

frappáns volt, Erdős (és egy idő után a környezete is) azt mondta: ez a bizonyítás a könyvből van. Halála után *Martin Aigner* és *Günter M. Ziegler* berlini matematikusok meg is jelentettek egy ilyen könyvet: *Bizonyítások a könyvből*.⁹ Hogy ez miért lényeges? Mert a matematika sok különböző aspektusa közül annak szépsége is nagyon fontos. (Egy matematikai tétel vagy bizonyítás szépsége nem öncélú; valamilyen lényegrelátást tükröz.)

Néhány adat Erdősről

Erdős körülbelül 1500 cikket írt, és 500 szerzőtársa volt. El szokták róla mondani, hogy hozzá hasonló produktivitás csak Leonhard Eulert jellemezte. Ez is kicsit félrevezető, mert

⁹ Magyar fordítás: Typotex Kiadó, 2009.

IRODALOM

Az alábbi bibliográfiában könyvet nem említék, az általános olvasónak inkább *Babai László* cikkét ajánlom, amelyik Erdősrel való beszélgetések alapján készült, vagy *T. Sós Vera* cikkét, amelyik a háború alatti Erdős–Turán-levelezést tükrözi. Erdős személyisége tükröződik a Turán Pál halálára írt cikkéből, illetve a magáról írt cikkéből, és a matematika nagy filozófiai problémáiról szól *Tim Gowers* cikke.

János Bolyai Mathematical Society (1993, 1996): *Paul Erdős is Eighty*. (Bolyai Society Mathematical Studies 1–2.) Budapest

Babai László (1993): In and Out of Hungary, Paul Erdős, His Friends, and Times, in *Combinatorics: Paul Erdős is Eighty*. In: János Bolyai Mathematical Society (1996): *Paul Erdős is Eighty*. (Bolyai Society Mathematical Studies 2.) Budapest, 7–95.

Babai László – Spencer, Joel (1997): Paul Erdős, (1913–1996). *Notices of AMS*. 45, 1,

Bollobás Béla (1997): Erdős Pál (1913–1996). *Természet Világa*. 2, • <http://www.termeszetvilaga.hu/tv9702/bollobas.html>

Bollobás Béla (1998): To Prove and Conjecture. *American Mathematical Monthly*. 105, 3, 209–234.

Erdős Pál (1997): Hogyan lettem matematikus és világvándor. *Természet Világa*. 2, • <http://www.termeszetvilaga.hu/tv9702/erdos.html>

sem Euler, sem Erdős nagysága és hatása nem a cikkeik számában fejezhető ki.

Amikor egy nagy tudós nagyságát akarjuk illusztrálni, az egyik legegyszerűbb mód, hogy felsoroljuk a kitüntetések, amelyekkel a tudományos környezet elismerte teljesítményét. Ezt sem teszem. Ezek megtalálhatóak az URL2-ben. Amikor az ELTE díszdoktorává avatta, Erdős egy Arany János-idézetet mondott el:

*Ha én egy jót alhatnám –
Száz keresztért nem adnám.*

Persze ezt a saját átköltésében is elmondta, szeretett verseket átkölni. Nála az alvás helyett egy szép új tétel bizonyítása szerepelt.

Kulcsszavak: *Erdős Pál, Turán Pál, magyar matematika, matematikortörténet*

Erdős Paul (1977): Paul Turán, 1910–1976: His Work in Graph Theory. *Journal of Graph Theory*. 1, 2, 97–101. DOI: 10.1002/jgt.3190010204

Gowers, Tim (2000): Two Cultures of Mathematics. In: Arnold, Vladimir Igorevich – Atiyah, M. – Lax, P. – Mazur, B. (eds.): *Mathematics: Frontiers and Perspectives*. American Mathematical Society, Providence, RI, 65–78, tanulmány • <http://www.dpmms.cam.ac.uk/~wtg10/2cultures.pdf> teljes kötet: <http://books.google.hu/books?id=qjVaDrOQbxEC&printsec=frontcover&hl=hu#v=onepage&q&f=false>

T. Sós Vera ([1999] 2002): Turbulent Years: Erdős in His Correspondence with Turán from 1934 to 1940. In: Halász Gábor – Lovász L. – Simonovits M. – T. Sós V. (eds.): *Paul Erdős and his Mathematics*, I. (Bolyai Society Mathematical Studies 11) János Bolyai Mathematical Society, Budapest, 85–146,

Turán Pál (1963): Erdős Pál 50 éves. *Matematikai Lapok*. 14, 1–28.

URL1: Erdős Pál 1989-ig elkészült művei • http://www.renyi.hu/~p_erdos/

URL2: László Babai's Erdős page: • <http://theory.cs.uchicago.edu/erdos.html>

URL3: St Andrew College Math History: On Erdős; • <http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Erdos.html>

KÉTSZÁZÖTVEN ÉVE SZÜLETETT JUSTUS VON LIEBIG, AZ MTA KÜLSŐ TAGJA

Kádár Imre

az MTA doktora, kutató professor emeritus,
MTA Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani és Agrokémiai Intézet
kadar@rissac.hu

*„A kémia azon csendes erők birodalmába
kalauzol, amelyek minden létezés
és elmúlás feltételei a Földön.”*
Justus v. Liebig

