

SZÚNYOGFRONT

A csípőszúnyogok repülését idegesítő zümmögés, a nőtények vérszívását viszkető duzzanat, trópusi gradációkat lázas megbetegedések, milliós nagyságrendű halálesetek kísérik. Magyarország nem tartozik a csípőszúnyogok által terjesztett betegségek gócpontjai közé, viszont az 1950-es évekig markánsan jelen volt nálunk is a malária, a globális felmelegedés pedig előidézheti – például – a Chikungunya-láz megjelenését.

Hazánkban a csípőszúnyogokkal kapcsolatos negatívumokat elsősorban a rovarirtót ipari mennyiségben magára fűző alföldi juhász, a méhészsikában pontyozó balatoni horgász vagy a kánikulában is bezárt ablakok mellett „pihenő” Duna-parti üdülő kínjai testesítik meg. Ismert, hogy az Európai Unió a légi kémiai csípőszúnyog-gyérítés betiltását tervezi. Ha ez megvalósul, a szúnyogok egyedszámának emberi környezetben történő mérséklésére egyetlen lehetőségként a biológiai úton történő lárvagyérítés marad. Utóbbinak nagy előnye, hogy – szemben a kémiai szerekkel – szelektív hatású, és környezetkímélő. A lárvagyérítésekhez elengedhetetlen tenyészőhely-térképezések során a kutatók a legmodernebb távérzékelési, térinformatikai módszereket veszik igénybe.

Jelenleg a világon 3209, Európában 104, Magyarországon 48, a csípő-

szúnyogok családjába (Diptera: Culicidae) tartozó rovarfajt tartanak nyilván. A csípőszúnyogok életstratégiája a gyors fejlődésre és a nagyon magas egyedszáma épül. Életciklusuk pete, lárva, báb és kifejlett rovar (imágó) szakaszból áll. Bizonyos fajoknál (Anopheles, Coquillettia, Culex, Uranotaenia, a Culiseta fajok egy része) az első három időszak, az embert támadó fajoknál (főképp Aedes és Ochlerotatus fajok) azonban csak a lárva és báb élete kötődik szorosan a vízhez (1. ábra).

A vízre rakott tojásokból a lárvák rendszerint már néhány nap alatt kibújnak. A talajra rakott tojásokban a lárvák fejlődése megindul, de csak akkor bújnak ki, ha víz alá kerülnek. A csípőszúnyogfajok zöme számára az egyedfejlődéshez elsősorban sekély (predátorok jelenléte és vízmozgás nem jellemző), gyorsan átmelegedő (lerövidülő fejlődési idő), rendszeresen kiszáradó és víz alá ke-

rülő (a petezéshez szükséges száraz talajfelszín és a fejlődés lehetőségét megteremtő vízállás azonos helyen biztosított) állóvizekre van szükség (2–3. ábra). A „pocsolyákban” az oxigéntartalom gyorsan csökken, a lárvák táplálékul szolgáló baktériumok hamar elszaporodnak.

Az egynemzedékes tavaszi fajok [például balatoni szúnyog (*Ochlerotatus annulipes*), erdei szúnyog (*O. cantans*)] nőtényeinek tojásaiból többnyire csak a következő év tavaszán bújnak ki a lárvák. A többnemzedékes fajoknak [például gyöttrő szúnyog (*Aedes vexans*), oldalfoltos szúnyog (*Ochlerotatus sticticus*)] tavasztól őszig annyi nemzedéke kel szárnyra, ahányszor tenyészőhelyükön pangó víz alakul ki. Egy nőtény egyed általában 50–500 petét rak. A tojások 7–8 évig életképesek. Az imágók élettartama néhány órától nagyjából hat–nyolc hétig tart.

