

Liebig és a magyar agrokémia

(Kétszáz éve született Justus v. Liebig)

Bevezetés

A tudományos világ (kémia, gyógyszer-tan, agronómia, élelmiszerkémia) a 200 évvel ezelőtt született Liebigre emlékezik, aki a következőket vallotta: „A kémia azon csendes erők birodalmába kalauzol, amelyek minden létezés és elmúlás feltételei a Földön”.

SALMON és HANSON (1970) szerint Liebig munkássága olyan vízvonalzó a mezőgazdaságban, mint a keresztény világban a Krisztus előtti vagy utáni idoszámítás. Valóban az „Agricurchemie” című műve olyan viharokat kavart szakkörökben, melyek hatása a mai napig tart. A korszakalkotónak minősített munka jelentősége és kisugárzása talán csak a kortárs Darwin „A fajok eredete”, ill. „Az ember származása” c. munkájához hasonlítható. A Liebig utáni mezőgazdaságban beköszöntött a műtrágyák kora. A gyümölcsöző viták, ill. a liebigi hagyatékok sokoldalú pozitívumait igazán az utókor, így a jelen generáció élvezheti igazán.

Munkánk célja áttekinteni az elmúlt két évszázad főbb eseményeit, megvilágítani az elozményeket és a liebigi kort, bemutatni e nagy gondolkodó életútjának jelentősebb állomásait.

Vizsgáljuk Liebig hatását a magyar agronómiára, agrokémiára, valamint megkíséréljük 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? Hasonló kérdésekre is választ keresünk.

Liebig és kor a. Elozmények

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 olyannyira áldásos, nagy és döntő hatású lenne.”

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. Az 5–6 t/ha gabonatermés $\frac{1}{4}$ -ét félretette vetomagnak, másik $\frac{1}{4}$ -ét elvitte a földesúr és az adók. Ami orlás 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, kisebb sérülés vagy fertőzés halált jelenthetett. Az 1300-as években Anglia lakosságának ¼-ét pusztította el a pestis. A surun lakott, higiénés szempontból rosszabb helyzetű városokban esetenként a népesség 90 %-a kihalt. Párizs mintegy 100 ezer lakosából a járványt követően alig 4–5 ezer maradt meg. Európa idonként gyakorlatilag elnéptelenedett, és nemcsak a középkorban!

A 30 éves háború idején (1618–1648) a művelésbe vett mezőgazdasági terület Németországban akkora volt, mint a XX. század elején, sőt a falvak száma BECKER-DILLINGEN (1934) közlése szerint meghaladta azt. A háború végére a 25 milliós lakosság 4 millióra csökkent. Ezzel ismét kitolódott az élelmiszerellátás 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 vándoroltak (Schwabenzug nach Osten). Ritkábban lakott termékeny területeket kerestek a Magyar Királyság, Volga és a Fekete tenger melléke, valamint a Baltikum vidékén. Anglia az ipari forradalomba „menekül”. Iparcikkeivel vásárolja meg kívülről az élelme egy részét, nyomorgó munkásságát létrehozva. Az éhezni kívánó franciák a valós forradalomban keresték a gyógyírt. XVI. Lajos „kenyérlázadásnak” nevezte a forradalmat, amely trónjába és az életébe került.

Szerencsére ekkortájt az ugarba lépett a burgonya, megnövelve az akkori 3-nyomásos gazdálkodás teljesítményét. Éppen az 1745–1774. évek éhínségei gyorsították a burgonya térhódítását és tömeges fogyasztását. 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 kutatások akkori eredményeit LIEBIG (1840) szintetizálta és a mezőgazdaság szolgálatába állította. Fellendült a helyi trágyaszerek (fekál, szennyvíz, hulladék, csontok, avar) használata és elkezdődött a műtrágyák gyártása. A termések 1850–1880 között 1/3-ával emelkedtek Ny-Európában (PRJANISNYIKOV, 1965).

A haladás kezdetben lassú volt, hiányoztak a kísérleti állomások, a megfelelő oktatás és szaktanácsadás, propaganda. A fejlődés azóta felgyorsult, talán túlságosan is, melyre 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 éhen, további kb. 1 millió ember pusztult el az alultápláltság és a betegségek együttes következményeképpen, míg másik 1 millió az éhezni elmenekülve az Egyesült Államokba vándorolt (SALMON & HANSON, 1970).

