

esetére is jelentős eltolódások következhetnek be a zárt erdőtakaró összetételében kiterjedésében is. Különösen érintett területek lehetnek a Dél-Dunántúl, a Balaton környéke. Ezt meteorológiai elemzések is megerősítették.

Az előrejelzések értelmezéséhez világosan látni kell, hogy az erdőtakaró klímaérzékenysége Magyarországon különösen nagy.

Ennek okai, hogy:

– szinte valamennyi erdőtakarót meghatározó fafajunk az országhatáron belül éri el nedvességihiányból adódó alsó elterjedési határát;

– az ország felszíne kevéssé tagolt, aránylag csekély klimatikus változások nagy földrajzi térségeket érintenek;

– a zonális erdőövek közötti klimatikus különbségek a várható változásokhoz képest csekélyek.

A potenciális változások bemutatásakor azonban fel kell hívni a figyelmet több olyan tényre, ami a változások gyors lefolyását késleltetheti. Mindenekelőtt meg kell említeni, hogy az erdőtakaró-változásokat legérzékenyebben befolyásoló csapadékvisszonyok előrejelzése jelenleg nagy bizonytalanságokkal terhelt. Az eltolódásokat késlelteti a fafajok természetes toleranciaképessége, genetikai és fiziológiai alkalmazkodóképessége. Az erdészeti beavatkozások célirányos változtatása ugyancsak az erdőállományok stabilitásának megőrzését szolgálhatja.

Az utóbbi évtizedben az ország számos pontján észlelt vitalitás-gyengülés, és a helyenként fellépett tömeges pusztulások luc, tölgy- és bükk erdőállományokban, felhívják a figyelmet arra is, hogy a kedvezőtlen változások nem csupán a fajok genetikai-fiziológiai tolerancia-határainak eléréséből adódnak. Hozzájárul ehhez, hogy a vitalitás gyengülésével addig jelentéktelen, vagy sikeresen féken tartott fogyasztó szervezetek (rovarok, gombák) tömeges és súlyos károsítása léphet fel. A károsítás az őshonos, az eddigi feltételekhez vélhetően jól alkalmazkodott fajokat sem kíméli. A 2003-as száraz évben például a Zalaegerszeg környéki bükkösökben addig veszélytelennek tartott zöld karcsú díszbogár okozott igen nagy károkat. Megfigyelték azt is, hogy klimatikus feltételek változása a fogyasztó szervezetek életmódját és szaporodási lehetőségeit is jelentősen befolyásolhatja, amely a károkat tovább növelheti.

Az erdőgazda felelőssége a várható változások kivédésében több irányú. Egyrészt fokozott óvatossággal a várható károk korlátozására kell törekedni, másrészt viszont aktív beavatkozással segíteni kell az új feltételekhez jobban alkalmazkodott növényzet, erdőtakaró kialakulását, hiszen láthatjuk, hogy a változások a természetes alkalmazkodási folyamatok gyorsaságát és lehetőségeit meghaladják. Mindehhez átfogó, rugalmas stratégia kialakulása szükséges.

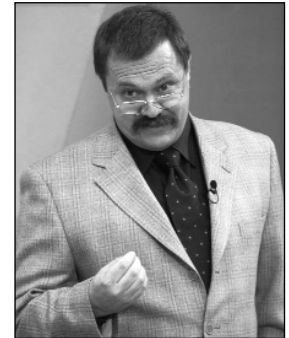
IRODALOM:

- Führer E. Irodalom:
 Führer E., Mátyás Cs. 2005. A klímaváltozás hatása a hazai erdők szénmegkötő képességére és stabilitására. Magyar Tudomány 7: 837–841
 Mátyás Cs., Czímber K. 2000. Zonális erdőtakaró mezoklíma szintű modellezése: lehetőségek a klímaváltozás hatásainak előrejelzésére. In: Tar K. (szerk.): III. Erdő és Klíma Konferencia Debrecen, 2000. június 7–9., Debrecen: DE–TTK Meteorológia Tanszék, 83–97
 Mátyás Cs. 2002. Erdészeti-termesztvédelmi genetika. Budapest: Mezőgazda Kiadó, 422 p.
 Mika J., 2000. Hazai éghajlati forgatókönyvek. In: In: Tar K. (szerk.) III. Erdő és Klíma Konferencia Debrecen 2000. június 7–9., DE TTK Meteorológia Tanszék, 9–23
 Berki I., Rasztovcics E. 2004. Zonális fafajaink, különösen a kocsánytalan tölgy szárazságtolerancia határérték-sávjainak kutatása – módszer, előzetes eredmények. In: Mátyás Cs., Vig P. (szerk.): Erdő és klíma IV. Sopron, NYME, 209–220
 Mátyás Cs. 2005. A klímaváltozás hatása a hazai erdők szénmegkötő képességére és stabilitására. Magyar Tudomány 7: 837–841
 Mátyás Cs., Czímber K. 2000. Zonális erdőtakaró mezoklíma szintű modellezése: lehetőségek a klímaváltozás hatásainak előrejelzésére. In: Tar K. (szerk.): III. Erdő és Klíma Konferencia Debrecen, 2000. június 7–9., Debrecen: DE–TTK Meteorológia Tanszék, 83–97
 Mátyás Cs. 2002. Erdészeti-termesztvédelmi genetika. Budapest: Mezőgazda Kiadó, 422 p.
 Mika J., 2000. Hazai éghajlati forgatókönyvek. In: In: Tar K. (szerk.) III. Erdő és Klíma Konferencia Debrecen 2000. június 7–9., DE TTK Meteorológia Tanszék, 9–23
 Berki I., Rasztovcics E. 2004. Zonális fafajaink, különösen a kocsánytalan tölgy szárazságtolerancia határérték-sávjainak kutatása – módszer, előzetes eredmények. In: Mátyás Cs., Vig P. (szerk.): Erdő és klíma IV. Sopron, NYME, 209–220