Mindkét nem egyedei táplálkoznak növényi nedvekkel, de a legtöbb fajnál a nőténynek a sikeres tojáséréshez a vér proteintartalmára is szüksége van. A csáp számos széndioxid-, tejsav-, oktenol-, acetone- és fenol-receptort tartalmaz. Ez komoly segítség a táplálékforrások felderítésében. A tájékozódás pontosságáról sokat mond, hogy a széndioxidot már 0,01 százalék koncentrációban is érzékeli, a hőmérséklet-változások észlelésének alsó határa pedig 0,2 °C. A vérszívást a nyál alvadástgátló hatása is segíti. A nagyobb testű fajok 6 µl, a kisebb testűek 3,7 µl vért képesek testükben elraktározni. A vérszívás alapján megkülönböztetünk madarak vérevel (ornitofil), emberek (antropofil), illetve emlősök (mammalofil), valamint más gerincesek, többnyire kétéltűek (zoofil)

1. ábra. A gyöttrő szúnyog lárvái ártéri vízállásban (BAUER NORBERT FELVÉTELE)





2. ábra. A láprétek időszakos vízállásaiban (különösen tavasszal) nagy tömegben fejlődnek csípőszúnyoglárva (BAUER NORBERT FELVÉTELE)

vérevel táplálkozó csípőszúnyogfajokat. A leggyakoribb antropofil fajok a már említett gyötrő, oldal-foltos, balatoni és erdei szúnyog mellett a mocsári (*Coquillettidia richiardii*, 4. ábra), a foltos (*Culex modestus*), a vöröshátú (*Aedes cinereus*) és az aranyló (*Ochlerotatus caspius*) szúnyog.

A csípőszúnyogok aktív elmozdulást csak akkor végeznek, ha a szél sebessége kisebb, mint a jellemző repülési sebességük (1 m/s). Ezt meghaladó légmozgáskor vagy ha csapadék hullik, a növényzeten pihennek. Az embert támadó fajok zöme a hajnali és az esti szürkületben aktív, amikor a levegő hőmérséklete csökken, páratartalma emelkedik.

Célkeresztben a lárvák

A kutatók figyelme a XIX. század végén fordult a csípőszúnyogok felé. Ekkor fedezték fel, hogy e rovarok terjesztik – az emberek millióit megbetegítő – sárgalázat. Napjainkra a szúnyogok által terjesztett betegségek – főképp az emberek életmódjában beállt változások következtében – sok területen visszaszorultak. Olyan országokban, ahol a csípőszúnyogoknak már nincs számottevő közegészségügyi jelentősége, de az élőhelyszerkezet és a klíma kedvez nagy egyedszámú megjelenésüknek, elsősorban turisztikai okokból irányul rájuk a figyelem.

Közegészségügyi és turisztikai okok miatt már hosszú ideje folyik a csípőszúnyog-populációk gyérítése.

A kezdetben még rendkívül drasztikus, más szervezetekre és az emberre is veszélyes szerek (például az 1960-as években használt DDT) alkalmazása mára teljesen visszaszorult. Az új, sokszor hatalmas költséggel kifejlesztett és kijuttatott szerekkel szemben azonban rendre megjelent a célszervezetek ellenálló képessége.

Az 1970-es években egy, a lárvák pusztulását okozó baktérium [*Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*, H-14 szerotípus (BTI)] felfedezése új fejezetet nyitott a csípőszúnyogok elleni küzdelemben. Az Izraelben megtalált baktérium spóráképződési

fázisának végén megjelenő parasporális testecske rovarölő hatású fehérjét tartalmaz. A fehérje a táplálkozás során bejut a szúnyoglárva bélrendszerébe, ott az emésztő enzimek hatására lebomlik. A felszabaduló méreganyag (a lárvák számára!) a bélhámsejtek nagyfokú károsításával a lárvá pusztulásához vezet. Meg kell említeni, hogy az „idős” (L4 fokozatú) lárvák nem, vagy csak kis mértékben érzékenyek a BTI-tartalmú szerekre. A felfedezés lehetővé teszi, hogy segítségével a csípőszúnyogok egyedszáma elviselhető szinten legyen, miközben a környezet-terhelés csak minimális.

A biológiai gyérítésekre alkalmas szer felfedezése új kutatási feladatokat hozott. Megkezdődött a szúnyogok fejlődését lehetővé tevő tenyészőhelyek felderítése, térképezése.