Magyarországon az élelmiszertermelés korlátai kevésbé jelentkeztek, hiszen a tatár- és törökdúlás, egyéb háborúk ritkább népességet hagytak hátra. Másrészt 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 (KÁDÁR, 1992).

Liebig előtt a THAER (1809–1821) által népszerűsített humuszelmélet uralkodott, mely a maga korában haladónak minősült, hiszen az akkor rendelkezésre álló istállótrá-

gyát és egyéb gazdasági trágyaszereket igyekezett hasznosítani. Hirdette, hogy a „humusz a talaj legfontosabb alkotórésze és termékenységének hordozója, mely szerves trágyázással szaporítható, növelhető”. Az általánosan uralkodó felfogás szerint a növénynek vízre és humuszra van szüksége. Így pl. még korábban a nagy francia botanikus/élettanos DE SAUSSURE (1804) sem zárta ki egyértelműen, hogy a növényből visszamaradó hamuanyagokat a növény termeli, vagy véletlenül kerülnek a növénybe a talajból. 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 (RUSSEL, 1914; SZABADVÁRY, 1960).

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 nitrogén és szén-dioxid alapvetően a levegőből származik, az ásványi elemekből álló hamu pedig a talajból. Utóbbi pedig nem szennyezés a növényben, hanem a talajero, ami fogy, kimerül, ezért pótolni kell. A nitrogén persze döntően nem a levegőből származik, kivéve a pillangósok N-kötését, mely ekkor még nem volt ismert. LIEBIG (1876) utóbb elfogadta, hogy a növényi N-forrásul szolgáló $\text{NO}_3\text{-N}$ és $\text{NH}_4\text{-N}$ „ásványi elemek”.

Liebig élete, tevékenysége

Liebig – aki azt vallotta, hogy „a szabadság az embert gúzsba kötések béklyók oldása abból a célból, hogy a természet jelenségeit megértve, az Isten által adott tehetségét saját javára fordítsa” – 1803-ban született Darmstadtban.

Apja gyógyszer és festék kiskereskedő és előállító volt. Liebig 8 évesen a helyi „gimnázium” tanulója lett Ludwig bátyjával együtt.

Az ókori latin és görög nyelv oktatása (fotárgyak) untatták, így az iskolát 14 éves korában otthagya. A gyakorlati dolgok érdekelték, apja műhelyében szeretett dolgozni. Sok anyagot ismert formája, színe, szaga, oldhatósága vagy éghetősége tekintetében. Szívesen látogatta a város iparosait, azok műhelyeit. Még a gimnáziumban megkérdezte igazgató tanára: „Mi lesz belőled, fiam? Szüleid és tanáraid szégyene vagy, az iskola nem érdekkel.” Kémikus – válaszolta Liebig. Erre nevetés tört ki az osztályban, mert senki sem tudta, mi az a kémia – írja később önéletrajzában Liebig (In: STRUBE, 1998).

1817-ben el is ment a közeli Heppenheimbe gyógyszerésztanulónak, ahonnan 10 hónap múltán elküldték, mert kísérleteivel robbanást okozott. Később kémiát tanult Bonnban és Erlangenben, itt megjelenik 19 éves korában első közleménye a durranó-ezüstrol (Knallsilber, ezüstfulminát). 20 évesen doktorál „Az ásványi kémia és a növényi kémia viszonya” c. munkájával, mely a szervetlen és szerves kémia összefüggéseit tárgyalja. Ezután a hesseni kormány ösztöndíjával Párizsba megy Thénard, Dulong és Gay-Lussac laboratóriumaiba. A higanyvegyületekről tart előadást a Párizsi Királyi Akadémián, ahol jelen van Humboldt is, aki gratulál a fiatal vegyésznek és tovább egyengeti tudományos pályáját (LIEBIG, 1840, 1876).

Hazatérve, 21 évesen a Giesseni Egyetem kémia professzora lesz (Humboldt javaslatára) és kiépíti laboratóriumát. Kémia, mint önálló tárgy Giessenben nem létezett. Néhány orvos, gyógyszerész, kereskedő/iparos foglalkozott vegyészettel. Liebig oktatói,

tudományszervezői zsenijére utal, hogy 20 év múltán az egész akkori muvelt világ itt akart kémiát tanulni. Gay-Lussac is odaküldte fiát Párizsból, ahol svájci, lengyel, norvég, indiai, holland, mexikói, belga, olasz, orosz, amerikai és erdélyi diákok is tanultak. Charles Boner angol író említi (In: 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. PAOLINI (1968) azonban, aki utólag rendszerezte és gyűjtötte 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 angol útján előadást tartott a szerves kémiáról a British Association for the Advancement of Science társaság ülésén Liverpoolban. A már jó nevű vegyész itt felkéri, hogy a szerves kémia jelenkori állásáról készítsen tanulmányt, jelentést. A megbízást Dumas francia kémikussal vállalta el, Liebig a mezőgazdaság és a növényélettan területét dolgozta fel. Muve az „Agriculturchemie” rövid néven vált ismertté és 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 (LIEBIG, 1840).

