, melyet óránként egy vezérlő óramű hozott működésbe. A gyűjtési időszak során minden nap 19 órától hajnali 5 óráig, tehát 10 órán keresztül történt a gyűjtés, függetlenül az alkonyat és a napkelte-napnyugta időpontjától. A befogott anyag óránként került identifikálásra.

A szabad természetben tapasztalható általános környezeti megvilágítottságot a földfelszint megvilágító természetes fényforrások: a Nap L_0 , a Hold L_q , a csillagos égbolt L_s , esetleg állatövi fény stb., valamint a környező terep viszonyai: pl. erdő, mező, hótakaró, sivatag stb. /k/, továbbá a földi légkör abszorpciója /A/: a felhőzet típusa, eloszlása, a légköri szennyezettség fajtája és fo-

ka; együttes és egyidejű hatása alakítja ki. A csillagászatiilag ható fenti tényezőket a földrajzi helyzet (φ, λ) , a naptári dátum /DAT/ és a megfigyelés időpontja, valamely egységes időrendszerben, pl. a greenwichi meridián u.n. világidejében (T_u) , egyértelműen meghatározza. Ezek ismeretében a földfelszint érő összes megvilágítottság: L_{sum} pontosan kiszámítható.

A csillagászati és geofizikai /meteorológiai/ irodalomban az elterlt 60 év során hézagosan fellelhető néhány közlemény, melyek a fenti kérdést érintik, de sajnos ezek közül egyik sem jutott tovább a nehézkesen kezelhető grafikus, vagy táblázatos adatközlésnél. A szerzők az eddigi közleményeket és saját kutatásaikat összegezték egy jól használható, egyszerű algoritmus kidolgozására, mely a gyakorlati igényeket kielégíti, segítségével pedig alapvető természettörvények is megállapíthatók.

A bemutatott eljárással számított megvilágítottsági értékek $\pm 3\%$ -os eltérésen belül egyeznek a ténylegesen mért értékekkel.

Az összes megvilágítottság kifejezhető:

$$L_{sum} = A [L_o + L_c + L_s] =$$
$$= A \cdot f [z_o(\varphi, \lambda, T_u, DAT), z_c(\varphi, \lambda, T_u, DAT), L_s, k], \quad [1]$$

mivel alapvetően a Napnak, a Holdnak az adott időpontban és helyen elfoglalt horizontális topocentrikus zenittávolságától: z_o és z_c -től, ill. horizont feletti megasságától: h_o és h_c -től függ a megvilágítottság, melyet a felhőzet általi elnyelés /A/ és a környezet /k-tényező/ modulál. Mivel a fénycsapdák növényzettel fedett, és nyílt terepen működnek, számításainkban $k = 1$ vehető /hótakaró nélküli eset/. A Nap és a Hold zenittávolságát /magasságát/

azoknak a csillagászati évkönyvekben közölt geocentrikus equatoriális koordinátáiból $/\alpha_0, \delta_0$ és $\alpha_d, \delta_d/$ megfelelő koordináta transzformációkkal tudjuk meghatározni. Gépi adaptálás esetén ugyanazokat a módszereket kell programozni, ahogyan az évkönyvek adatait néhány nagy világobszervatórium előre kiszámítja, legfeljebb a pontosság rovására még nem menő, elfogadható közelítéseket, ill. elhanyagolásokat alkalmazhatunk.

A szükreszabott terjedelem folytán ezekből csak szemelvényeket mutatunk be:

$$\alpha_0 = S_0 + 180^\circ + 1^\circ,925 \cdot \sin(S_0 + 258^\circ) - 2^\circ,375 \cdot \sin 2(S_0 + 180^\circ) \quad [2]$$

ahol S_0 a greenwichi csillagidő $T_{u_0} = 0^h$ -kor:

$$S_0 = 99^\circ,69098333 + 0^\circ,9856473354 \cdot d \quad [3]$$

itt d az 1900. január 0-tól a kérdéses DAT-ig elterlt julián napok számát jelenti egész,- és törtrészekben kifejezve; míg

$$\operatorname{tg} \delta_0 = \operatorname{tge} \cdot \sin \alpha_0 \quad [4]$$

itt e a földpálya és az égi egyenlítő hajlásszögét jelöli, ez is időfüggő, ennél fogva kifejezhető az

$$e = 23^\circ,4522944 - 3^\circ,563 \cdot 10^{-7} \cdot d - 4^\circ,49 \cdot 10^{-11} \cdot d^2 \quad [5]$$

összefüggéssel. A [2] egyenlet harmadik és negyedik tagja az u.n. időegyenlet közelítését foglalja magában, ezt azért kell figyelembe venni, mivel a földpálya excentrumos. Az [1]-től [5] egyenletekkel így a Nap koordinátáit - céljainknak megfelelő pontossággal - meghatároztuk.