Bevezetés

Justus von Liebig, a Magyar Tudományos Akadémia külső tagja, jelentős befolyást gyakorolt egy sor tudomány fejlődésére, mint a kémia, gyógyszer-tan, orvostudomány, agrókémia, takarmányozás-tan, élelmiszer-kémia. *Samuel Cecil Salmon* és *Angus Alexander Hanson* (1970) szerint Liebig munkássága olyan vízvázlatot a mezőgazdaságban, mint a keresztény világban a Krisztus előtti vagy utáni időszámítás. Valóban *Agrikulturkémia*-ja olyan viharokat kavart szakkörökben, melyek hatása a mai napig tart. A korszakalkotónak minősített munka jelentősége és kisugárzása talán csak a kortárs *Charles Darwin A fajok eredete*, illetve *Az ember származása* című munkáihoz hasonlítható. A Liebig utáni mezőgazdaságban beköszöntött a műtrágyák kora. A gyümölcsöző viták, illetve a liebigi hagyaték sokoldalú pozitívumait az utókor, így a jelen generáció élvezi igazán. Munkánk célja áttekinteni az elmúlt két év-

század főbb eseményeit, megvilágítani az előzményeket és a liebigi kort, bemutatni e nagy gondolkodó életútjának jelentősebb állomásait. Vizsgáljuk Liebig hatását a magyar tudomány fejlődésére, valamint megkíséreljük összefoglalni munkásságának általános, elvi-módszertani tanulságait. Vagyis azt, hogy mit nyújthat a ma emberének a liebigi szemlélet? Segíthet-e eligazodni napjaink globalizálódó világában? Áldás vagy talán átok ma a Liebig által elindított műtrágyahasználat?

Liebig és kora. Előzmények

Liebig (1876) a mezőgazdaság jelentőségét az alábbi szavakkal méltatja: „Nincs olyan tevékenység, mely jelentőségében a mezőgazdasághoz hasonló. A mezőgazdaság állítja elő az ember és állat táplálékát, tőle függ az egész emberi faj jóléte és fejlődése, államok gazdagsága és a kereskedelem. Nincs olyan gazdasági ág, ahol a helyes irányelvek alkalmazása oly áldásos, nagy és döntő hatású lenne.”

T. Bedford Franklin (1948) szerint egy angol farmer az 1600-as években kb. 4 hektár földet tudott kezdetleges eszközeivel művelni, míg további 4 ha-t a következő évi vetés alá ugarolt. A 4 hektáron kapott 5–6 t gabona-

termés negyedét félretette vetőmagnak, másik negyedét elvitte a földesúr és az adók. Ami őrlés után maradt, azon tengődött aratásig. Földbe vajt szalmakunyhójának egyik felében lakott családjával, másik felében állatai (tehén, sertés, szárnyasok) kaptak helyet. Mai szemmel szinte érthetetlen, hogyan tudott életben maradni.

Sokan nem is tudtak! Különösen a középkorban. A népszaporodást az élelmiszertermelés korlátozta. Az egyoldalú hiányos táplálkozás és a rossz higiénés körülmények között gyakoriak voltak a járványok. A gyermekhalandóság elérte a 40–50%-ot, egy kisebb sérülés vagy fertőzés halált jelenthetett. Az 1300-as években Anglia lakosságának egynegyedét pusztította el a pestis. A sűrűn lakott, higiénés szempontból rosszabb helyzetű városokban esetenként a népesség 90%-a halt ki. Párizs mintegy százezer lakosából a járványt követően alig négy-ötezer maradt meg. Európa időnként gyakorlatilag elnéptelenedett, és nemcsak a középkorban!

A harmincéves háború idején (1618–1648) a művelésbe vett mezőgazdasági terület Németországban akkora volt, mint a XX. század elején, sőt a falvak száma *Josef Becker-Dillingen* (1934) közlése szerint meghaladta azt. A háború végére a 25 milliós lakosság négymillióra csökkent. Ezzel ismét kitolódott az élelmiszertermelés összeomlása. Az 1700-as évek közepére helyreállt Európa népsűrűsége, elérve egyben az élelmiszertermelés korlátait, mert a talajok elszegényedése, kimerülése mindinkább érezhetővé vált.

A németek kelet felé vándorolnak (*Schwabenzug nach Osten*). Ritkábban lakott termékeny területeket keresnek a Magyar Királyság, a Volga és a Fekete tenger melléke, valamint a Baltikum vidékén. Anglia az ipari forradalomba „menekül”. Iparcikkével vásárolja

meg kívülről az élelme egy részét, létrehozva nyomorgó munkásságát. Az éhező franciák a valós forradalomban keresik a gyógyírt. XVI. Lajos „kenyérházadásnak” nevezte a forradalmat, amely trónjába és az életébe került.

Szerencsére ekkortájt ugarba lépett a burgonya, megnövelve az akkori háromnyomásos gazdálkodás teljesítményét. Éppen az 1745–1774. évek éhínségei gyorsították a burgonya térhódítását és tömeges fogyasztását. *Robert Malthus* és *Darwin* tanai is tükrözik az emberiség túlélésért folytatott küzdelmét. Az 1850-es évekig minden évtizedben ismétlődtek a pusztító éhínségek Európában. Liebig mutatott rá egyértelműen az okokra és a kiútra, az évszázados rablógazdálkodás következményeire. Előtte mintegy fél évszázaddal, az 1700-as évek végén, új hajtóerő lépett színre, a tudományos kutatás. A kutatók akkori eredményeit Liebig (1840) szintetizálta, és a mezőgazdaság szolgálatába állította. Fellendült a helyi trágyaszerek (fekália, szennyvíz, hulladék, csontok, avar) használata, és elkezdődött a műtrágyák gyártása. A termékek 1850–1880 között harmadával emelkedtek Nyugat-Európában.

A haladás kezdetben lassú volt, hiányoztak a kísérleti állomások, a megfelelő oktatás és szaktanácsadás, a propaganda. A fejlődés azóta felgyorsult, talán túlságosan is, amire a túltermelés utal. Liebig idejében azonban az éhínség réme még realitás volt Európa számára. Emlékeztetőül: az 1845. és 1846. évi írországi burgonyavész nyomán 275 ezren haltak, további kb. egymillió ember pusztult el az alultápláltság és a betegségek együttes következményeképpen, míg másik egymillió az éhezés elől menekülve az Egyesült Államokba vándorolt (Salmon – Hanson, 1970). Magyarországon az élelmiszertermelés korlátai kevésbé jelentkeztek, hiszen a tatár- és

törökdhülés, egyéb háborúk ritkább népességet hagytak hátra. Másrésről talajaink, főként az Alföld vidékén eredendően gazdagabbak voltak, és mindenféle trágyázás nélkül termékenyek maradtak. A föld olcsó volt, míg a munkaerő relatíve kevés és drága.

