

A jód, a lítium és a kobalt szerepe az élővilágban

SÁRAY ILONA – RÓZSAHEGYI MÁRTA

Mai ismerteink alapján a Földön előforduló 88 elem közül 76 esetében lehet feltételezni valamilyen élettani szerepet. E 76 elemet az élőlények szervezetében való mennyiségi előfordulásuk alapján két nagy csoportra osztják (1):

- *makroelemek*: az élő szervezetben 0,1-50 tömeg%-nyi mennyiségben található, számuk 11;
- *mikroelemek* (vagy nyomelemek): előfordulásuk 0,1 tömeg%-nál kisebb az élőlényekben.

Az 1. táblázat a makroelemek és néhány fontosabb mikroelem átlagos tömegét mutatja egy 70 kg tömegű felnőtt ember szervezetében.

1. táblázat. Néhány létfontosságú elem átlagos mennyisége egy 70 kg tömegű ember szervezetében

Elem neve	Tömeg (g)	Elem neve	Tömeg (g)
oxigén	43500	klór	115
szén	12590	nátrium	80
hidrogén	6580	magnézium	72
nitrogén	1815	vas	4,2-6,1
kalcium	1700	cink	1,4-2,3
foszfor	680	réz	0,08-0,02
kálium	250	mangán	0,012-0,02
kén	100	molibdén	0,004

A "makro" és "mikro" jelzők tehát az adott elem mennyiségére vonatkoznak. Biológiai fontosságuk alapján *esszenciális* és *nem esszenciális* csoportba sorolják az elemeket. Egy-egy elem besorolása a kémia és a biokémia fejlődésével gyakran érdekesen változott. Mai ismereteink alapján azt mondhatjuk, hogy teljes bizonyossággal csak a nemesgázokat lehet kizárni az élettani folyamatokból.

A jód és vegyületei, a lítium és a kobalt szerepel a szerves kémiai tananyagban, de az élővilágban betöltött szerepükről csak minimális ismeretet tartalmaznak a kémia és biológia tankönyvek. Ezért összegyűjtöttük és bemutatjuk azokat az érdekességeket, amelyekkel kiegészíthetjük, színesebbé tehetjük az anyag feldolgozását.

A jód és vegyületei

A jódvegyületek jelentős része a tengerek és óceánok vizében található. A tengervíz dm³-ként 41 mikrogramm jódnak megfelelő jódvegyületet tartalmaz. A *tengeri algák* feldolgozzák és szervezetükben raktározzák e vegyületeket, így testtömegüknek mintegy 0,5%-át a jód alkotja. Hamujuk a jódelőállítás fő alapanyaga (2). A talajok relatíve kevesebb jódvegyületet tartalmaznak, ezért a szárazföldi növények szervezetében lényegesen alacsonyabb tömeg%-ban fordulnak elő. A jód különböző *növényélettani*

folyamatokat befolyásol, így fokozza a lebontási enzimek (peroxidázok) működését és a légzés intenzitását. Jódhiány okozta elváltozások növényeken nem ismertek. A *jódfelesleg* viszont toxikus hatású, például a paradicsom idősebb levelein *klorózis* jelentkezhet, ilyenkor a levelek felpödrődnek, végül elhalnak. Fokozott klóradagolás csökkenti, majd megszüntetni a jódtöbblet miatt kialakult tüneteket (3).

Sokkal nagyobb jelentősége van a jódnak, illetve vegyületeinek az *állatok táplálkozásában*, mert a pajzsmirigy normális működéséhez a szervezetnek szüksége van egy minimális mennyiségű jódra. A jód a pajzsmirigy által termelt hormon, a *tiroxin* egyik alkotóeleme. A tiroxinnak többféle élettani hatása van:

1. *Morfogenetikai* szerepe abban nyilvánul meg, hogy segítségével megy végbe például az ebihal átalakulása kifejlett békává. Ezt kísérletileg úgy bizonyították, hogy varangyosbéka-porontyokat (ebihalakat) szarvasmarha pajzsmirigyének porával tápláltak, ekkor a rendszerint két év alatt lejátszódó metamorfózis lerövidült néhány napra. Ha viszont az ebihalak pajzsmirigyét kiirtották, azok hosszú idő alatt sem alakultak át békává.