A Hold koordinátáinak kiszámítása ennél sokkal bonyolultabb feladat, mivel egy 36 ismeretlenes trigonometrikus egyenletrendszer megoldásával származtathatók le a pontos α_0 és δ_0 adatok, a Nap-Föld-Hold rendszer bonyolult égitmechanikai háromtestprobléma numerikus közelítő megoldásával.

A geocentrikus equatoriális koordináták ismeretében transzformációval nyerjük a horizontális rendszerbeli magasságot, illetve zenittávolságot:

$$\sin h = \cos z = \sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos t \quad [6]$$

ahol a szereplő t óraszöveget meghatározhatjuk:

$$t = 1,002737909 \cdot T_u + S_0 + \lambda - \alpha \quad [7]$$

összefüggéssel /itt a konstans a középido / csillagido konverziós együtthatóit jelenti/.

A már hivatkozott mérési és táblázatos, valamint grafikus információkra támaszkodva (4)(5)(6), /a szakirodalomban eddig még általunk nem ismert formában/ megadhatók a környezeti megvilágítottságot meghatározó egyes komponensek is analitikus módon:

$$L_0 = [0,3317095687 - 0,7303817393 \cdot h_0 + 1,026262309 \cdot h_0^{1,2}] \cdot 10^3 / \text{lux}/ \quad [8]$$

Ez a képlet érvényes: $h_0 \geq 5^\circ$ esetére, tehát nappal. A [8]-al számított érték 1 %-nál kisebb hibával illeszkedik a megfigyelthez.

$$\log L_0 = 2 + 14,4 \cdot \cos z_0 + 0,875 \cdot \sin\left(-\frac{2\pi}{0,45} \cos z_0 + \frac{2\pi}{4,5}\right) \quad [9]$$

A [9] összefüggés érvényes: $85^\circ > z_0 \geq 110^\circ$ intervallum-

ban, azaz a szürkületi időtartamra. A képlet megbízhatósága olyan, hogy helyenként a mért értékkel teljes egyezést ad, de az elméleti napnyugta /napkelte/, azaz $z_0 = 90,5$ környezetében a légköri refrakció és az atmoszférikus optika eddig még fel nem tárt törvényszerűségei folytán max 4 %-os eltéréssel illeszkedik az esetenként mért értékek statisztikus átlagához.

$L_s = \text{konst.} = 9 \cdot 10^{-4}$ lux, az éjszakai csillagos égbolt integrált fényessége által létesített megvilágítottság a földfelszínen, ideális légköri átlátszóság esetén.

Az előzőekben említett holdkoordináták meghatározása után, ill. azok ismeretében, a Hold által létesített - fázisszögfüggő L'_ζ is meghatározható:

$$- \sqrt[5]{100} \cdot \log[0,25 \cdot L'_\zeta] = -0,0121021382 + 3,083665331 \left(\frac{\psi^\circ}{100}\right) - \quad [10]$$

$$/lux/ \quad -0,9556064363 \left(\frac{\psi^\circ}{100}\right)^2 + 0,9919788456 \left(\frac{\psi^\circ}{100}\right)^3$$

Mivel a holdfényesség erősen függ a zenittávolságtól $/z_\zeta/$, ezért a Holdnak az égbolton pillanatnyilag elfoglalt helyzetét is figyelembe kell venni a következő redukciós egyenlettel:

$$L_\zeta = L'_\zeta \cdot \exp[- \sec z_\zeta - 1] \quad /lux/ \quad [11]$$

A [10] egyenletben ψ értékeit $[0^\circ - 180^\circ]$ intervallumban kell helyettesíteni: $0^\circ =$ holdtölte, első, és utolsó negyed $= 90^\circ$, míg ujholdkor $= 180^\circ$. Bár a Hold mozgása az égimechanika legbonyolultabb problémái közé tartozik, $\pm 3^\circ$ -os hibával a fázisszög mégis approximálható lineárisan egy általunk levezetett lineáris formulával /körpályás közelítés stb./:

$$\phi^{\circ} \approx \left\{ \frac{[\text{J.D.}]_{T_u} - 2415\,153,65694}{29,5305882} \right\} \cdot 360^{\circ} \quad [12]$$

törtrésze

ahol $[\text{J.D.}]_{T_u}$ a kérdéses időpont u.n. Julian Datuma /i. e. 4713. jan. 1. óta eltelt napok száma egész, - és a DAT és T_u függvényében a törtrészben is kifejezve/. Ha a [12] -vel számítva $\phi > 180^{\circ}$, akkor $360^{\circ} - \phi^{\circ}$ értéket kell képezni. Megjegyzendő még, hogy a [10] összefüggésben szereplő 0,25 szorzótényező azt jelenti, hogy a Hold holdtöltekor a zeniten pontosan 0,25 lux megvilágítást okoz.