Két évvel később megjelent a „Tierchemie”, mely az állatélettant dolgozza fel (LIEBIG, 1842): Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie” címen. A későbbi kiadások címéből lemaradt az „organische” jelző. A mai olvasó számára körülményesnek tuno könyvcímek a felkérés, ill. megbízás jellegéből adódnak. Az „Állatkémia” kevésbé ismert, mely a légzés és az állati anyagcsere folyamatainak kémiai leírását nyújtja. A zsírképződést pl. mint redukciót tiszta kémiai jelenségként mutatja be. Általában az élettani folyamatokat a kémia nyelvén magyarázza. Mindez elősegítette, hogy a takarmányozásban és az orvostudomány új utakon induljon el.

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–élelvilág jelenségeit és anyagforgalmát, melyet ma bioszférának nevezünk. SIGMOND (1904) hangsúlyozta, 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.

Boussingault (1802–1882) ezalatt szorgalmasan kísérletezett francia Elzászban, újabb eredményeit 1851-ben tette közzé könyv alakban. Adatai Liebig elméletét jórészt alátámasztják, a nitrogénnel kapcsolatos nézeteit viszont megkérdőjelezi. Nem minden növény képes N-igényét a levegőből kielégíteni. Az angolai Rothamsted-ben Lawes és Gilbert 1843-ban kísérleti állomást hoz létre a Liebig-féle és saját műtrágyák kipróbálására. Eredményeiket interpretálva szintén Liebig vitapartnerei lettek, főként a N-kérdést illetően. Liebig úgy vélte, hogy a levegő NH₄-N- és NO₃-N-készlete elegendő N-forrást jelenthet. Műtrágyájából a nitrogén 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”, akik 1851-ben a Lipcse melletti Möckernben hozták létre Vegykísérleti Állomásukat. Vezetőjük rövidesen Emil Wolff lett. Az 1880-as években már mintegy 100 kísérleti állomás létesült

Európa-szerte. A felpeszűlt 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 pl. a publikált hamuelemezések adatait, melyekből kiderült, hogy Liebig feltevésével ellentétben a hamuösszetétel közvetlenül nem alkalmas a trágyaigény megállapítására.

A tápelemigény és a trágyaigény fogalma tehát elválik egymástól. A tápelemigényt homok- és vízkultúrákban kezdték ellenőrizni az 1850–1860-as éveket követően a SACHS (1873, 1887) által kidolgozott technikával. Az agronómus FRAAS (1870) nagyszámú vizsgálattal igazolta, hogy a gyökér strukturálisan fajoként eltérő és aktív elemfelvételre képes. Vannak sekélyen gyökerező, gyenge felvételt mutató fajok, melyek bőséges felvehető készletet igényelnek. Egyesek jól hasznosítják a talaj szerves anyagait („humusz-növények”), míg mások a nyers törmelékeket („kotörök”). A növények fejlődése nem arányos a talajban vagy trágyában lévő felvehető elemek mennyiségével, ahogy Liebig állította. A humuszelmélettel ekkor már szó sem esett, azt már az ásványi elmélet elsöpörte. Liebig ellenfelei foként a „visszapótlás” tanát, ill. N-elméletét támadták. A hatalmas kísérleti munka valójában a liebigi tanok hiányosságait pótolta.

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 2 font nyers platinát küldött laboratóriumi célokra. Fogadta Viktória királynő Angliában, III. Napóleon Franciaországban a Párizsi Világkiállítás idején, előadásait hallgatta a bajor királyi udvar több tagja. Tudományos akadémiák tiszteleti tagjaik sorába emelték, számos kitüntetésben részesült, a bajor király bárói rangot adományozott számára 1845-ben. Neve megjelent Victor Hugo „Nyomorultak”, valamint Turgenyev „Apák és fiúk” c. regényében. Halála után Münchenben márványszobrot, Giessenben és Darmstadtban bronzszobrot állítottak, melyeket nem kísérelt meg senki ledönteni. A Giesseni Egyetemen a Liebigiana Múzeum orzi laboratóriumát és gyűjti munkáit, gondozza örökségét.