2. A tiroxin a *növekedésre* is hat. Ha a patkány pajzsmirigyét kiirtják, az állat növekedése megáll, de újból megindul, ha minden 100 g táplálékkal 0,1 μ g tiroxint juttatnak a szervezetbe. Ez a hatás szinergista a növekedési hormonéval, de független attól (4).

3. A tiroxin hiánya zavarokat okoz az állatok *anyagcseréjében* is: a sertések szörtelesen, elzsírosodott, golyvás, vastag nyakú malacokat hoznak világra, melyek hamarosan el is pusztulhatnak, az újszülött csikó képtelen felállni és szopni. A jódhiány megelőzése érdekében a vemhesség alatt a haszonállatoknak jódot adnak. A jódszükségletet a legegyszerűbben úgy lehet biztosítani, hogy az istállóban nyitott edényekben kritályos jódot tartanak. Így a szublimált anyag a tüdön keresztül bejut az állat szervezetébe (5).

Az anyagcsere-folyamatok változásával magyarázható az a kísérleti megfigyelés is, hogy ha az állatok takarmányához tengeri növényeket adagolnak, akkor a tehének tejhozama emelkedik, a juhok gyapja gyorsabban nő. Kismértékű jódadagolás kedvező hatással van a tyúkok tojóképeségére és a sertések hízására (2). Az állatok táplálásakor azt a tapasztalatot is figyelembe kell venni, hogy bizonyos takarmánynövények, pl. a káposztafélék, a repce, a borsó, a lenmag, a sárgarépa túladagolása a pajzsmirigy rendellenes működését és így golyva kialakulását okozza (5). A *jódfelesleg* elsősorban a nőtény állatokra veszélyes, mert csökken a szaporodási készségük, a tejelválasztásuk, romlik a szárnyasok tojástermelése és a tojások kelhetőségének aránya is (6).

A *felnőt ember szervezetében* normális körülmények között mintegy 50 mg jód van. Ebből 10-15 mg a pajzsmirigyben található, a többi a szervezet extracelluláris vízterében oszlik el. Napi jódszükségletünk 0,15 mg, de a terhes és szoptató anyáknak ennél több, 0,15-0,18 mg felvétele ajánlott. Izotópos kísérletekkel kimutatták, hogy a felszívódott jodidionok 60%-a a vizelettel kiürül.

Az emberi pajzsmirigy állomány kb. 0,3 mm átmérőjű üregekből áll, amelyeket egynemű kolloidális massa tölt ki. Ebben raktározódik a mirigy által termelt fontos hormon, a *tiroxin*, amely 65 tömeg% jódot tartalmaz. A raktározás fehérjéhez kötve, *tireoglobulin* formájában történik. Ebből a tiroxin kristályos formában kinyerhető. Ez először *Kendallnak* sikerült 1919-ben, amikor is 3000 kg pajzsmirigy feldolgozásával 33 g tiszta hatóanyagot kapott. Ma már mesterségesen is előállítják a vegyületet, hiszen az kémiai szempontból nem túl bonyolult. A pajzsmirigy a vérből jodidionokat vesz fel, melyek a mirigy hámsejtjeiben elemi jóddá oxidálódnak. A jód hatására a tirozin nevű aromás gyűrűt tartalmazó aminosavból *monojód-tirozin*, majd *dijód-tirozin* képződik. Két dijódtirozin-molekulából pedig egy molekula tiroxin képződik.

pajzsmirigy megnagyobbodik, fokozódik a hormonelválasztás, ezért az alapanyagcsere is, nő a szervezet oxigénfogyasztása. Jellemző külső tünet a szemek kidülledése, ami a szem mögötti zsírszövet gyarapodásának a következménye. A betegség neve: *Basedow-kór*. Mint említettük, túlzott jódfelvétel nem a táplálkozás eredményez, hanem bizonyos jódtartalmú gyógyszerek, röntgen-kontrasztanyagok, bizonyos algapreparátumok fogyasztása. Bár az egészséges ember magas jódkoncentrációt is elvisel károsodás nélkül, mint azt bizonyos ásványvizek fogyasztása, ivókúrák tapasztalatai mutatják, de a jelentősebb jódbevitel állandó kontrollt igényel.