A közölt [8],[9],[10] és [12] egyenletekben rejlik az itt körvonalazott módszerünk lényege, melyet eddig még sehol sem közöltünk, hasonló analitikus kifejezésük a szakirodalomból sem ismertek.

A századfordulótól megjelent meteorológiai-klimatológiai évkönyvek, felhőzetadatok stb. statisztikai feldolgozásával sikerült levezetnünk, hogy Középeurópában a kora tavasztól késő őszig terjedő időszakban előforduló felhőtípusok esetén, a maximális abszorpció legfeljebb 75 %-os. Ilyen megfontolások alapján a nemzetközi meteorológiai oktávkód /C/ és a légköri elnyelés /A/ között levezethető az alábbi egyszerű összefüggés:

$$A = 1 - 0,09375 \cdot C \quad [13]$$

/Tájékoztatásul: $C = 0$ megfelel a "felhőtlen" esetnek, míg $C = 8$ pedig az "erősen borult" légköri állapotnak./

A környezeti általános megvilágítottság [1] összefüggésében szereplő valamennyi mennyiség a tárgyalta alapján meghatározottnak tekinthető. Arra törekedtünk, hogy módszerünk lehetőleg egyszerűen adaptálható legyen már nagyobb

memória kapacitása, de mégis olcsón hozzáférhető programozható mikrokalkulátorokra /pl. a nálunk elterjedt TI-59/ is.

E munkában foglalt módszer alkalmazásának eredményeként nyertük az 1. ábrán bemutatott viszonyokat a vetési bagolylepke /*Scotia segetum*, Schiff./ esetére. Mivel a fénycsapda állomásokon ez idő szerint fotometriai mérés nem folyik, ezért jelentős a közölt módszer alkalmazása. Még a metodikai részhez tartozik annak megemlítése is, hogy az észlelt adatokból numerikus analízissel Fourier-sor is képezhető. Az empirikus adatokból levezettük a fajra jellemző Fourier-sort:

$$\bar{R}_{\%} = a_0 + \sum_{i=1}^6 [a_i \cdot \cos x + b_i \cdot \sin x] \quad [14]$$

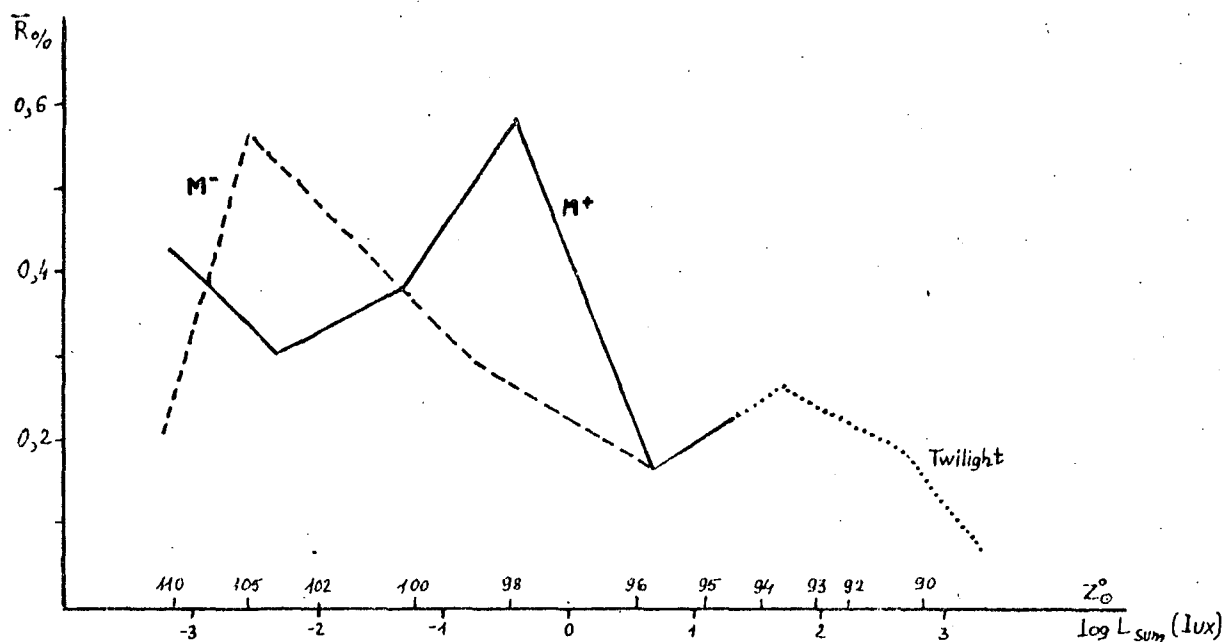
Itt $\bar{R}_{\%}$ az előfordulás relatív gyakoriságát jelöli %-ban kifejezve, a_0 , a_i és b_i együtthatók, melyeknek táblázatos közlésétől e helyen eltekintünk, csupán arra utalunk, hogy a [14]-el számított és a mért értékek közötti eltérés kisebb, mint 10^{-3} .