Tudásábrázolás az élettudományokban

Beszélgetés Pongor Sándorral

Pongor Sándor 1974-ben szerzett diplomát a Budapesti Műszaki Egyetem Vegyészmérnöki Karán. Kutatási területei a DNS- és a fehérjeszerkezet vizsgálata, a fehérjék tervezése és adatbázisainak fejlesztése, a számítógépes adatok interpretációs kérdései. Munkatársával a világon elsőként fejlesztették ki a fehérjék szerkezeti egységei, a domének szekvencia-adatbankját. 1985 és 1989 között a gödöllői Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont tudományos igazgatója és programjának megszervezője volt. 1989 óta Triesztben dolgozik, az ENSZ kötelékében működő Nemzetközi Géntervezési és Biotechnológiai Központban, ahol egyebek között a bioinformatikai kutatások vezetője. Jelenleg az MTA Szegedi Biológiai Központjában is vezet csoportot. 1996-ban és '97-ben az Európai Bioinformatikai Egyesület (EMBnet) elnökének választották meg.



– Az informatika a tudomány számos más területe mellett a biológia gondolkodásmódját is alapvetően megváltoztatta. Gének, fehérjék millióiról vannak adataink, és ezek ma már bárki számára hozzáférhetők. Milyen kérdésekre keres választ a bioinformatika?

– Ez a szakterület elsősorban a gének és a fehérjék számítógépes elemzésével foglalkozik. Több százra tehető azoknak a fajoknak a száma, ahol ismerjük a teljes örökítőanyag, a genom szerkezetét. Ezt az adattömeget értelmezhető információvá, gyakorlati tudássá kell alakítani. Mondhatjuk úgy is, hogy a fő feladat a tudásábrázolás, az adatok információvá rendezése, de egy ilyen forrongóan új területről sohasem alkotható pár szavas, zárt definíció. Talán a leghelyesebb, ha egy általános informatikai szemléletmódról beszélünk, amely az élettudományok egész területét átfogja, és sokféle, újszerű ábrázolásmódot alkalmaz. Egy fehérjemolekulának például ábrázolhatjuk a *szekvenciáját* (építőköveinek sorozatát), ami nem több mint egy szövegre emlékeztető egyszerű karaktersorozat. De ábrázolhatjuk a *térbeli alakját* (konformációját) is, megjeleníthetjük, mondjuk, a felszínét vagy a molekulavázát, s ezek már háromdimenziós ábrázolások. Sőt, ha a fehérje funkciója érdekel bennünket, akkor kölcsönhatásainak hálózatát is ábrázolhatjuk: azt, ahogy beleilleszkedik a sejt rendszerébe. Vagyis a bioinformatikában nyelvi, térbeli és hálózati leírásokat is alkalmazunk. Ismereteink hiányosságára akkor döbbenünk rá igazán, ha meggondoljuk: a legtöbb molekula esetében csak a kémiai szerkezet alapjait ismerjük, a térbeli alakra többnyire csak néhány prototipikus ábrázolás segítségével következtetünk, a sejtbeli környezettel való kölcsönhatásoknak pedig csak a töredékéről tudunk.

– Nemrégiben azt írta a Magyar Tudományban, hogy „a molekuláris biológia olyan korszakban született, mikor a tudományban a nyelvi megközelítések uralkodtak”.