Liebig előtt az *Albrecht Daniel Thaer* (1809–1821) 1996) által népszerűsített humuszelmélet uralkodott, mely a maga korában haladónak minősült, hiszen az akkor rendelkezésre álló istállótrágyát és egyéb gazdasági trágyaszereket igyekezett hasznosítani. Hirdette, hogy a „Humusz a talaj legfontosabb alkotórésze és termékenységeinek hordozója, mely szerves trágyázással szaporítható, növelhető.” Az általánosan uralkodó felfogás szerint a növénynek vízre és humuszra van szüksége. Amikor 1800-ban a Berlini Tudományos Akadémia pályázatot írt ki, hogy „Miből és hogyan jön létre a növényi hamu?”, a nyertes pályamunka a „földes alkotórészeket” a növényi életműködés termékének minősítette. 1840-re azonban már sok adat gyűlt össze. Növényelemzéseket, homokkultúrák növénykísérleteket végeztek, lassan tisztázódtak az élettani jelenségek alapjai. Liebig rendszerezte a sok, gyakran egymásnak ellentmondó eredményt, és megvilágította a lényegét: a N és CO₂ alapvetően a levegőből származik, az ásványi elemekből álló hamu pedig a talajból. Utóbbi pedig nem szennyezés a növényben, hanem a talajerő, ami fogy, kimerül, ezért pótolni kell. A N persze döntően nem a levegőből származik, kivéve a pillangósok N-kötését, mely ekkor még nem volt ismert.

Liebig élete, tevékenysége

Justus von Liebig 1803-ban született Darmstadtban. Apja gyógyszer- és festékkiskereskedő, valamint -előállító volt. Liebig nyolcévesen a helyi „gimnázium” tanulója lett Ludwig báty-

jával együtt. Az ókori latin és görög nyelv oktatása (főtárgyak) untatták, így az iskolát tizenéves korában otthagya. A gyakorlati dolgok érdekelték, apja műhelyében szeretett dolgozni. Sok anyagot ismert formája, színe, szaga, oldhatósága vagy éghetősége szerint. Szívesen látogatta a város iparosait, azok műhelyeit. Még a gimnáziumban megkérdezte igazgató tanára: – Mi lesz belőled, fiam? Szüleid és tanáraid szegénye vagy, az iskola nem érdek! – Kémikus – válaszolta Liebig. Erre nevetés tört ki az osztályban, mert senki sem tudta, mi az a kémia – írja később önéletrajzában Liebig.

El is ment a közeli Heppenheimbe gyógyszerésztanulónak, ahonnan tíz hónap múltán elküldték, mert kísérleteivel robbanást okozott. Később kémiát tanult Bonnban és Erlangenben, itt jelent meg tizenkilenc éves korában első közleménye a durranóezüsttről (*Knallsilber*, ezüstfulminát). Húszévesen doktorál *Az ásványi kémia és a növényi kémia viszonyai* című munkájával, mely a szerves és szerves kémia összefüggéseit tárgyalja. Ezután a hesseni kormány ösztöndíjával Párizsba ment *Louis Jacques Thénard*, *Pierre Louis Dulong* és *Louis Joseph Gay-Lussac* laboratóriumaiba. A higanyvegyületekről tartott előadást a Párizsi Királyi Akadémián, ahol jelen volt *Alexander von Humboldt* is, aki gratulált a fiatal vegyésznek, és később tovább egyengette tudományos pályáját.

Hazatérve, huszonegy évesen a Giesseni Egyetem kémiaprofesszora lett (Humboldt javaslatára), és kiépítette laboratóriumát. Kémia mint önálló tárgy Giessenben nem létezett. Néhány orvos, gyógyszerész, kereskedő/ iparos foglalkozott vegyészettel. Liebig oktatói, tudományszervezői zsenijére utal, hogy húsz év múltán az egész akkori művelt világ itt akart kémiát tanulni. *Gay-Lussac* is oda-

küldte fiát Párizsból, ahol svájci, lengyel, norvég, indiai, holland, mexikói, belga, olasz, orosz, amerikai és erdélyi diákok is tanultak. Charles Boner angol író említi (Finlay, 1998), hogy Kelet-Európán átutazva 1863-ban részt vett Erdélyben a Liebig-tanítványok egy találkozásán. Munkáiból állítólag magyarra is fordítottak. Tanítványai hazatérve itt is népszerűsítették a kémiát. Carlo Paolini (1968) azonban, aki utólag rendszerezte és összegyűjtötte Liebig publikációit, megjegyzi, hogy nem ismeri Liebig nagyobb munkáinak magyar fordítását. Valószínű, hogy ezek a kisebb példányszámú fordítások elkallódtak az idők folyamán.

Liebig 1837-ben, első angliai útján előadást tartott a szerveskémiáról a *British Association for the Advancement of Science* társaság ülésén Liverpoolban. A már jó nevű vegyész felkérték, hogy a szerveskémia jelenkori állásáról készítsen tanulmányt, jelentést. A megbízást Jean-Baptiste-André Dumas francia kémikus vállalta el, Liebig a mezőgazdaság és a növényélettan területét dolgozta fel. Műve, a rövid *Agriculturchemie* néven vált ismertté; 1840-ben jelent meg németül, angolul és franciául szinte egy időben. A német változat *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie* címet viselte.

Liebignél együtt jelenik meg a talaj, növény, állat (ember), amit ma táplálékláncnak nevezünk. Az ásványi és szerves világ egységét kémiai alapon mutatja be, együtt vizsgálja a levegő–víz–talaj–élővilág jelenségeit és anyagforgalmát, melyet ma bioszférának nevezünk. Sigmund Elek (1904) hangsúlyozza, hogy Liebig az akkori kémia, élettan és agronómia tudományának eredményeit szintetizálva alkotta meg „Agrokémiáját”, mely igazi robbanást idézett elő az uralkodó szemléletekben. A kémia mennyiségi törvényeit alkalmazta a

jelenségek magyarázatára, és ezzel megteremtette az agrokémiát, az első egzakt mezőgazdasági tudományt.