Az élet különös fintora, hogy az a Liebig, aki oly sokat hadakozott a megmerevedett tudományellenes tekintélyek ellen, maga is dogmává válik még életében. Az erjedés és a rothadás folyamatait kémiai alapon magyarázta, a mikroszervezetek szerepét nem tekintette fontosnak. Amikor a csaknem 20 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.

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 elzárándokolt Münchenbe. Az öreg báró makacosságára 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 összehavargják a tiszta, klasszikus kémia tételeit. ... Mintha a Rajna vizének sodrát a mainzi vízimalmok lapátkerekeinek tulajdonítaná” – nyilatkozza később (HALÁSZ, 1976).

Liebig hatása a magyar szakirodalomban

Révai Nagy Lexikona szerint Liebig kémiát népszerűsítő *Chemische Briefe* (1844) kiadása részben magyarul is megjelent 1863-ban. A Bajor Akadémián 1861-ben tartott nagy hatású „Wissenschaft und Landwirtschaft” c. előadása szintén napvilágot látott itthon „A mezei gazdaság jelen állapota” címmel Pesten 1872-ben. Az „Agricoltura-chemie” című műve 9. kiadása halála után jelent meg Zöller szerkesztésében (LIEBIG, 1876), melyet 120 évvel később az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete adott ki „Kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és a növényélettanban” címmel (LIEBIG, 1840–1876, Szerk.: KÁDÁR, 1996).

Megemléltető KORIZMICS és munkatársai (1856) „Mezei gazdaság könyve”, melyet Stephens Henry „The book of the farm” átdolgozásával jelentettek meg. A könyv Liebig nyomán tárgyalja az ugar, mállás, tápanyagok feltáródása témakörét. KODOLÁNYI (1867) „Növényboncz- vegy- és élettan különös tekintettel a növénytermelésre” címmel megjelent tankönyvében Liebig nyomán magyarázza a növényi tápelemek leköttetését, feltáródását, felvehetőségét, valamint az ugarolás és a talajkimerülés fogalmát. 'SIGMOND (1904) „Mezőgazdasági Chemia” című könyvében értékelt Liebig munkásságát, hatását a tudomány fejlődésére, valamint utal tévedéseire. 'Sigmond már történelmi távlatból szemlélhette a liebigi hagyatékot, az az, aki a hazai agrokémia tudományát világszínvonalra emelte. Írt, olvasott és beszélt németül, franciául és angolul, ismerte a francia de Saussure és Boussingault, valamint az angol Davy, Law és Gilbert munkáit. A 'sigmondi iskola biztosította a liebigi hagyaték kritikai átvételét a hazai irodalomban napjainkig, főként az agrokémia és növénytaplálás területén.

'SIGMOND (1904) szerint már 1851-ben megjelent J. F. W. Johnston könyve „Földművelési vegytan, földismerés és trágyatudomány” címmel Bajnok Vilmos fordításában, mely a liebigi szemléletben íródott. A hazai agronómiai, növénytermesztési és földműveléstani irodalomban átfogóan CSERHÁTI és KOSUTÁNY (1887) „A trágyázás alapelvei” című munkájukat követően kapott 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.

Liebig életútjának (1803–1873) főbb adatait, állomásait az alábbiakban tekintjük át:

- 1803 Darmstadtban született gyógyszerész/kereskedő családban
- 1811 Darmstadti gimnázium tanulója (8 éves)
- 1817 Gyógyszerésztanuló Heppenheim-ben (otthagya a gimnáziumot)
- 1818 Kémiát tanul apja üzletében, kísérletezik festékanyagokkal
- 1820 Kémiát tanul Bonnban, Erlangenben
- 1822 Elso közleménye az ezüstfulminátról (Knallsilber) (Durranoézüst)
- 1823 Doktorál „Az ásványi kémia és a növényi kémia viszonya” munkával; Hesseni Kormány ösztöndíjával Párizsba megy Gay-Lussac, Thenard, Dulong tanárokhoz, Humboldttal találkozik az Akadémián
- 1824 Giesseni Egyetem Kémia professzora 21 évesen, (labort alapít)
- 1825 Rendes professzor lesz, elkezd a kémiai kísérletes oktatást
- 1826 Megnősül (2 fia és 3 lánya, 1827–1845)
- 1828 Francia tanulmányút a répacukor gyártásának vizsgálatára
- 1829 Friedrich Wöhlerrel való együttműködés