A jódnak 19 radioaktív izotópja van. Ezek közül orvosi szempontból a 131-es tömegszámú a legfontosabb. Ez az izotóp nyolc napos felezési idővel, gamma-sugárzás közben bomlik, ezért használható daganatok pontos helyének a megállapítására és a pajzsmirigy működésének a normálistól pozitív vagy negatív irányban való eltérésének a kimutatására. Bizonyos jódvegyületek daganatos szövetekben felhalmozódnak, így a vegyületekben lévő úgynevezett jelzett jódatom, másszóval a jódiszotóp nyomonkövetésével megálapítható a daganat helye. Ilyen vegyület például a metajodo-benzil-guanidine (rövidítése: MIBG), amely az egészséges ember szervezetében a szimpatikus idegszövetekhez és a mellékvese velőállományához kötődik, de betegség esetén a neuroendokrin daganatokban halmozódik fel (9). Kevésbé ismert betegség az úgynevezett *Cushing-szindróma*, amely a nők esetében virilizmust okoz, azaz a nő szervezete férfias tüneteket mutat, pl. bajusz-, szakállnövekedés stb. A férfiak esetében is túlzott szőrnövekedés jelentkezik. Ez a kór a mellékvesekéreg hiperfunkciós betegsége. Kimutatása ugyancsak jódiszotóppal történik. A koleszterin a plazmában mindenhol előfordul, de tárolásában a mellékvese megkülönböztetett szerepet játszik. Ezért, ha 131-es tömegszámú jódiszotóppal megjelölt koleszterin-származékot juttatnak a szervezetbe, majd mellékvese-szcintigráfias vizsgálatot végeznek, akkor a betegség pontosan diagnosztizálható (10).

A lítium és vegyületei

A növényekben csak igen kis koncentrációban fordul elő. Kivételt képeznek a barna és vörös moszatok, a szárazföldi növények közül a boglárka, a tatárka és a dohány tartalmaz az átlagosnál több lítiumot.

Érdekesség, hogy a dohánylevelek elégetése után a lítiumvegyületek visszamaradnak a cigarettahamuban. Közismert az a kísérlet, hogy a kockacukor, ha lángba tartjuk, csak megolvad, karamellizálódik, de nem ég el. Ha a hevítés előtt cigarettahamuba mártjuk a cukrot, akkor meggyullad és elég. A lítiumvegyületek katalizálják a cukor égését (11).

A lítium az állati szervezetekben kis koncentrációban fordul elő. Élettani hatása még kevésbé ismert, valószínűleg a trigliceridek anyagcseréjében játszik szerepet (6).

Az ember napi lítiumfelvétele kb. 20 μg . 1949-ben fedezték fel, hogy bizonyos lítiumvegyületek eredményesen alkalmazhatók a *mániás-depressziós elmebetegség gyógyításában*. Az ilyen beteg érzelmi életében periódikusan ellentétes hangulati zavarok lépnek fel: a mániás szakaszra az indokolatlan és túlzott derűlátás és aktivitás, a fokozott mozgás, a depressziós fázisra pedig a teljes letargia a jellemző. A két szakasz között a beteget rövidebb-hosszabb ideig tartó normális viselkedés jellemzi. Régebben a lítium-kloridot, ma a lítium-karbonátot 1,5 mmol/dm³ koncentrációjú oldatban, infúzióként alkalmazzák. A vegyület a vérből felszívódik. Ezzel a kezeléssel a mániás fázis általában visszaszorítható vagy teljesen megszüntethető. A gyógyszer hatásmechanizmusa pontosan még nem ismert. Más elmebetegségek (pl. skizofrénia) gyógyításában a lítiumvegyületek hatástalanok.