Jean-Baptiste Boussingault (1802–1887) ezalatt szorgalmasan kísérletezett francia Elzászban, újabb eredményeit 1851-ben tette közzé könyv alakban. Adatai Liebig elméletét jórészt alátámasztották, a N-nel kapcsolatos nézeteit viszont megkérdőjelezték. Nem minden növény képes N-igényét a levegőből kielégíteni. Az angliai Rothamstedben John Bennet Lawes és Joseph Henry Gilbert 1843-ban kísérleti állomást hoztak létre a Liebig-féle és saját műtrágyák kipróbálására. Eredményeiket interpretálva szintén Liebig vitapartneri lettek, főként a N-kérdést illetően. Liebig úgy vélte, hogy a levegő NH₄-N és NO₃-N készlete elegendő N-forrást jelenthet. Műtrágyájából a N hiányzott, a P és K műtrágyákat összeömlesztette, hogy a K-kimosódást megakadályozza. A „Liebig-féle” műtrágya kevésbé bizonyult hatékonynak, melynek oka csak évtizedek múlva tisztázódott.

Németországban ellenzői a humuszelméletet védő „hohenheimiek” voltak, akik 1851-ben a Lipcse melletti Möckernben hozták létre Vegykísérleti Állomásukat. Vezetőjük rövidesen Emil Wolff lett. Az 1880-as években már mintegy száz kísérleti állomás létesült Európa-szerte. A felpezsdült kísérleti és kutatómunka eredményeit évenkénti vándorgyűléseken, kísérleti bemutatókon vitatták meg. Mindez segítette az egységes kísérleti módszertan kialakulását, mint a tervezés, kiértékelés, talaj- és növényanalízis, létrejött a publikációs nyelv, létrejöttek a szakfolyóiratok. Megbízás alapján Wolff összegyűjtötte például a publikált hamuelemezések adatait, melyekből kiderült, hogy Liebig feltevésével elmentésben a hamuösszetétel közvetlenül nem alkalmas a trágyaigény megállapítására.

A tápelemigény és a trágyaigény fogalma tehát elvált egymástól. A tápelemigényt homok- és vízkultúrákban kezdték ellenőrizni az 1850–60-as éveket követően a Julius Sachs és Hermann Hellriegel által kidolgozott technikával. Az agronómus Karl Nikolas Fraas 1870-ben megjelent, *Wurzelleben der Kulturpflanzen* című könyvében nagyszámú vizsgálattal igazolta, hogy a gyökér fajokként strukturálisan eltérő, és képes aktív elemfelvételre. Vannak sekélyen gyökerező, gyenge felvételt mutató fajok, melyek bőséges felvehető készletet igényelnek. Egyesek jól hasznosítják a talaj szerves anyagait („humusznövények”), míg mások a nyers törmelékeket („kőtörők”). A növények fejlődése nem arányos a talajban vagy trágyában lévő felvehető elemek mennyiségével, ahogy Liebig állította. A humuszelméletről ekkor már szó sem esik, az ásványi elmélet elsöpörte. Liebig ellenfelei főként a „visszapótlás” tanát, illetve N-elméletét támadták. A hatalmas kísérleti munka valójában a liebigi tanok hiányosságait pótolta.

Liebig (1842) második könyve, mely röviden az *Állatkémia (Tierchemie)* néven vált ismertté az 1840-ben napvilágot látott *Agrokémia (Agriculturchemie)* után, a légzés, táplálkozás, mozgásjelenségek, ill. általánosan az állati anyagcsere folyamatainak kémiai leírását adja. Az élettani folyamatokat megkísérli a kémia nyelvén magyarázni. Mindez elősegítette, hogy a takarmányozástan és az orvostudomány is új utakon induljon el. Liebig könyvét Jöns Jacob Berzeliusnak ajánlotta „szíves jóindulata és őszinte nagyrabecsülése jeléül.”

A légzés és táplálkozás fejezetében olvashatjuk a szerves táplálépanyagokra vonatkozó kitételt: „Az állati és emberi táplálék két osztályba sorolható, úgy, mint N-tartalmú és N-mentes. Az első rendelkezik azzal a képes-

séggel, hogy a vérbe jusson. A másik nem. A vérképzésre alkalmas táplálékból képződnek a szervek, a másik pedig az egészséges állapot fenntartásához szükséges légzést biztosítja. A N-tartalmú fehérjéket plasztikus tápláléknak (*plastische Nahrungsmittel*), a N-mentes szénhidrátokat, zsírokat légzési anyagoknak (*Respirationsmittel*) nevezzük.”

Liebig helyesen utalt arra, hogy a hőtermelést O₂-felvétel és CO₂-termelés kíséri. Szerinte azonban a légzési folyamat eltérő az életfönntartás szintjén élő (pusztán vegetáló), illetve a termelő (például igavonó) állatokban. A légzés szénhidrátot és zsírt használ, míg a munkavégzés főként fehérjét. Ha kevés a fehérje a táplálékban, akkor saját izomszöveteket használja el. Extra nehéz munka esetén tehát extra mennyiségű fehérjére van szükség. A felnőtt ember átlagosan hét órát alszik, és tizenhét órát van ébren, folytatja Liebig. Az idős ember fele annyit alszik, ezért fele annyi munkavégzésre képes. Ha többet dolgozik, lefogy. Az újszülött sokat alszik, és keveset mozog, így tömege gyorsan nő. A trópuson kevesebbet mozgunk, és kisebb az O₂-felvétel, ezért kevesebb táplálékra van szükségünk, mert a táplálékfelvétel a rendszerbe lépő O₂-felvétel függvénye, magyarázza a szerző.