- 1831 5-golyós készülék a szerves analízisre (C, H, O), Liebig-huto
1837 Elso angliai út és eloadás "A szerves kémiáról"
1837 A Svéd Kir. Tudományos Akadémia tagja (Berzelius)
1840 "A szerves kémia alkalmazása a mezogazdaságban és az élettanban"
1840 Agriculturchemie 1. kiadása franciául, németül, angolul
1842 Tierchemie megjelenése, Chemische Briefe elso megjelenése
1845 Örökös bárói rangot nyer (Freiherrenstand-Erhebung)
1852 Giessenbol Münchenbe költözik, saját labort/épületet kap
1855 "Die Grundsätze der Agricultur-Chemie" 1. megjelenése
1856 "Elmélet és gyakorlat a mezogazdaságban" minden világnyelven megjelenik
1858 A mezogazdaság, ásványi vizek és az élelmiszerkémia felé fordul
"Elegem volt a kémiai laboratóriumból, a gyakorlat érdekelt"
1858 Magyar Tudományos Akadémia külső tagja
1859 Bajor Kir. Tudományos Akadémia elnökének választják
1865 Szakértői vélemény London szennyvizének mezogazdasági hasznosítására
1873 Elhalálozik Münchenben, családi sírhely a régi déli temetőben
1876 Agriculturchemie 9. átdolgozott kiadása Zöller szerkesztésében
(Wien)
1996 Agriculturchemie 9. átdolgozott kiadása Kádár szerkesztésében
(Budapest)

Kíséreljük meg a továbbiakban összefoglalni azon általános tanulságokat, melyeket a liebigi életmű számunkra nyújthat.

A liebigi életmű általános (módszertani/elvi) tanulságai

1. Az alaptudományok, valamint a háttértudományok fejlődését figyelemmel kell kísérni, mert meghatározzák saját szaktudományunk elorehaladását. Az említett tágabb ismeretek, általános kitekintést lehetővé tevéveltség birtokában lehetünk képesek a mélyebb szintézisre és meglátni 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 szakutccákkal és kudarcokkal van kikövezve. A tudományos viták gyümölcsözőek. Akkor lángolnak fel igazán, amikor igazi áttörés következik be. Utólag megállapítható, hogy a vitában résztvevők 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. A kiszélesedő nemzetközi tudományos közösségek pedig közelebb hozhatják egymáshoz a nemzeteket, az erosódo nacionalizmust ellensúlyozva. Kapcsolatait szinte a világ minden táján dolgozó tudósokkal ápolta.

4. Véleménye szerint nem elég kutatási eredményeket produkálni. A kutató felelősége 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.

A forradalom hatására, az 1842–1848. években kidolgozta a húskivonatok készítésének technikáját, melyek mai megfelelői a Maggi, Vegeta, Knorr stb. Dél-Amerika, Ausztrália húsfeleslegei így az éhező Európába juthattak, ahonnan korábban csak a bor érkezett. Az 1 kg húskivonat minden ízt és tápanyagot tartalmaz 32 kg sovány ökörhúsból. Az ipari előállítás nyomán a londoni börzére kerül a „Liebig Extract of Meat Company Ltd.”, mely ma is létező vállalkozás.

A hasonló fontosabb felfedezéseket, találmányokat az alábbiakban soroljuk fel:

- Szerves elementáranalízis továbbfejlesztése (Liebig-huto/ 5-Kugel Apparat)
- Izomeria felfedezése Berzeliussal és Wöhlerrel
- Kloroform és az elohívó reagensek fejlesztése (fényképezés)
- Ezüsttükör az akkori mérgező amalgám-tükör helyett
- Acél nemesítése/ötvözése nikkellel
- Mutrágyák, mint termésmenvelők ajánlása
- Szuperfoszfát-mutrágya kifejlesztése
- Húsinfúzió a kolerás betegek táplálására
- A „Liebig-féle húskivonat”, valamint a sütopor mint élesztőpótlék kifejlesztése.