A biológia csípőszúnyog-gyérítések terén jelentős sikereket értek el Európa egyes területein (például Rajna mentén). Az elmúlt évtizedben már Magyarországon is adottak a technológiai feltételek ahhoz, hogy a BTI-kezeléseket széleskörűen alkalmazhassák. Ezzel egyidejűleg újabb igények fogalmazódtak meg: a gyérítés legyen költségtakarékos, a térképezési munka pedig gyors és pontos. Egyértelmű, hogy ezt csak az alapos terepmunkát és a távérzékeléssel gyűjtött adatok alkalmazását ötvöző módszerrel lehet elérni.

3. ábra. A balatoni berekmaradványok főképp a kora nyári időszakban fontos csípőszúnyog-tenyészőhelyek (BAUER NORBERT FELVÉTELE)





4. ábra. A mocsári szúnyog nősténye (BAUER NORBERT FELVÉTELE)

Merítés az alapsokaságból

A digitális légifelvételek alapján történő terepbejárások során GPS-t tartalmazó PDA-készüléken rögzítik a tenyészőhelyekre vonatkozó legfontosabb adatokat [mintavételi pont földrajzi helyzete; vízhőmérséklet; vízmélység; víztér jellege (állandó/ időszakos); víztértípus; hínárvegetáció borításértéke; vízfelszín-fedettség és -árnyékoltság mértéke; növénytársulás és jellemző növényfajok; lárvasűrűség; lárvaközösség fajösszetétele és mennyiségi viszonyai].

A terepi vizsgálatok során a tenyészőhely határait megjelenítő foltot is ábrázolják, ezek a foltok válnak a későbbi elemzések „tanulóterületeivé” (tanulóterület: terepi mintavételezésen alapuló egység, mely a további elemzések alapját jelenti). A foltleírásokat részben a mintavételi eredmények, részben a tapasztalati tényeken alapuló kategorizálások adják (kezelési szempontú jelentőség az év egyes szakaszaiban, legjellemzőbb kiterjedés, jellemző fajösszetétel, humán vonatkozások stb.).

Tenyészőhelyek felülnézetben

A mintavételi területek felkeresése, a vizsgált foltok ábrázolása különféle térképhelyes (georeferált) alapokon (topográfiai térképek, légi- és űrfelvételek, domborzatmodellek, szintvonalállományok, színeképelemzések képei stb.) történhet. Ezek „térképhelyes” volta azt jelenti, hogy azok a térinformatikai szoftverek által előállított – a valósággal azonosnak tekinthető – elméleti térben nagy pontossággal és következetesen helyezhe-

tők el. A következetesség lényege, hogy egy adott mintavételi pont térbeli helyzete a légifotón, a topográfiai térképen, a tenyészőhelyeket ábrázoló térképen stb. egyaránt azonos. A térbeli egyezés lehetővé teszi a tenyészőhelyeket felülnézetben, különböző módon ábrázoló állományok összevetését, ugyanis azok mérete és jellege meghatározza a különböző ábrázolásokon való megjelenésüket. Legpontosabban általában a vízállásos gyepek, valamint a csípőszúnyog-tenyészőhelyek szempontjából kevésbé jelentős csatorna- és tószegélyek rajzolódhatnak ki.

A tenyészőhelyeket felülnézetben ábrázoló, különféle technikával készült állományok megjelenése, további elemzésekre való alkalmassága jelentős eltéréseket mutat (az illusztrációk egy, az ember szempontjából

fontos tenyészőhelytípus, a vízállásos gyepek egy adott előfordulásának különböző távérzékelési és elemzési módokkal nyert térképeken való megjelenését szemléltetik).

Az RGB légifotó a látható fény visszaverődését rögzíti, ezért az RGB légifotón ábrázolt szín csak három színcsatornára bontható (piros, zöld, kék). Gyepterületeken mind az aktuális (vízborításos tenyészőhely lárvák jelenlétével), mind a potenciális (kedvező körülmények között megjelennek bennük lárvák) tenyészőhelyek felkeresésében, mind a színeképelemzésekben jól használhatók. A fás vegetációval fedett élőhelyeken ilyen típusú légifotó alkalmazásához vegetációs perióduson kívül (lombmentes állapot) készített, egyedi fótóorozat szükséges (5. ábra).