Ma már tudjuk, hogy a hőképzés és a munkavégzés szénhidrátokkal, zsírokkal vagy fehérjével egyaránt biztosítható. A fehérje azonban kevésbé hatékony, mert némely alkotói nem teljesen égnék el a testben. Emellett több hőt termel, melyet nem tudunk munkavégzésre fordítani. A kísérletek is elmentmondanak a feltételezésnek. A N-kiválasztást kevésbé befolyásolja a sport vagy a munkavégzés. Liebig némileg misztifikálta a fehérje, illetve a hús fogyasztását, utalva arra, hogy a húsevő ragadozók gyorsak és erősek a növényevőkhöz képest.

Paul E. Howe (1992) szerint Liebig hibás szemlélete napjaink táplálkozási szokásaiban is tükröződik, annak ellenére, hogy a liebigi húskivonat kimerültség, gyengeség, depresszió elleni hatását nem sikerült igazolni. He-lyesen mutatott rá viszont arra, hogy a szénhidrátokból zsír képződik. Libahizlalásnál több zsírt találunk a testben, mint a felhasználott takarmányban. A hús valóban fontos és ízletes táplálék, a benne levő zsír lassítja az áthaladást a gyomorban, és hosszan tartó jóllakottság, illetve komfort érzését adja. Emellett vitaminok és egyéb hatóanyagok forrása, összetevőinek hatását nehéz szétválasztani.

Liebig úgy gondolta, hogy a testszövetek a vér fő alkotóiból, az albuminból és a fibrinből épülnek fel, és ezeket a növények szintetizálják. Növényevők közvetlenül a növényből, ragadozók pedig más állatokból veszik föl, és építik be a testükbe. A fehérjék elemösszetétele, egyéb fiziko-kémiai tulajdonságai, mint az oldhatóság, koaguláció, azonosak a növényi és az állati szervezetben. Ma már ismert, hogy a fehérjék aminosavakra esve szívódnak föl, és a vér útján szállítva jutnak el azon szövetekhez, ahol új fehérjékké alakulnak. Az idegen fehérje allergiát vált ki, ezért határozzuk meg a vér csoportját transzfúzió előtt. Fehérjeallergia esetén aminosavakkal helyettesíthető a hiányzó fehérje.

A fehérjék tápértékét, illetve minőségét megkülönböztetve ma esszenciális és nem esszenciális aminosavakról beszélünk. Liebig ismerte a leucint, glicint, és fölfedezte a tirozint. Tudta, hogy P és S lehet a fehérjékben. Érdekelték az ásványi összetevők: K, Na, P, S, és Cl. Hangsúlyozta, hogy a Na és Cl főként a vérben, P és a K az izomban található. Az agyszövetben sok a P, ezért úgy vélte, hogy a gondolkodáshoz P-ban dús táplálék szükséges („*Ohne Phosphor kein Gedanken*”). A P-ra

valóban szükség van, de mint utólag beigazodott a P-dús táplálék semmiféle extra szellemi teljesítményt nem nyújt – jegyzi meg Howe (1992).

Liebig átfogó számításokat is végzett, hogy az élelem tápértékét, illetve „mechanikus erejét” megbecsülje annak C-, H-, és N-tartalma alapján, és magyarázza az állati mozgás jelenségét, a szerves anyag oxidációját. Eduard Glas (1992) utóbb arra hívta fel a figyelmet, hogy Liebig pusztán *input/output* adatokkal dolgozott. Azt vizsgálta, mennyi megy be, és mi jön ki. A mérlegek arra azonban nem adnak választ, hogy mi történik a szervezetben. A takarmányérték egyébként sem azonos annak elemkészletével, s az állat nem egy önjáró kályha. Analitikai adatok nem helyettesíthetik a kísérleteket. Ami pedig a liebigi fehérje áthasonulását illeti, ellentétes a napi tapasztalattal is. A szoptatás anyatejet termel tejivás nélkül, illetve kazeint tartalmazó növényi táplálék nélkül. Az újszülött pedig pusztán az anyatej kazeinjából építi testét.

A liebigi módszertan és analitika ugyan zseniális volt, és új területeket tárt fel, de következtetései és elméletei gyakorta nem állták ki az idők próbáját. Utalhatunk a fehérje-anyagcsere, a fibrin és az albumin keletkezése vagy a növénytáplálásban hangoztatott légköri N-források szerepére. Mai szemmel esetenként talán túlságosan is primitívnek tűnhetnek magyarázatai, de előde-ihöz képest mégis új korszakot nyitott. Hibái döntően abból erednek, hogy nem végzett élettani kísérleteket. Sem növénytáplálási/trágyázási, sem takarmányozástani kísérleteket. És kevéssé, vagy egyáltalán nem ismerte kortársa, az agrokémia egyik német előfutára, Carl Sprengel 1832-ben kiadott munkáját.

A jelenségek nem magyarázhatók pusztán kémiai folyamatokkal, hiszen élő szervezetek

kel dolgozunk. Először kísérletesen kell feltárni a részjelenségeket, azután általánosítani. A liebigi dedukció módszere kevéssé alkalmazható, az általánosból a helyi konkrét viszonyokra nehéz következtetni, amikor a rendszerek túl bonyolultak. Liebig időnként túl bátran általánosított mások „megbízható” kutatási eredményeit szintetizálva, és vont le messzemenő következtetéseket. A röviden *Állatkémia* néven ismertté vált könyve előszavában a következőket írja: „Célom az új kémiai módszerek alkalmazása az élettan és a kórtan területén. Anatómiai és a mikroszkopiai kutatások az élet törvényeit nem tudták feltárni, mert azok nem gondolhatók el a kémiai erők pontos ismerete nélkül”.