5. Természettudományi kutatásokban meghatározóak a kísérletek és vizsgálatok. Ezek adataira épített Liebig. A hibái is abból eredtek (N-kérdés, merev visszafogás tana, mutrágya fiaskó), hogy maga nem végzett növénykísérleteket. A jelenségek nem magyarázhatók pusztán kémiai folyamatokkal, hiszen talajjal és élő szervezetekkel dolgozunk. Fo közelítési eljárás az indukció, eloször kísérletesen kell feltárni a részjelenségeket, azután általánosítani. A dedukció kevésbé alkalmazható, általánosból a konkrét helyi viszonyokra nehéz következtetni, mert a módszer túl bonyolult. Liebig idonként túl bátran vont le messzemeno következtetéseket.

Igaz, hogy Liebig idejében még a növénykísérleti technika nem volt kidolgozott. Hiányzott a módszertan, infrastruktúra. Az ismétléses kisparcellás szabadföldi kísérletezés pl. csak a XX. század elejére válik egzakt eszközzé. A N felfedezésétől (Rutherford, 1772) 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 zsákutcába jutottak, rengeteg energiát pazaroltak feleslegesen már bizonyított, vagy elvetett elgondolásokra. A tisztánlátás és a másképpen látás képessége kevesekben adatott meg.

A következőkben mutatjuk be az elozményeket, kortársakat, tanítványokat, az N kérdés megoldását és a hamuelemek esszencialitásának bizonyítását:

Elozmények: Brand (1669) a P, Cavendish (1766) a H, Rutherford (1772) a N, Priestly (1774) az O₂, Davy (1807, 1808) a K, Ca, Mg elemeket fedezi fel. Saussure (1804) bizonyítja a C, H, O, N elemek esszencialitását, bemutatva forgalmukat a növényben. Boussingault (1830) egzakt mennyiségi kísérletes módszerével megalapozza a tudományos agronómiát, bevezeti a tápelem-mérlegeket. SPRENGEL (1832, 1845) Agro-kémiája, mint előfutár.

Liebig kortársai, tanítványai:

- Thaer (1752–1828): a modern agronómia megalapítója, humuszelmélet kidolgozása
- Berzelius (1779–1848): atomsúlyok, valamint számos vegyület összetételének meghatározása [Lehrbuch der Chemie (1808), Jahresberichte (1821–1846)]
- Thénard (1777–1857): Liebig tanára Párizsban; B, H₂O₂ felfedezése
- Gay-Lussac (1778–1850): Liebig tanára Párizsban; vízelemzések, gáztörvények
- Geiger (1785–1836): Liebiggel szerkesztik az „Annalen der Pharmacie” kiadványt
- Merck (1794–1855): Liebiggel szerkesztenek, világhíru gyógyszergyár megalapítója
- Wöhler (1800–1882): Liebig barátja, karbamid szintézise, MTA kültagja 1881-ben
- Fraas (1810–1875): Liebig ellenfele, kísérleti állomást alapít München mellett, liziméter bevezetése
- Wolff (1818–1896): Liebig ellenfele, kísérleti állomást alapít Möckernben
- Pasteur (1822–1895): Liebig nem fogadja el az erjedés bakteriális elméletét
- Gilbert (1817–1901): Liebig tanítvány, a Rothamstedi Kísérleti Állomás vegyésze
- Voszkreszenszkij (1809–1880): Liebig tanítvány, Mengyelejev tanára
- Mengyelejev (1838–1907): Periodikus rendszer megalkotója, kémikus, agrokémikus

A N-kérdés végleges megoldásához vezető út:

- Hellriegel 1886-ban felfedezi a pillangósok gümobaktériumait, melyek vízzel kioldhatók és velük a steril homok beoltható. Répakísérleti Állomás (K-hiány diagnosztizálása). Homokkultúrák kidolgozása (HELLRIEGEL, 1898)
- Beijerinck 1890 körül izolálja a szimbiota N-köto baktériumokat (BEIJERINCK, 1888, 1890)
- Vinogradszkij 1893 körül felfedezi a szabadon élő N-köto baktériumokat
- Prjansnyikov 1900 körül átfogóan tisztázza a nitrát- és ammónium-táplálás elméletét

A fontosabb hamuelemek esszencialitásának bizonyítása: A P, K, Ca, Mg, Fe nélkülözhetetlenségét a növényi táplálkozásban az 1860-as években végzett homok- és vízkultúrák kísérletek bizonyították be véglegesen Sachs, Knop és Ville nyomán.

