

oldalról a D19S-változat lényegesen gyengébb gombaellenes anyag, mint a vad típusú PAF, és ez a különbség leginkább abban érhető tetten, hogy növekvő Ca^{2+} -ionkoncentráció hatására hamarabb elveszti hatosságát. Szerkezeti oldalról igen érdekes különbséget látunk a D19S és a vad típusú PAF között: a szerkezet egésze keveset változik, azonban egy hurokrégió konformációja jelentősen más lesz a mutáció hatására, és ez együtt jár a felszíni töltésmintázat megváltozásával (3. ábra). A felszínen lévő, töltéssel rendelkező aminosavak kölcsönhatásainak részletes elemzése arra utal, hogy az ezek közötti kapcsolatok nagymértékben átrendeződnek. Ennek magyarázata, hogy a 19-es pozícióban lévő negatív töltés kiesésével az ugyanannyi pozitív töltésű felszíni oldallánca eggyel kevesebb negatív töltésű oldallánc jut, és a pozitív töltések így inkább azok közé csoportosulnak. A változás ennél annival összetettebb, hogy természetesen a sok pozitív töltés közötti taszítás is szervező erőként jelentkezik. Összességében a funkcionális és szerkezeti változások megerősítik, hogy a felszíni töltéssűrűségnek és -eloszlásnak szerepe van a biológiai hatás megjelenésében. [5]

A PAF tehát ígéretes gombaellenes hatóanyag lehet, azonban működése kapcsán nagyon sok még az ismeretlen tényező. Eddigi erőfeszítéseink ellenére kevés, a PAF fehérjével specifikus kölcsönhatásba lépő molekulát találtunk (membránalkotó foszfátidilinozitolok és membrán kivonatból származó ismeretlen nagy fehérjékkel való kölcsönhatást azonosítottunk eddig). A PAF tehát nagy stabilitása ellenére, természetes állapotában bonyolult dinamikus egyensúlyban létezik és csak részben jellemezhető közvetlenül a nem detektálható szerkezeti formákkal. A felszíni töltéseloszlás szerepe felveti, hogy az egyes szerkezeti átrendeződések összefüggésben lehetnek a hatásmechanizmussal. Annyi jelenleg bizonyosnak látszik, hogy a PAF és variánsai még hosszú ideig elátnak bennünket és egyre több együttműködő partnerünket újabb felderítendő titkokkal és szakmai feladványokkal.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az NKFI Hivatal ANN110821 és NF104198 azonosítójú pályázatait, valamint a GINOP-2.3.2-15-2016-00008 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- [1] Nikoletta Hegedüs, Florentine Marx: Antifungal proteins: more than antimicrobials? *Fungal Biol. Rev.* (2013) 26: 132-145.
- [2] Ádám Fizil, Zoltán Gáspári, Terézia Barna, Florentine Marx, Gyula Batta: „Invisible” conformers of an antifungal disulfide protein revealed by constrained cold & heat unfolding, CEST-NMR experiments and molecular dynamics calculations *Chem. Eur. J.* (2015) 21:5136-5144
- [3] Annamária F. Ángyán, Zoltán Gáspári: Ensemble-based interpretations of NMR structural data to describe protein internal dynamics *Molecules* (2013) 18:10548-10567
- [4] Barbara Richter, Joerg Gsponer, Péter Várnai, Xavier Salvatella, Michele Vendruscolo: The MUMO (minimal under-restraining minimal over-restraining) method for the determination of native state ensembles of proteins. *J Biomol NMR* (2007) 37:117-135
- [5] Christoph Sonderegger, Ádám Fizil, Laura Burtscher, Dorottya Hajdu, Alberto Muñoz, Zoltán Gáspári, Nick D. Read, Gyula Batta, Florentine Marx: D19S mutation of the cationic, cysteine-rich protein PAF: novel insights into its structural dynamics, thermal unfolding and antifungal function. *PLoS ONE* (2017) 12:e0169920

FEKETE RÉKA – MOLNÁR V. ATTILA

Az utak hatása az élővilágra

A közutak egyaránt hatással vannak az élő és az élettelen környezetre. Megváltoztatják a táj arculatát és többnyire negatív hatással vannak az élővilágra. Egy útszakasz kiépítése az állatok elgazolásától az élőhelyek feldarabolásáig sokféle következménnyel járhat. Az úthálózatok kiterjedése világszerte egyre növekszik és egyre jelentősebb környezeti gondokat okoz. Az élőlényekre kifejtett negatív hatásait meglehetősen sok tanulmány dokumentálta. Másfelől viszont az egyre intenzívebben hasznosított tájakon az



Az útszegélyek teret adhatnak olyan agresszívan terjedő növényfajoknak, mint a komoly ökológiai, gazdasági és egészségügyi károkat okozó ürömlévelű parlagfűnek

utakat kísérő természetközeli élőhelytöredékek (mezsgyék, árokpartok) az eredeti életközösségek utolsó menedékhelyeiként szolgálhatnak.