Hiánybetegsége nem ismert, túladagolás esetén viszont *mérgezés* lép fel, amely

idegrendszeri és keringési zavarokban, vesekárosodásban nyilvánul meg. A mérgezési tünetek hevessége nátrium-klorid-oldat adagolásával enyhíthető (12).

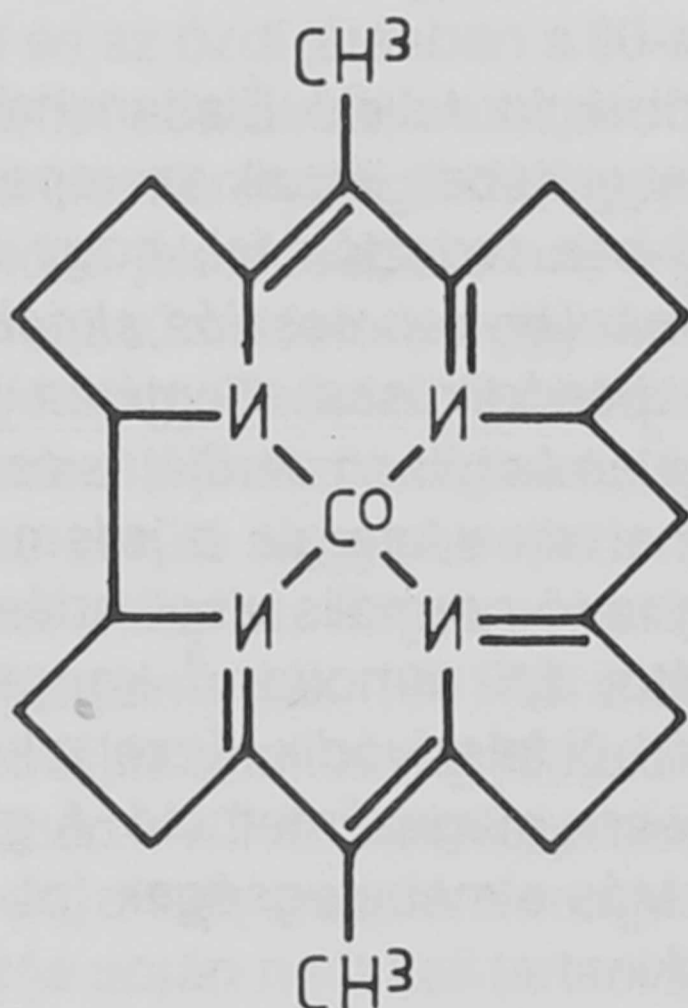
A kobalt és vegyületei

A talajok kobalttartalma nagyon különböző, de átlagosan kb. ezerszer kisebb a koncentrációja, mint a vasé (3). A növények gyökerükön keresztül veszik fel a kobaltot a talajból. Kis koncentrációban a fém előnyösen hat a növekedésükre, a magasabb rendű növények (pl. burgonya, paradicsom stb.) keményítőtartalmát növeli. Csak a közelmúltban fedezték fel, hogy a különböző *mikroorganizmusok molekuláris nitrogénmegkötéséhez a kobalt nélkülözhetetlen*. A tápoldathoz adott kobalttal például a szójabab gyökérgumóinak B₁₂-tartalmát többszörösre lehet növelni. A B₁₂-vitamin pedig koenzimként működik közre a molekuláris nitrogén megkötésében (3, 13).