6. A „mezogazdasági kémia” tág fogalom. Elkülönül a növénytáplálással foglalkozó ága (élettan, talajtan, agronómia segédtudományaira támaszkodva), az állati táplálással foglalkozó ága (állatélettanra, takarmányozástanra támaszkodva), valamint az élelmiszerkémia és technológia. Liebig mindhárom tudományág klasszikusa. Hazai viszonylatban SIGMOND (1904) „Mezogazdasági Chemia” könyve tekinti át hasonló módon a növénytáplálás, talajtan, takarmányozástan és élelmiszerkémia területeit e tudományágak hazai klasszikusaként. A mezogazdasági kémia egésze a XX. század eleje óta már végérvényesen szétvált, egy ember által nem muvelhető és nem is tekinthető át. Mindez a jelenkor kutatói számára igazi hátrányt jelent, nélkülözzük az áttekintést a rokontudományokban, az analógiák adta elonyókat nem tudjuk kihasználni.

7. Végül: a legegyszerűbb megközelítés, logika és eljárás a célravezető. A nyakatekert elméletek, kísérleti technikák, modellek félrevezetőek. Fontos az egyszerű kísérleti módszertan kritikai szemlélettel és újszerű megközelítéssel. Vannak kulcskérdések, amelyek a fejlődés, elorehaladás láncszemei. Azokkal kell foglalkozni.

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

- nem veszi figyelembe a talajból, ill. a légköri terhelésből eredő forrásokat;
- a növényi felvételt tükröző „fajlagos elemtartalmakat” beépíti a szaktanácsadásba;
- hagyományosan alábecsüli a trágyák érvényesülését, hasznosulását.

A talaj és a légkör jelentős tápanyagforrás. Kukoricatermő hazai talajainkon pl. évente kb. 100 kg/ha nitrogént szolgáltathat a termőhely. A 10 t szemterméshez mintegy 250 kg nitrogént épít föld feletti testébe a kukorica, melyet általában 150 kg/ha körüli N-trágya alkalmazásával elérhetünk normál évjáratban (Mezőföld, Debreceni Lőszhátak). 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 lecsökkent. Kombájn betakarításnál a melléktermés a táblán marad, így pl. a kálium 4/5-e 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 módszer”-rel. A trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva terméstöbbletek 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 terméstöbbletekben. Nem vették figyelembe, hogy a talajban maradt tápanyagok a későbbi években hasznosulhatnak. A túltrágyázás akkor következett be, amikor a mutrágyák szinte korlátlanul elérhetőkké váltak. Mind ezt elősegítette a 40 % körüli állami dotáció, a termékek korlátlan piaca keleten, valamint a környezetvédelmi szemlélet hiánya.

A mezőgazdaságban ténylegesen meg kell különböztetnünk a Liebig előtti és utáni korszakot. Az újkor Európa mezőgazdaságában valójában az 1800-as évek második felében köszöntött be. Vannak, akik visszafordítanák a történelem kerekét a középkorba, dogmatikus mutrágyaellenes „biológiai” irányzatot képviselve. Elutasítva a mutrágyát, 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. Bunós utópia azt állítani, hogy a világ mutrágyák nélkül jobb, egészségesebb volt. Amennyiben ténylegesen a hiányzó elemeket pótoljuk, egészségesebb talajéletet, rajta termő növényzetet, teljesebb értékű állati és emberi közösséget kapunk. A humusz és az ásványi elemek összefüggenek. A mutrágya, ill. az ásványi só is humuszképző anyaggá válik a növény közreműködésével. A szakszerűtlen trágyázás, mutrágyával vagy szerves trágyákkal egyaránt, természetesen környezeti károkat okoz. A szakszerű mutrágyahasználat azonban a talajtermékenység megőrzésének eszköze.