– Ez csak metafora, de igen tanulságos metafora. A molekuláris biológia kialakulásakor a kor vezető gondolkodói – Wittgenstein-től Chomskyig – a nyelv elméletével foglalkoztak. A rákövetkező kor pedig a kódfejtésé lett: a szuperhatalmak évtizedeken át árgus szemekkel figyelték egymás rejtjelezett üzeneteit. Nem csoda tehát, hogy a DNS-t a kutatók maguk is egyfajta megfejtendő szövegnek tekintették, és a megfejtést „genetikai kód”-nak nevezték el. A gének és termékeik, a fehérjék esetében többnyire csak az építőkövek sorrendjét ismerjük, és ebben a „vég nélküli szöveg”-ben éppolyan módszerekkel keressük a hasonló, ismétlődő részeket, mint az egykori kódfejtők. Ezt teszi például a BLAST program, amely ma az egész tudomány területén a legtöbbit használt számítógépes program. Segítségével egy ismeretlen fehérje „szövegét”, a szekvenciát összehasonlíthatjuk a már ismert fehérjék adatbankjával, és ha szerencsénk van, meg tudjuk mondani, mi az új fehérje funkciója. Mindehhez azonban kevés lenne az összehasonlítás, kell az is, hogy az adatbank minél több értelmes információt tartalmazzon.

Az igazi forradalmat – véleményem szerint – éppen a számítógépes adatbázisok jelentik. A kódexek, enciklopédiák és szakönyvsorozatok utódaiként ma ezek a tudomány legfontosabb tudástárolási formái. Az élettudományokban például olyan integrált, szervezett és kerestethető rendszer jött létre, amely bizvást nevezhető az emberi tudásábrázolás csúcsteljesítményének. Az építőkövek sorrendjét, a háromdimenziós szerkezetet és a funkciók kölcsönhatások rendszerét keresztreferenciák bonyolult hálózata köti össze. Régen egy kutatónak könyvtárról könyvtárra kellett járnia. Ma ehelyett klikkelhetünk az új információkra, és a molekuláris adatok körül azonnal ott van a szakcikkek egész hálózata is. Mindez tehát nemcsak számítógépes eszközöket, hanem új szerű fogalmakat, emberi alkotóerőt is igényel.

– *De közelebb jutottunk-e az élet alapvető titkaihoz?*

– Nézzünk először egy pesszimista választ. Már egy egyszerű sejt működéséhez is több százezerféle alkatrész együttműködése szükséges. Egvelőre csak az alkatrészek tervrajzát tartjuk a kezünkben. Kis túlzással ott tartunk, mintha ősemberként vennék kezbe egy repülőgépet. Nemcsak a betűket nem ismerjük teljességgel, de azt sem tudjuk pontosan, egyáltalán mire vonatkoznak a tervrajzok, milyen fizikai elveken működnek az alkotóelemek. Mai felfogásunk szerint például a biológiai rendszerek alapja az önszerveződés, de ennek működési elveit éppen csak most kezdjük sejtetni.

Van azonban egy optimista olvasat is. Már a génállomány megismerése előtt is sok jó gyógyszert, hatóanyagot fedeztek fel. Ezt a munkát az új ismeretek sokszorosan megkönnyítik. Tehát lehet ugyan, hogy az összes tervrajzot nem fogjuk egyhamar megérteni, de egyes kiválasztott részleteket annyira megismerhetünk, hogy például a kártevők vagy vírusok ellen védekezni tudjunk. Ez a biotechnológiai módszerek egyik alapvető feladata.

– *Amerikában szerzett tapasztalatokkal a háta mögött 1986-ban biotechnológiai intézetet alapított Gödöllőn. Hogyan zajlott ez a munka?*

– Nemcsak a sejtműködés, hanem az intézetalapítás is komplex folyamat, s az ilyen feladatokat sohasem egy ember végzi. A Biotechnológiai Központ alapítását kormány szinten határozták el, legfőbb támogatója Papócsy László miniszterhelyettes és Straub F. Brúnó akadémikus, későbbi államelnök volt. Az én feladatom a tudományos program kidolgozása és a szakembérgárda összeállítása lett. Szinte magam is meglepődtem, hogy a kor szakasaitól eltérően mennyire szabad kezelt kaptam ezekhez a feladatokhoz. A Zsigmond Attila barátom által vezetett program keretében például mintegy ötven fiatal szakembert – későbbi munkatársat – küldtünk „kiképzésre” az ország legjobb kutatócsoportjaihoz, és a kutatás mellett számítógépes és nyelvi képzést is biztosítottunk a számukra, melyet végül külföldi tanulmányút követett. Nem volt akadálya annak sem, hogy a senior kutatók közül is a legkiválóbbakat hívjuk meg. Így került az intézet kötelékébe Solti László, az Állator-