A korunkra jellemző globalizáció egyik jellegzetessége, egyszerűsödés a világméretű kereskedelem és közlekedés növekedésének jellemző mutatója, hogy az Európai Unió tagállamain belül a 2008-ig létesült burkolt utak hossza meghaladta az 5 millió kilométert, az Egyesült Államokban a 4 és fél millió kilométert, Japánban csaknem elérte az 1 millió, Kínában pedig a 3 millió kilométert.

Az utak sokasága negatív összefüggést mutat a legtöbb élőlénycsoport sokféleségével. Az utak legáltalánosabb negatív hatásai közé az élőhelyek feldarabolása, az érintett élőlényközösségek sérülékenyebbé válása, a természetes élőhelyek özönfajok általi könnyebb elérése sorolható.

A vidra Európa-szerte veszélyeztetett faj, visszazorulásának egyik fő okaként a megnövekedett közúti forgalmat tekintik



sótúró fényes labodának pedig egyre több állományát találták meg autótutak mentén. Hazánkban is számos sótúró faj utak menti terjedésére figyeltek fel, például így került elő a magyar sóvirág először a Bükk hegységben, de terjedőben van a tatárlaboda és a közönséges sziki pozdor is. Az atlanti-mediterrán tengerpartokon őshonos csókalábú útifü autópályák mentén észak felé terjed. Hazánkban 2013-ban találták meg először Győr környékén, de azóta előkerült utak mel-



A bugás tövisperje őshonos elterjedési területén kívüli terjeszkedése már évszázadokkal ezelőtt megkezdődött, manapság ezt a folyamatot nagymértékben elősegítik a vasutak, illetve az autótutak

lől a Gödöllői-dombság és a Közép-Dráva-völgyének területéről is. Az Európa atlantikus vidékeinek tengerpartjain előforduló dán kanálfű első utak mellett élő állományait mintegy 30 éve észlelték a Brit-szigeteken és a Benelux államok területén. A következő két évtizedben eljutott Svájcba, Németországba és Ausztriába is. Érdemes megemlítenünk, hogy e faj egyértelmű bizonyítékot szolgáltat arra, hogy a tengerparti fajok terjedése és az utak sózása között összefüggés van. Mára Nagy-Britannia nagy részén (így Északi-Írországban is) igen gyakori az ottani sózott utak mentén. Írországban viszont, ahol az utak csúszásmentesítésére homokos kavicsot használnak, nem tudott teret hódítani. A faj 2016-ban bukkant fel hazánkban az M1-es autópálya és a 42-es autótút mentén. Sok százezer példányt számláló állományai a tavaszi virágzaskor autóból is észrevehető fehér szőnyeggel borítják be az útpadkát. A növény tömegesen az út szegélyétől mérve átlagosan 50–80 cm távolságra jelenik meg, de egyedei ritkán található meg az úttesttől 3–4 méternél tovább. Vizsgálataink alapján az állományok egy részének terjedése a szigorú tél ellenére az utóbbi évben tovább nőtt, emiatt további terjedése várható. Vizsgálataink alapján egyetlen példány akár több száz magot is teremhet. Kísérleteink alapján a magvaknak nincs szükségük hideghatásra, 0–0,75%-os sótartalmú táptalajokon 90%-ot meghaladó arányban csíráznak. A szabadban csíranövényei szeptember-októberben jelennek meg és a 2016–2017-es igen zord telet is átvészelték. Számításaink szerint a faj terjedési sebessége mintegy 50 km/év, amely felülmúlja az 1–2 évtizeddel ezelőtt kalkulált értékeket. A terjedési sebesség növekedésében az úthálózat fejlődése, az egyre intenzívebb forgalom, a nyugat-európai állományok növekvő száma és magprodukciója is állhat. Mindez természetvédelmi kérdéseket is felvet: egyrészt ugyanis akár egy évtizeden belül elérheti az Adriai-tenger partvidékeit, másrészt térségünkben számos autópálya és főútvonal halad át természetes szikes pusztákon. Mindkét esetben fennáll a lehetősége annak, hogy a faj eredeti elterjedési területéről távoli, természetközeli élőhelyeket hódítson meg.