Irodalom

- BECKER-DILLINGEN, J., 1934. Handbuch der Ernährung der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen. Paul Parey Verlag. Berlin.
- BEIJERINCK, M. W., 1888. Die Bakterien der Papilionaceenknöllchen. *Botan. Ztg.* **46.** 725–735.
- BEIJERINCK, M. W., 1890. Künstliche Infektion von *Vicia faba* mit *Bacillus radicicola*. *Bot. Ztg.* **48.** 837–843.
- CSERHÁTI S. & KOSUTÁNY T., 1887. A trágyázás alapelvei. Orsz. Gazd. Egyesület. Budapest.
- FINLAY, M. R., 1958. Justus von Liebig and the Internationalization of Science. *Berichte der Justus Liebig Gesellschaft zu Giessen.* **4.** :57–76.
- FRANKLIN, T. B., 1948. *History of Agriculture.* G. Bell and Sons Ltd. London.
- FRAAS, C., 1870. Wurzelleben der Culturpflanzen. Universitätsdruckerei. München.
- HALÁSZ Z., 1976. *Így élt Pesteur.* Móra Könyvkiadó. Budapest.
- HELLRIEGEL, H., 1898. Die Methode der Sandkulturen. *Arb. Deutsch. landw. Ges.* Heft 34.
- KÁDÁR I., 1992. A növény táplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- KODOLÁNYI A., 1867. Növényboncz- vegy- és élettan különös tekintettel a növénytermelésre. Kocsi Sándor Nyomda. Pest.
- KORIZMICS L., BENKO D. & MOROCZ I., 1856. Mezei gazdaság könyve. III. kötet. Stephens Henry „The book of the farm” c. munkája nyomán. Herz János Nyomda. Pest.
- LIEBIG, J. VON, 1840. *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie.* Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn. Braunschweig.
- LIEBIG, J. VON, 1842. *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie.* Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn. Braunschweig.
- LIEBIG, J. VON, 1876. *Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie.* 9. Auflage. (Ed.: ZÖLLER, Ph.) Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn. Braunschweig.
- LIEBIG, J. VON, 1996. *Kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és a növényélettanban. 1840–1876.* (Szerk.: KÁDÁR I.) MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- PAOLINI, C., 1968. *Justus von Liebig. Eine Bibliographie sämtlicher Veröffentlichungen.* Carl Winter Universitätsverlag. Heidelberg.
- PRJANISNYIKOV, D. N., 1965. *Izbrannüie szocsinenija.* Tom. 1. Agrohimiija. Izd. „Kolosz”. Moszkva.
- RUSSEL, E. S., 1914. *Boden und Pflanze.* Verlag von Theodor Steinkopf. Dresden und Leipzig.
- SACHS, J., 1887. *Vorlesungen über Pflanzenphysiologie.* 2. Neu bearbeitete Auflage. Wilhelm Engelmann. Leipzig.
- SACHS, J., 1873. *Lehrbuch der Botanik.* 3. Auflage. 1. Buch. Wilhelm Engelmann. Leipzig.
- SALMON, S. C. & HANSON, A. A., 1970. *A mezőgazdasági kutatás elméleti és gyakorlati problémái.* Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- SAUSSURE DE, TH., 1804. *Recherches chimiques sur la végétation.* Gauthier – Villars. Paris.
- SIGMOND E., 1904. *Mezőgazdasági Chemia.* Királyi Magyar Természettudományi Társulat. Budapest.
- SPRENGEL, C., 1832. *Chemie für Landwirte, Forstmänner und Kameralisten.* Paul Parey Verlag. Berlin.
- SPRENGEL, C., 1845. *Die Lehre vom Dünger.* 2. Aufl. P. Parey Verlag. Berlin.
- STRUBE, W., 1998. *Justus Liebig. Eine Biographie.* Sax-Verlag. Beucha.
- SZABADVÁRY F., 1960. *Az analitikai kémia módszereinek kialakulása.* Akadémiai Kiadó. Budapest.
- THAER, A., 1809–1821. *Az ésszerű mezőgazdaság alapjai. A trágyázástan.* (Szerk.: KÁDÁR I.) MTA Talajtani és Agrokémia Kutató Intézete. Budapest.

Egyéb források, az agrokémia és növénytáplálás fobb előfutárai (In: RUSSEL, 1914):

DAVY, H., 1813. Elemente der Agriculturchemie. London.

HELMONT, J. B. v., 1577–1644. Opera omnia Complexionum atque mistionum elementalium figmentum.

HOME, FR., 1756. The Principles of Agriculture and Vegetation. London.

INGEN-HOUSS, J., 1779. Experiments upon Vegetables, Discovering their Great Power of Purifying Common Air in the Sunshine, and of Injuring in the Shade and at Night. London.

INGEN-HOUSS, J., 1796. Essay on the Food of Plants and the Renovation of Soils. Bd. of Agric. Rpts. London.

PRIESTLEY, J. H., 1775. Experiments and Observations on Different Kinds of Air. London.

SALM-HORSTMAR, F. 1849. Versuche über die nothwendigen Aschenbestandteile einiger Pflanzen-Spezies. Journ. Prakt. Chem. **46**. 193–211.

SENEBIER, J., 1782. Mémoires Physico-chimiques. Geneva.

Érkezett: 2003. április 7.

KÁDÁR IMRE

MTA Talajtani és Agrokémiai
Kutatóintézete, Budapest