Az infraszínes légifotó a fény visszaverődését infratartományban ($\lambda \geq 700$ nm) rögzíti. A tenyészőhelyek felkereséséhez és színeképelemzésekhez is jobban használható, a kis vízmélységű (rendszeresen kiszáradó) foltok lehatárolására jóval alkalmasabb, mint a fenti, látható fényt rögzítő állomány. A tenyészőhelyek az infraszínes légifotókon sötét foltokként azonosíthatók (alacsonyabb reflektanciájukból adódóan).

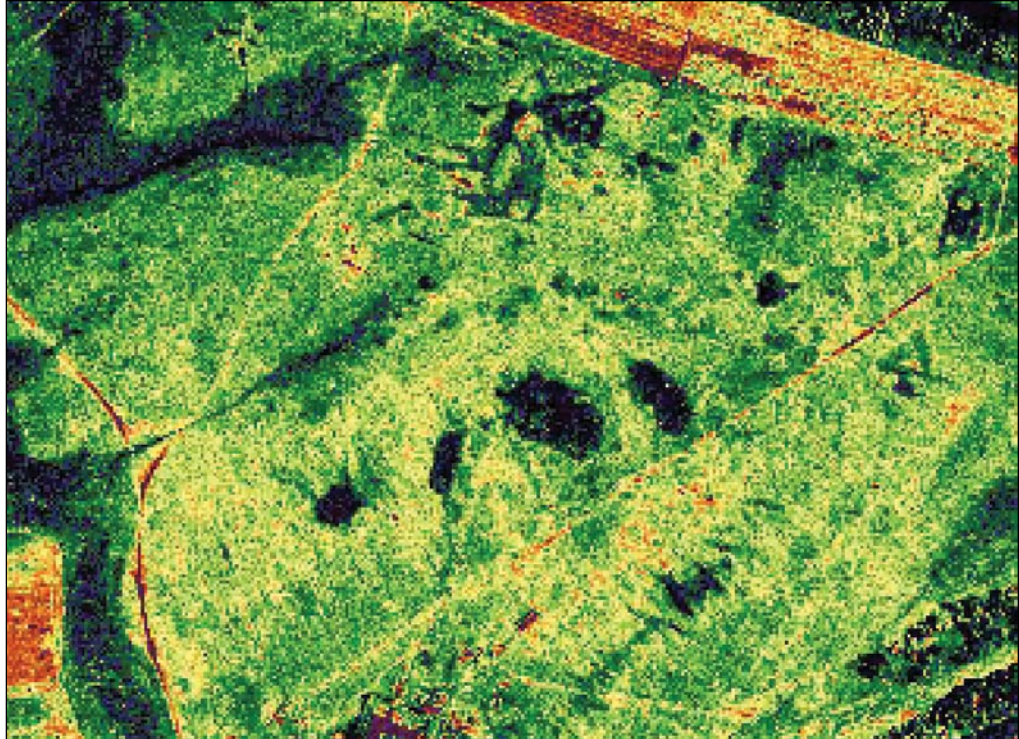
A multispektrális űrfelvételek (azonos időben több, keskenyebb spektrumban történik a rögzítés) közül a csípőszúnyog-tenyészőhelyek térképezéséhez térbeli és színeképi szempontból is az IKONOS műhold ké-

5. ábra. Csípőszúnyogok tenyészőhely-típusának (vízállásos gyepek) megjelenése RGB légi fotón (FORRÁS: FÖMI, BUDAPEST)



pei látszanak megfelelőnek, a területi lefedettség azonban az említett műhold esetében hazai viszonylatban rossz. A megfelelő időpontból (lombhullás utáni vagy lombfakadás előtti időszak) beszerzett űrfelvétel-eken jól látszanak a vízállásos, elöntéses területek.