Az x mennyiség meghatározható:

$$x = \frac{2\pi}{13} \cdot N = 0,9666438934 \cdot \log L_{\text{sum}} + 3,576582406 \quad [15]$$

összefüggésből, ahol $N = 1, 2, \dots, 13$.

A tanulmányban ismertetett speciális számítástechnikai eljárás módot ad a környezeti megvilágítottság egyes összetevőinek külön-külön történő kiszámítására is. Ezáltal vált lehetővé annak a növényvédelmi gyakorlat számára is fontos ténynek a felismerése, hogy igen jelentős különbség mutatkozik a gyűjtésben még azonos megvilágítottság esetén is attól függően, hogy az mely komponenstől



1. ábra

[Tóth, Nowinszky, Járzás, 1980.]

1. ábra

származik. A már korábban hivatkozott előző tanulmányunkban (2) bebizonyítottuk, hogy a fényintenzitás növekedése csökkenti a gyűjtési területet, a holdfény polarizált hányadának növekedése viszont fokozza a repülési aktivitást.

Mivel pedig a megvilágítottság a különböző éjszakákon eltérő módon, de az egész éjszaka folyamán állandóan változik, a gyűjtési terület ennek megfelelően állandóan csökken vagy növekszik, de soha sem tekinthető állandónak. A holdfény polarizált hányada által kiváltott fokozott repülési aktivitás egyrészt a lunáció különböző napjain, másrészt az egyes éjszakákon a Hold tartózkodási idejének megfelelően szintén állandóan módosul.

Fentiek értelmében nyilvánvaló, hogy a környezeti megvilágítottság összességében és egyes összetevőinek megfelelően is nagymértékben befolyásolja a gyűjtést a gyűjtési terület és az aktív repülés időtartamának változása által.

Munkánk célja a módosító hatás mértékének meghatározása volt. Ennek megfelelően a növényvédelmi prognosztika számára táblázatban foglaltuk össze a gyűjtés várható arányait a különböző megvilágítotttsági körülmények mellett /1. táblázat/.

A Scotia segetum Schiff. különböző környezeti megvilágítotttság mellett várható fogása a maximális gyűjtés százalékában

| Éjszaka | | | Szürkületkor | |
|------------------------|-------------|-------------|------------------------|------|
| L _{sum} /lux/ | M+ esetén % | M- esetén % | L _{sum} /lux/ | % |
| 0,0005 | 75,9 | 27,9 | 10 | 34,7 |
| 0,001 | 69,0 | 55,8 | 50 | 45,8 |
| 0,005 | 53,1 | 92,5 | 100 | 41,6 |
| 0,01 | 54,4 | 84,5 | 500 | 30,5 |
| 0,05 | 72,4 | 65,6 | 1000 | 20,8 |
| 0,1 | 82,8 | 83,8 | | |
| 0,5 | 86,2 | 42,2 | | |
| 1 | 63,8 | 38,0 | | |
| 5 | 27,6 | 30,0 | | |

1. sz. táblázat

Ismertetett módszerünk szerint célszerű lenne a legfontosabb kártevő fajokra vonatkozóan megállapítani a környezeti megvilágítotttság és a gyűjtés összefüggésének törvényszerűségeit, amelyek aztán felhasználhatók lenné-

nek a nem frakcionáltan gyűjtő országos fénycsapda hálózat adatainak értékelésénél is.

Irodalomjegyzék

- (1) Williams, C.B.: The influence of moonlight on the activity of certain nocturnal insect, particularly of the family Noctuidae as indicated by a light trap. Phil. Trans. Roy. Soc. /London/, 1936, B 226, 357-389.
- (2) Nowinszky, L., Szabó, S., Tóth, G., Ekk, I., Kiss, M.: The effect of the moon phases and the intensity of polarized moonlight on the light-trap catches. Z. and. Ent., 1979, 88, 337-353.
- (3) Csernüsev, V.B.: Vremja ljota rezlicsnih naszekomih na szvet. Zool. Zsurnal, 1979, 40. 7. 1009-1017.
- (4) Saronov, V.V.: Tablicü dlja raszcsota prirodnoj oszveszsonnoszti i vidimoszti. Izd. Akad.nauk SZSZSZR, Moszkva, 1945, 198.
- (5) Rozenberg, G.V.: Szumerki. "Fizmatgiz" Moszkva, 1963, 380.
- (6) McCartney, E.J.: Optics of the Atmosphere. Scattering by Molecules and Particles. John Wiley, New York, 1976, 408.