Liebig nemcsak eredményes volt, hanem sikeres is. Még életében a világ egyik legismertebb emberévé vált. Tanítványai, diákjai talajokat és otthoni növényeket postáztak számára. Elhalmozták ajándékokkal. I. Miklós orosz cár két font nyers platinát küldött laboratóriumi célokra. Fogadta Viktória királynő Angliában, III. Napóleon Franciaországban, a Párizsi Világkiállítás idején, előadásait meghallgatta a bajor királyi udvar több tagja. Tudományos akadémiai tiszteleti tagjaik sorába emelték. A Magyar Tudományos Akadémia külső tagjává 1858-ban választotta. Számos kitüntetésben részesült, a bajor király bárói rangot adományozott számára. Neve megjelent Victor Hugo *Nyomorultak*, valamint Turgenyev *Apák és fiúk* című regényében. Halála után Münchenben márványszobrot, Giessenben és Darmstadtban bronzszobrot állítottak neki, melyeket nem kísérelt meg senki ledönteni. A Giesseni Egyetemen a *Liebigiana Múzeum* örzi laboratóriumát, és gyűjti munkáit, gondozza örökségét.

Az élet különös fintora, hogy Liebig, aki oly sokat hadakozott a megmerevedett tudó-

mányellenes tekintélyek ellen, maga is dogmává vált még életében. Az erjedés és a rothadás folyamatait kémiai alapon magyarázta, a mikroszervezetek szerepét nem tekintette fontosnak. Amikor a csaknem húsz évvel fiatalabb vegyész, a francia Louis Pasteur az 1850-es évek végén feltárta az erjedés biológiai lényegét, és beszámolt erről a Párizsi Természettudományi Akadémián, szembekerült Liebig tételeivel, aki ekkor már a kémia pápája volt.

Pasteur tisztázta, hogy minden bomlás, legyen az erjedés vagy rothadás, bor vagy ecet előállítás, növényi vagy állati szervezetek bomlása, apró élőlények munkájának eredménye. Abból a célból, hogy kísérleteivel meggyőzze Liebiget, 1869 nyarán elzarándokolt Münchenbe. Az öreg báró makacsságára jellemző, hogy bár udvariasan fogadta vendégét, nem volt hajlandó meghallgatni érveit, és megtekinteni kísérleteit. „Pasteur úr gombáira csak azért hivatkoznak a mikroszkóppal dolgozó fiatal kutatók, hogy összehavariák a tiszta, klasszikus kémia tételeit. [...] Mintha a Rajna vizének sodrát a mainzi vízimalmok lapátkerekeinek tulajdonítaná” – nyilatkozta később (Halász, 1976).

Liebig hatása a magyar szakirodalomban

A Révai Nagy Lexikona szerint Liebig a kémiát népszerűsítő, 1844-ben közölt *Chemische Briefe* dolgozata részben magyarul is megjelent 1863-ban. A Bajor Akadémián 1861-ben tartott nagy hatású *Wissenschaft und Landwirtschaft* című előadása szintén napvilágot látott itthon *A mezői gazdaság jelen állapota* címmel Pesten, 1872-ben. Az *Agriculturchemie* című főműve 9. kiadása halála után jelent meg Philipp Zöller szerkesztésében, melyet százhusz évvel később az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete adott ki *Kémia*

alkalmazása a mezőgazdaságban és a növényélettanban 1840–1876 címmel (Liebig, 1996) Az 1842-es *Tierchemie*-t 165 év után az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet szintén megjelentette magyarul (Liebig [1842b] 2007).

Megemlítendő *Korizmics László, Benkő Dániel és Morócz István* 1856-ban publikált *Mezei gazdaság* című könyve, melyet *Stephens Henry The Book of the Farm* című műve átdolgozásával írta meg. A könyv Liebig nyomán tárgyalja az ugar, a mállás, a tápanyagok fel-táródása témakörét. *Kodolányi Antal* 1867-ben írt *Növényboncz-, vegy- és élettan* című tankönyve Liebig nyomán magyarítja a növényi tápelemek leköttődését, feltáródását, felvehetőségét, valamint az ugarolás és a talajkimerülés fogalmát. *Sigmond Elek* (1904) *Mezőgazdasági Chemia* című könyvében értékeli Liebig munkásságát, hatását a tudomány fejlődésére, valamint utal tévedéseire. *Sigmond* már történelmi távlatból szemlélhet-e a liebigi hagyatékot, ő az, aki a hazai agrokémia tudományát világszínvonalra emelte. Írt, olvasott és beszélt németül, franciául és angolul, ismerte a francia *Theodore de Saussure* és *Jean-Baptiste Boussingault*, valamint az angol *Humphrey Davy*, *John Bennet Lawes* és *Joseph Gilbert* munkáit. A sigmondi iskola biztosította a hazai irodalomban napjainkig a liebigi hagyaték kritikai átvételét, főként az agrokémia és növénytaplálás területén.

A hazai agronómiai, növénytermesztési és földműveléstan irodalomban átfogóan *Cserháti Sándor* és *Kosutány Tamás* (1887) *A trágyázás alapelvei* című munkáját követően kap méltó helyet a liebigi tanítás. A szerzők sokoldalúan méltatták Liebig munkásságát, annak hatását az utókorra, kiemelve minden pozitívumát. Azóta egyetlen agronómiai kézikönyvből, tankönyvből sem hiányozhat az utalás Liebigre, aki új korszakot nyitott a

mezőgazdaságban, kémiában, gyógyszergyártásban, élelmiszerkémiaiban stb.