Orchideák úton-útfélen

A felsorolt negatív hatások mellett az utaknak nagy szerepe van a veszélyeztetett növényfajok megőrzésében is. Egyes természetes és természetközeli élőhelyek kiterjedése a megváltozott tájhasználat következtében folyamatosan csökken, így velük együtt számos növényfaj is veszélybe került. A hagyományos gazdálkodás felha-

gyása, az iparszerű mezőgazdasági termelés térhódítása és a faültetvények létrehozása veszélyezteti számos élőhely fennmaradását. Európában például mára veszélyeztetett élőhelyekké váltak a külterjesen művelt kaszálók és legelők. A művelés intenzitásának megváltozása két különböző irányú változást hozhat létre ezeken az élőhelyeken. A hagyományos hasznosítás (kaszálás, legeltetés) viszszafejlésével a cserjésedés, erdőszűlés és a már korábban említett özöngyomok terjedése indul meg. Az intenzíven művelt (meliorált, trágyázott, túllegettetett) gyepekből pedig kiszorulnak az érzékeny és ritka fajok. Ugy tűnik, az ilyen folyamatokra érzékeny növényfajok megőrzése szempontjából egyre jelentősebb szerepet töltenek be az olyan kisebb, ember által alkotott és fenntartott (antropogén) élőhelyek, mint az útszegélyek és útbevágások. Ezek a keskeny gyeptávok ökotonként, vagyis két eltérő élőhely közötti átmeneti zónaként értelmezhetők. Az ökotonok fajkészlete sokszor gazdagabb, mint a környező területeké, mivel mindkét élőhelytípus élőlényei megtalálhatók benne, és vannak olyan fajok, amelyek kifejezetten két élőhely határán 'egyensúlyoznak', mert egyébként egyik élőhely fajaival sem képesek felvenni a versenyt. Ilyenek például az orchideák (kosborfélék) is, amelyek gyakran ilyen átmeneti zónákban találják meg létfeltételeiket. Az útszegélyek azért biztosítanak megfelelő élőhelyet bizonyos növények számára, mert sok helyen érvényesül a hagyományos tájhasználat egyik eleme, a kaszálás. Ráadásul az útbevágások részűje által levezetett víz növeli a nedvességtartalmat, ami kedvez a növények fejlődésének. Ezek a folyamatok és tulajdonságok együttesen járulnak hozzá egy fajgazdag közösség kialakulásához az utak mentén.

Hazánkban már tucatnyi orchideafaj került elő útszegélyekről, például a Mecsekben, a Bakonyban és a Keszthelyi-hegységben. Az Európa számos országában folytatott vizsgálataink során több tucatnyi orchideafaj sok ezer példányát találtuk meg utak mentén. Az egyes fajok igényeit illetően például lejtőszög és fás szárú borítás tekintetében jelentős különbségeket tapasztaltunk. Ez összefüggésben áll azzal, hogy az útszegélyek és útbevágások az alapkőzet, a tengerszint feletti magasság, a kitettség, a lejtőszög, a mikro- és makroklima függvényében igen változatos termőhelyi körülmények kialakításával sokféle környezeti igényű faj számára biztosítanak megfelelő élőhelyeket.

A közutak legjellegzetesebb kísérői közé tartoznak az impozáns és veszélyeztetett fajok között számon tartott sallangvirágok, amelyek legnagyobb állományai utak mentén ismertek, azoktól távolabb általában csak kisebb számban, elszórtan fordulnak elő példányaik. Három fajuk 9 országra kiterjedő vizsgálata során kimutattuk, hogy egyedeik lényegesen közelebb fordulnak elő az úttesthez, mint azt a véletlen alapján várhatnánk. Az úttesttől mért távolság nem befolyásolja a hajtások magasságát és a virágok számát – azaz a tövek kondícióját. Ugyanakkor az úttest közvetlen közelsége hátrányosan érinti a példányok szaporodási sikerét, mert virágaiknak kisebb hányada hoz termést. Ez a hatás valószínűleg az utak megporzó rovarokra gyakorolt hatásán keresztül érvényesül. Ezzel együtt, mivel a sallangvirágok több mint száz éve ismertek, jelentős és szaporodóképes út menti állományai a fajok fennmaradásának zálogai lehetnek. Mindez azonban az utak és útszegélyek kezelésén is múlik. Természetvédelmi szempontból kifejezetten kívánatos ezeknek az élőhelyeknek a kaszálása, ugyanakkor kerülendő a vegyszeres gyomirtás.

Irodalom

- Forman R.T. & Alexander L.E. 1998. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 207–231.
 Clifford H.T. 1959. *Journal of Ecology* 47: 311–315.
 Tyser R.W. & Worley C.A. 1992. *Conservation Biology* 6: 253–262.
 Vitalos M. & Karrer G. 2009. *Neobiota* 8: 53–60.