A növények kobalttartalma takarmányozási szempontból is fontos, mert a *B₁₂-vitamin az állatok számára létfontosságú*. Nagyon érdekes az a történet, ahogy ezt felfedezték. Ausztrália bizonyos területein igen sok birka betegedett meg az úgynevezett bozótbetegségben. Minthogy a betegség a vérszegénység tüneteit mutatta, ezért vasterápiát alkalmaztak. Ez a terápia csak akkor bizonyult hatásosnak, ha nagy mennyiségű vasat juttattak az állatok szervezetébe. Ekkor viszont a vas lerakódott a májukban, veséjükben, és ez károsította a szervezetüket. Ezek után arra gondoltak a kutatók, hogy azért van szükség nagy mennyiségű vasra a betegség gyógyításához, mert nem a vas fejt ki ezt a hatást, hanem a vas szennyezése. Széles körű vizsgálatokkal sikerült megállapítani, hogy az aktív alkotórész a vasat mindig kísérő egyik nyomelem, a kobalt. Ezután a legelőket kobaltsó oldatával permetezték be, vagy kis fémkobalt golyókat szórtak szét, s így a bozótbetegség minden tünetét meg tudták szüntetni (5, 12). Ezeket a gyakorlati tapasztalatokat hosszú időn keresztül nem tudták megmagyarázni, míg 1948-ban több tonnányi nyers májból kiindulva sikerült egy bonyolult összetételű kobaltkomplexet előállítani, amelyet B₁₂-vitaminnak neveztek el.

A felnőtt ember szervezete átlagosan 2,5 mg B₁₂-vitamint tartalmaz, többségét a májban. A vegyület *összegképlete*: C₆₃H₉₀N₁₄O₁₄PCo. Szerkezetét csak 1955-ben sikerült egy Todd nevű angol kutatónak tisztázni. A legbonyolultabb nemfehérje-anyagok közé tartozik a természetben.

Az ábrán bemutatjuk a vegyület legjellemzőbb részletét, amelyen a három vegyértékű kobaltatom korringyűrűvel képezett komplex központi atomjaként szerepel, négy nitrogénatom kapcsolódik hozzá.



Az állati eredetű élelmiszerek közül a máj, a vese, a tojás, a hal és a tejtermékek tartalmaznak jelentős mennyiségű B₁₂-vitamint. Az emberi mikroflóra termel valamennyit ebből a vegyületből, de ez valószínűleg nem hasznosítható. Hiánya az emberben is vérszegénységet okoz.

Ha testtömeg kg-onként 1 mg-nál több kobaltion jut naponta a szervezetbe, akkor *mérgezés* lép fel. Enyhébb esetben *golyvát* okoz, mert csökkenti a pajzsmirigy aktivitását, súlyosabb esetben *szívizombetegség* lép fel, mert a kobaltion gátolja a glikogén lebontását, így az felhalmozódik. Többek között azért

sem egészséges a *túlzott sörfogyasztás*, mert a sör habzási tulajdonságainak javítására kobalt-szulfátot használnak. Az alkohol és a kobalt együttes károsító hatása miatt szívpanaszok léphetnek fel (3, 12).

JEGYZETEK

- (1) Pais, I.: *A mikroelemek fontossága az életben*. Budapest, Kertészeti Egyetem, 1989.
- (2) Tauba, P. R. – Ruygenko, J. I.: *A hidrogéntől a mesterséges elemekig*. Budapest, Gondolat, 1972.
- (3) Mengel, K.: *Ernahrung und Stoffwechsel der Pflanze*. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1979.
- (4) Ádám, Gy. – Fehér, O.: *Élettan biológusoknak*. Budapest, Tankönyvkiadó, 1980.
- (5) Horn, A.: *Állattenyésztés*. Budapest, Mezőgazdasági Könyvkiadó, 1976.
- (6) Pais, I.: *A mikrotápanyagok szerepe a mezőgazdaságban*. Budapest, Mezőgazdasági Könyvkiadó, 1980.
- (7) Smith, A.: *Testünk titkai*. Budapest, Kossuth Könyvkiadó, 1980.
- (8) Wolfram, G. – Kirchgessner: *Spurelemente und Ernährung*. Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1990.
- (9) Dabasi, G. – Gimesi, A. – Szűcs, L.: Új magyar orvosi hírmondó, 1991/1. 80-89. o.
- (10) Dabasi, G.: Orvosi hetilap, 1983/11. 635-640. o.
- (11) Rózsahegyi, M. – Wajand, J.: *575 kísérlet a kémia tanításához*. Budapest, Tankönyvkiadó, 1991.
- (12) Kőrös, E.: *Bioszervetlen kémia*. Budapest, Gondolat Kiadó, 1980.
- (13) Veneckij, Sz. I.: *Barangolás a fémek birodalmában*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1986.