A liebigi életmű általános (módszertani/életvi) tanulságai

1. Az alaptudományok, valamint a háttértudományok fejlődését figyelemmel kell kísérni, mert meghatározzák saját szaktudományunk előrehaladását. Az említett tágabb ismeretek, általános kitekintést lehetővé tevő műveltség birtokában lehetünk képesek a mélyebb szintézisre, és láthatunk meg olyan összefüggéseket, természeti jelenségeket, melyeket korábban mások nem vettek észre. Amennyiben rendelkezünk ilyen képességgel.
2. A tudományos haladás nem nélkülözheti a vitákat, hisz a fejlődés útja zsákutcákkal és kudarcokkal van kikövezve. A tudományos viták gyümölcsözőek. Akkor lángolnak fel igazán, amikor igazi áttörés következik be. Utólag megállapítható, hogy a vitában részt vevők mindegyike birtokolta az igazság egy részét. Vagyis senki sem lehet (a jövőben sem) az abszolút igazság birtokában.
3. A fejlődést egy-egy ember is képes érdemben befolyásolni, kisugárzása óriási lehet. Amennyiben nem a pénz vagy üres hatalomvágy mozgatja, hanem energiáit a céltudatos és szisztematikus tudományos tevékenységnek szenteli. Liebig hitt abban, hogy a békés tudomány megszünteti az éhséget, a háborúk egyik okát, s a kiszélesedő nemzetközi tudományos közösségek közelebb hozzák egymáshoz a nemzeteket, az erősödő nacionalizmust ellensúlyozva. Kapcsolatait szinte a világ minden táján dolgozó tudósokkal ápolta.
4. Nem elég a kutatási eredményeket létrehozni. A kutató felelőssége kiterjed azok

alkalmazására is. Kezdeményeznie kell a jobb eljárások bevezetését az oktatásban, szaktanácsadásban, a gyakorlati életben. A természetet nem csak vizsgálni kell, hanem embertársaink érdekében átalakítani, az életkörülményeket javítani is szükséges. Liebig az 1842–1848-as években kidolgozza a húskivonatok készítésének technikáját, melyek mai megfelelői a Maggi, Vegeta, Knorr stb. Dél-Amerika, Ausztrália húsfellegei, ahonnan korábban csak állati bőr érkezett, így az éhező Európába juthattak. Az egy kg húskivonat minden ízt és tápanyagot tartalmazott 32 kg sovány ökörhúsból. Az ipari előállítás nyomán a londoni börzére kerül a Liebig Extract of Meat Company Ltd. (LEMCO), mely ma is létező vállalkozás.

5. Természettudományi kutatásokban meghatározóak a kísérletek és vizsgálatok. Ezek adataira épített Liebig. A hibái is abból eredtek (N-kérdés, műtrágya fiasco), a növények által felvett ásványi elemek „teljes visszapótlásának” tana, a fehérjék misztifikálása az állati és emberi táplálkozásban stb.), hogy maga nem végzett növénykísérleteket. A jelenségek nem magyarázhatók pusztán kémiai folyamatokkal, hiszen talajjal és élő szervezetekkel dolgozunk. Fő közelítési eljárás az indukció, először kísérletesen kell feltárni a részjelenségeket, azután általánosítani. A dedukció kevésbé alkalmazható, általánosból a konkrét helyi viszonyokra nehéz következtetni, mert a jelenségek túlságosan összetettek. Liebig időnként túl bátran vont le messzemenő következtetéseket.

Igaz, hogy Liebig idejében még a növénykísérleti technika nem volt kidolgozott. Hiányzott a módszertan, infrastruktúra. Az ismétléses kisparcellás szabadföldi kísérletezés

például csak a XX. század elejére vált egzakttá eszközzé. A N felfedezésétől pedig még több mint egy évszázadnak kell eltelnie, míg a növényi N-források kérdését teljes körűen tisztázzák a XX. század elejére. Ez a kémia, biológia, agronómia együttes erőfeszítését követelte nemzedékeken át. Sokan zsákutca-ba jutottak, rengeteg energiát pazaroltak feleslegesen már bizonyított vagy elvetett elgondolásokra. A tisztánlátás és a másképpen látás képessége keveseknek adatott meg.

A „mezőgazdasági kémia” tág fogalom. Elkülönül a növénytaplálással foglalkozó ága (élettan, talajtan, agronómia segédtudományaira támaszkodva), az állati táplálással foglalkozó ága (állatélettanra, takarmányozás-tanra támaszkodva), valamint az élelmiszer-kémia és technológia. Liebig mindhárom tudományág klasszikusa. Hazai viszonylatban *Sigmond Elek* (1904) *Mezőgazdasági Chemia* c. könyve tekinti át hasonló módon a növénytaplálás, talajtan, takarmányozás-tan és élelmiszerkémia területeit e tudományágak hazai klasszikusaként. A mezőgazdasági kémia egésze a XX. sz. eleje óta már végérvényesen szétvált, egy ember által nem művelhető és nem is tekinthető át. Mindez a jelen kutatói számára igazi hátrányt jelent, nélkülözzük az áttekintést a rokontudományokban, az analógiák előnyeit nem tudjuk kihasználni.

Megemlíthető, hogy az angolszász országok mindig fenntartásokkal fogadták a liebigi „visszapótlás” elvét. A növényi trágyaigényt döntően a kísérletekben mért trágyahatások és a talajvizsgálat adataira építik ma is. Mindez jobban megóvta ezen országokat a túltrágyázás gyakorlatától, mert a visszapótlás szemlélete túltrágyázásra ösztönözhet az alábbi okokból eredően:

- nem veszi figyelembe a talajból, illetve a légköri terhelésből eredő forrásokat;

- a növényi felvételt tükröző „fajlagos elem-tartalmak” beépülnek a szaktanácsadásba;
- hagyományosan alábecsüli a trágyák érvényesülését, hasznosulását.

A talaj és a légkör jelentős tápanyagforrás. Kukoricatermő hazai talajainkon például átlagosan és évente kb. 100 kg/ha N-t szolgáltathat a termőhely. A 10 t szemterméshez mintegy 250 kg N-t épít földfeletti testébe a kukorica, melyet általában 150 kg/ha körüli N-trágya alkalmazásával érhetünk el normál évjáratban (Mezőföld, Debreceni Löszhátak). Az 1900-as évek elején a szem:melléktermés aránya 1:2 körüli volt, ma 1:0,5 – 0,6 körülire tehető a 10 t/ha felett termő hibrideknél. A „harvest index” javult, így a fajlagos, 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés elemtartalma csökkent. Kombájn betakarításnál a melléktermés a táblán marad, így pl. a kálium négyötöde nem távozik. A szaktanácsadásban e körülményeket gyakran nem veszik figyelembe.