A hiperspektrális fotóval százas nagyságrendű spektrumban történik a rögzítés. Mivel a felvétel készítésekor hatalmas mennyiségű adat keletkezik, az adott célhoz szükséges információk kiszűrése csak adatbányászattal (data mining) lehetséges. Ilyen felvételek csak megrendelésre készülnek, így a területi felbontás a repülési magasság megválasztásával igazítható a térképezés igényeihez. A hiperspektrális állományok alkal-



7. ábra. A csípőszúnyogok tenyészőhely-típusának (vízállásos gyepek) megjelenése színeképelemzés ábráján



6. ábra. A csípőszúnyogok tenyészőhely-típusának (vízállásos gyepek) megjelenése szintvonal adatbázis részletén
(FORRÁS: FÖMI, BUDAPEST)

mazása a csípőszúnyog-tenyészőhelyek térképezéséhez ígéretesnek látszik, a nagy költségigény és egyéb tényezők miatt azonban még tesztelni kell az ez irányú felhasználás lehetőségét.

Jelenleg Magyarországon nincs olyan pontosságú szintvonal adatbázis, melyből létre lehetne hozni a jelentős csípőszúnyog-tenyészőhelyeket megjelenítő digitális magasságmodelleket. A tenyészőhelyek jó részénél a vertikális szintkülönbség 5–10 cm, a rendelkezésre álló szintvonal-adatbázisok ezzel szemben maximum 0,5 m-es bontású magassági adatokat tartalmaznak (6. ábra).

A szintvonal-adatbázissal kapcsolatos problémákat küszöbölheti ki a lézeres pásztázással (LIDAR) készített nagyfelbontású magasságmodell. Új és költséges technológia lévén a csí-

pőszúnyog-tenyészőhely térképezésekhez történő felhasználásának vizsgálata még várta magára.

Objektív becslések

A tenyészőhelyek terepi mintavételi eredményeinek birtokában kijelölhetők a további elemzések tanulótérületei. Ezek és a távérzékeléssel nyert adatok felhasználásával becslések (predikciók) végezhetők bizonyos tenyészőhely-típusok térképhelyes elhelyezkedésére vonatkozóan. Ilyen becslési lehetőségeket a magasságmodell és színeképelemzés egyaránt kínál. A tesztelések eredménye szerint az előbbi nem alkalmazható a célra, utóbbi viszont – bizonyos korlátokkal – nagy pontossággal jelöl ki fontos csípőszúnyog-tenyészőhelyeket. A színeképelemzés során a korábbiakban említett adatforrások jöhetnek szóba.

A színeképelemzés során először megtörténik a színinformációk csatornákra bontása (a csatornák száma a rögzítési módszertől függ). Ezt követően statisztikai módszerekkel (ellenőrzött osztályba sorolással), a terepi felvételezéseket felhasználva, kategóriákra kell bontani a légifotón, illetve űrfelvételen szereplő tartalmakat. Ez azt jelenti, hogy a terepi mintavételek során meghatározott színeképek (mintavételezett csípőszúnyog tenyészőhelyek foltjai) alapján a térkép szintar-

talmának képegységenkénti feldolgozásával történik meg a tanulótérületekkel azonos jellegűnek minősíthető foltok megadása. A színeképelemzés lényege tehát, hogy a csípőszúnyog-tenyészőhelyek folt-térképe a távérzékeléssel nyert adatok terepi mintavételezésen alapuló, automatizált feldolgozásával jön létre (7. ábra). Jelenlegi ismereteink szerint az RGB-alapú (felbontás 2,5 m) színeképelemzés nem alkalmas kisméretű (<10m²), illetve sávszerű (8–10 m-nél keskenyebb) tenyészőhelyek megbízható megjelenítésére.

Nem hihetjük, hogy a kellemetlenkedő csípőszúnyogokat akár csak az ember közvetlen környezetéből is teljesen eltüntethetjük. Egyedszámuk mérséklése viszont üdülő- és lakott területek térségében még olyan országokban is szükséges, ahol fertőző betegséget nem hordoznak. A legfontosabb cél, hogy a „szúnyogprobléma” kezelését a környezetterhelés minimalizálásával, más szervezetek védelmével tegyünk. Ennek elérésében nagy lépés lehet a biológiai csípőszúnyog-gyérítés jelenleginél jóval szélesebb körű alkalmazása, melyet a térképezésekkel kapcsolatos legújabb kutatási eredmények is szolgálnak.

KENYERES ZOLTÁN,
SÁRINGER-KENYERES TAMÁS,
SZABÓ SZILÁRD