vos-tudományi Egyetem későbbi rektora, Balázs Ervin, a későbbi igazgató, és Szegedről Orosz László, aki egy teljes genetikai iskolát jelentő tanszékkal, tanítványaival együtt csatlakozott az intézethez, s akinek tudományos igényessége, korszerű megközelítési módja mintegy megadta az alaphangot a későbbiekre. De sokat beszélhetnénk a korszerű laboratóriumokról és az esztétikus, kitűnő laborépületről is, Zalaváry Lajos munkájáról. A szervezésért a legnagyobb elismerés azonban – szerintem – Pék Jánost, a kitűnő agrárszakembert illeti, aki a minisztérium megbízásából igazgatóként irányította a beruházást, és akitől magam is a legtöbbet tanultam. Remek emberismerőként elsőrangú beruházó csapatot szervezett, amely a néhai Fröhlich Sebő vezetésével rekordidő alatt vezényelte le az építkezést. Mindebben nagy szerepet játszott, hogy tanácsadó testületünkbe sikerült megnyernünk az MTA, a hazai tudomány legjobb erőit. Barabás Zoltán, Dudits Dénes, Kondorosi Ádám, Király Zoltán és Venetianer Pál higgadt tanácsai például sokat segítettek abban, hogy a főhatóság döntéseit mindig a legjobb szakmai irányba tudjuk terelni. Nekik is köszönhető, hogy a kezdeti nehézségek után az intézet fel tudott emelkedni a legjobbak közé.

– *Gödöllőről az út Triesztbe vezetett, ahol ma is műveli és oktatja a bioinformatikát. Hogyan állította össze a tananyagot az akkor éppen csak alakuló tudományterület megismertetéséhez?*

– Bioinformatikával 1982 óta foglalkozom, intenzívebb művelésére és oktatására valóban csak Triesztben álltam át, úgy 1990-től kezdve. Az oktatási anyag eleinte – ez ma már komikusnak hat – magában foglalta a számítógépes alapokat is, a nemzetközi diáksereg egy része ugyanis ott látott először számítógépet. A későbbiekben nagy segítséget jelentett, hogy az európai bioinformatikai egyesülés, az EMBnet elnökeként kapcsolatba kerültem a szakterület legjobb oktatóival. Ők azóta is rendszeres előadói a trieszti nyári tanfolyamnak, amely mára talán a legnagyobb múltra visszatekintő tanfolyam Európában. Nagyon nagy örömmre szolgál, hogy a bioinformatika magyar művelőinek többsége – valamilyen formában – kapcsolatban áll vagy állt a trieszti intézettel, és sok esetben maga is egyike volt annak a több mint ezer hallgatónak, aki az évek során részt vett a tanfolyamon. Mára azonban itt is változnak a körülmények, hiszen egyre több egyetemen eleve oktatják a bioinformatikát. És bár a mi tanfolyamunkra még mindig tízszeres a túljelentkezés, már gondolunk a távoktatás és a videokonferencia eszközeinek a bevetésére is. Ehhez többek között az adta az indító lökést, hogy a magyar, köztük a határon túli egyetemek számára is hozzáférhető elektronikus anyagokat dolgozzunk ki. Az elektronikus távelőadás hiába „élő”, nem pótolja a személyes kontaktust. De arra kitűnő, hogy egy oktató rendszeres konzultációkkal előkészítsen egy néhány napos vagy hetes koncentrált előadásblokkot.

– *A külföldön töltött évek után professzor úr mind a négy fia a Sárospataki Református Kollégium Gimnáziumában folytatta tanulmányait. Miben tér el az olasz oktatás a magyartól, miért választották inkább a kollégiumi életet?*

– Bevallom, nem ők választották, hanem mi, a szülők. És nem azért, mintha az olasz oktatási rendszerben nem lennének jó iskolák. De úgy gondoltuk, akkor járnak a legjobban, ha meghatározó gimnáziumi éveiket a magyar közegbe visszaülleszkedve töltik el. Természetesen a hazai kollégiumok ellátottsága nem éri el a nyugatiakét, sok diák, köztük a határon túliak számára még a megélhetés is gondot jelent. Büszke vagyok rá, hogy fiaink a sárospataki iskola összetartó közegében váltak közösségi emberré. Sárospatak jó iskola, közösségi szelleme és hagyományai nagy tartalékok jelentenek a későbbi életre.

– *Jut ideje kikapcsolódásra a feszített munka közben?*

– Igen, az olvasás mellett főleg a hangszeres zenét szeretem, Bachtól a bluesig. Van zongorám, gitárom, clavichordom (ez a csembaló őse) – nekem a zenélés jelenti a pihenést. És valljuk be: Bach, Mozart, Bartók jó társaság, nem lehet ráunni.

Az interjút készítette: SIMON ÁGNES