Ehhez járult még az a vélemény, hogy az adott P-trágya maximum 20%-a érvényesülhet a növényi felvételben. A N esetében 50%-os átlagos hasznosulással számoltak. Ezeket az eredményeket a szabadföldi trágyázási kísérletekben kapták az ún. „különbség módszerrel”. A trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva terméstebbletek alapján mérték ugyanis a tápelemek érvényesülését. E logika szerint többet kell trágyázni, mint a növény tényleges felvétele, hiszen a tápelemek lekötődnek, kimosódnak, elillanhatnak, és csak egy kisebb részük mutatható ki a terméstebbletekben. Nem vették figyelembe, hogy a talajban maradt tápanyagok a későbbi években hasznosulhatnak. A túltrágyázás akkor következett be, amikor a műtrágyák szinte korlátlanul

elérhetőkké váltak. Mindezt elősegítette a 40% körüli állami dotáció, a termékek korlátlan piaca keleten, valamint a környezetvédelmi szemlélet hiánya az 1970–1980-as években.

A mezőgazdaságban ténylegesen meg kell különböztetnünk a Liebig előtti és utáni korszakot. Az újkor az európai mezőgazdaságban valójában az 1800-as évek második felében köszöntött be. Vannak, akik visszafordítanak a történelem kerekét a középkorba, dogmatikus, műtrágyaellenes „biológiai” irányzatot képviselve. Elutasítva a műtrágyát, annak minden formáját. A szerves trágyák azonban nem csodaszerek, a növény ásványi elemekkel táplálkozik. Az istállótrágya is ásványi összetevőkre bomlik a talajban, hogy a növény hasznosíthassa. Bűnös utópia azt állítani, hogy a világ műtrágyák nélkül jobb, egészségesebb volt. Amennyiben ténylegesen a hiányzó elemeket pótoljuk, egészségesebb talajéletet, rajta termő növényzetet, teljesebb értékű állati és emberi közösséget kapunk, melyre a nagy orosz kémikus, Dmitrij Ivanovics Mengyelejev (1838–1907) is utalt az 1800-as évek végén írott agrokémiai műveiben. A humusz és az ásványi elemek összefüggenek. A műtrágya, illetve az ásványi só is humuszképző anyaggá válik a növény közreműködésével. A szakszerűtlen trágyázás, műtrágyával vagy szerves trágyákkal egyaránt, természetesen környezeti károkat okoz. A szakszerű műtrágyahasználat azonban a talajtermékenység megőrzésének eszköze.

Kulcsszavak: *Justus von Liebig, életút, munkássága, hatása a magyar és nemzetközi tudományra, tudománytörténeti tanulságok*

IRODALOM

- Becker-Dillingen, Josef (1934): *Handbuch der Ernährung der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen*. Paul Parey Verlag, Berlin.
- Cserháti Sándor – Kosutány Tamás (1887): *A trágyázás alapelvei*. Országos Gazdasági Egyesület, Budapest
- Finlay, Mark R. (1998): Justus von Liebig and the Internationalization of Science. In: *Berichte der Justus Liebig-Gesellschaft zu Giessen*. 4, 57–76.
- Franklin, T. Bedford (1948): *History of Agriculture*. G. Bell and Sons, London
- Glas, Eduard (1992): The Liebig-Mulder controversy on the method of physiological chemistry. In: Lewiczki, Wilhelm (Hrsg.) (1992): *Liebig, Justus (1842) Die organische Chemie in Ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie*. Reprint mit Ergänzungsband/Supplement. Buchedition Agrimedia. Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, 107–124.
- Halász Zoltán (1976): *Így élt Pasteur*. Móra, Budapest
- Howe, Paul E. (1992): Liebig and the chemistry of animal nutrition. In: Lewiczki, Wilhelm (Hrsg.) (1992): *Liebig, Justus (1842) Die organische Chemie in Ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie*. Reprint mit Ergänzungsband/Supplement. Buchedition Agrimedia. Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, 95–106.
- Lewiczki, Wilhelm (Hrsg.) (1992): *Liebig, Justus (1842) Die organische Chemie in Ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie*. Reprint mit Ergänzungsband/Supplement. Buchedition Agrimedia. Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main
- Liebig, Justus (1840): *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*. Braun-

schweig. Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn • http://www.deutsches-textarchiv.de/book/view/liebig_agricultur_1840?p=9

Liebig, Justus (1842a): *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie*. Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig • <http://books.google.hu/books?id=330AAAAMA AJ&printsec=frontcover&hl=hu#v=onepage&q&cf=false>

Liebig, Justus ([1842b] 2007): *A szerveskémia alkalmazása az élettanban és a környezetben*. (kiad. Kádár Imre) MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest • http://mta-taki.hu/sites/all/files/dokumentumok/liebig_szerveskemia.pdf

Liebig, Justus v. (1996): *Kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és a növényélettanban 1840–1876*. (szerk. Kádár Imre, ford. Thamm Frigyesné, Balla Alajosné) MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

Paolini, Carlo (1968): *Justus von Liebig. Eine Bibliographie sämtlicher Veröffentlichungen*. Carl Winter Universitätsverlag, Heidelberg

Salmon, Samuel Cecil – Hanson, Angus Alexander (1970): *A mezőgazdasági kutatás elméleti és gyakorlati problémái*. (ford. Aradszky Gézné) Mezőgazdasági, Budapest

’Sigmond Elek (1904): *Mezőgazdasági Chemia*. Kir. Magy. Természettudományi Társulat, Budapest

Thaer, Albrecht Daniel ([1809–1821] 1996): *Az ésszerű mezőgazdaság alapjai*. IV. r., első fejezet, *A trágyázás*. (szerk.: Kádár Imre) MTA Talajtani és Agrokémia Kutató Intézete. Budapest

