

A kálium fiziológiai szerepe

(A Nemzetközi Kálium Intézet 8. kollokviuma)

1971. június 14–18 között „Potassium in Biochemistry and Physiology” címmel rendezték meg az Uppsala melletti Skoklosterben az International Potash Institute (IPI) 8. kollokviumát, amelyen a növény- és állatfiziológiában elért legújabb kutatási eredményeket vitatták meg. Az IPI tudományos tanácsának döntését, mely szerint a 8. kollokvium a káliummal kapcsolatban általános fiziológiai-biokémiai kérdésekkel foglalkozzék, nyilvánvalóan döntően befolyásolták azok az utóbbi időben elért jelentős kísérleti eredmények, amelyek a káliumnak az anyagcserében játszott sokoldalú szerepét, és ezen keresztül gyakorlati fontosságát még jobban kihangsúlyozták.

A háromnapos kollokvium során négy ülést tartottak, ezek közül az 1. és 2. növényfiziológiai, míg a 3. állatfiziológiai témakörrel foglalkozott. Az utolsó ülés kizárólag vitára volt fenntartva, amelyen az ún. koordinátorok, akik egyben vitavezetők is voltak, az elhangzott előadások alapján összefoglalták a témakörök fontosabb eredményeit. Az üléseken egy-egy főreferátum hangzott el, s ezt 4–5 korreferátum követte, amelyek a bevezető előadáshoz kapcsolódóan egy szűkebb terület kutatási eredményeivel foglalkoztak.

Az első előadást H. J. EVANS és E. WILDES (USA): „Potassium and its Role in Enzyme Activation” c. témakörből tartották. A nagy érdeklődéssel kísért előadás sokoldalúan foglalkozott a kálium és más egyvegyértékű kationok (Rb^+ , Na^+ , NH_4^+ és Cs^+) különböző anyagcsere folyamatokban játszott szerepével. Különösen érdekes volt a káliumnak a fehérje, szénhidrát és keményítő szintézisben játszott szerepének tárgyalása, továbbá az egyes szintetázok egyvegyértékű kation szükségletéről szóló bizonyítékok ismertetése.

Hangsúlyozta, hogy az élő szövetekben jelenlevő egyvegyértékű kationok közül a kálium az egyetlen ion, amely a sejtekben normális körülmények között elégséges mennyiségben található és biztosítani képes bizonyos enzimek egyvegyértékű kation igényét.

Az előadásban szó volt még más, az enzimek működése szempontjából fontos kérdésekről is, amelyekkel kapcsolatban az előadó az alábbi figyelemre méltó megállapításokat tette: *a)* Néhány enzim „szubunit” szerkezete, továbbá az a képessége, hogy egy sajátos koenzimet megkössön egyvegyértékű kationtól függő. *b)* Egyvegyértékű kationok, így a kálium is, alloszterikus effektorként viselkedhetnek. *c)* Egyvegyértékű kationok befolyásolják egyes enzimek felépítését anélkül, hogy a fizikai szerkezetben szembetűnő változást okoznának. *d)* Egyvegyértékű aktivátor kationok enzím katalízis folyamán intermedier reakciókat stabilizálhatnak, vagy befolyásolhatják eddig még nem teljesen világos mechanizmus által a katalízisek sebességét. *e)* Az egyvegyértékű kationoknak bizonyos antibiotikumokkal való egymásra hatása módszerként szolgálhat az enzim molekulával való kölcsönhatás tanulmányozásához, ill. megértéséhez.

EVANS professzor előadását három korreferátum követte, melyek közül az elsőt „The Effect of Potassium Deficiency on Fine Structure of Proplastids” címmel CH. HECHT-BUCHHOLZ (NSZK) tartotta. Az előadás kukorica gyökéresűcs sejteknél kálium ion hiánya által előidézett morfológiai és fiziológiai változásokról számolt be. Kálium elégtelenség esetén, amelyet NaCl-os vagy mycostatin kezeléssel idéztek elő, a proplasztidoknál rendellenes duzzadást tapasztaltak és ilyen körülmények között a matrix is láthatóvá válik. A továbbiakban szó volt még a kálium hiány okozta kedvezőtlen nitrogén és szénhidrát anyagcseréről is.

T. Z. NOWAKOWSKI (Anglia): „Effects of Potassium and Sodium on the Contents of Soluble Carbohydrates and Nitrogenous Compounds in Grass” c. előadásában az oldható-nitrogén és szénhidrát kálium/nátrium hatására, ill. hiánya esetén bekövetkező változásával foglalkozott. A bemutatott kísérleti eredmények ismételtlen megerősítették azt a nézetet, mely szerint a kálium nagyon szoros kapcsolatban áll mind a nitrogén, mind a szénhidrát anyagcserével. Elégtelen kálium ellátottságnál,

főleg a fehérjék hidrolízise miatt, a szabad-aminosavak felhalmozódása tapasztalható. Az előadó angol perjén végzett kísérletei szerint a kálium hiány okozta fiziológiai zavar nátrium ionnal jórészt elhárítható. Mivel az utóbbi ion specifikus hatását alig ismerjük, ezért ezen a téren a jövőben érdekes eredményekkel lehet számolni. Gyakorlati szempontból fontos az a megállapítás, hogy kálium hiány esetén figyelembe kell venni a talajban levő kicserélhető nátrium ionok mennyiségét is.

Az első témakörhöz kapcsolódó harmadik és egyben utolsó előadást „Why can Sodium Replace Potassium in Plants?” H. MARSCHNER (NSZK) tartotta. A nagy körtekintéssel összeállított előadásából kitért, hogy a káliumnak nátriummal történő helyettesítése az egyes növényfajok között eltérő. Különböző kísérleti adatokból arra lehet következtetni, hogy a nátrium felvétele és szállítása, valamint a kálium helyettesítés mértéke között az egyes fajok esetében pozitív összefüggés van. A funkcióban, elsősorban a vakuolán belül, a kálium nagymértékben helyettesíthető nátriummal (ozmózis nyomás!). Ez nem meglepő, ha arra gondolunk, hogy a funkció ilyen esetben nem specifikus. Végül is az ilyen helyettesítés teszi lehetővé, hogy a kálium bizonyos esetekben sejtben belül hozzáférhetővé legyen más, nátriummal nem pótolható specifikus funkciók számára.

Összehasonlítva a kálium és nátrium enzimaktiváló hatását MARSCHNER professzor arra a megállapításra jutott, hogy az utóbbi nagyon kismértékű. Hangsúlyozta azonban, hogy néhány növénynél a nátrium ugyancsak képes egyes enzimszisztemek figyelemre méltó aktiválására. Ilyen esetben természetesen a K/Na arány különleges fontossággal bír.

Bizonyos növényeknél (pl. cukorrépnánál) a nátrium igen magas mobilitást mutat a floemekben, ezért az előadó nézete szerint ilyen esetben a nátrium hosszútávú transzport folyamatokban is képes a káliumot funkciójában helyettesíteni. Tapasztalható, hogy egyes növényeknél a nátriumnak a növekedésre is pozitív hatása van, sőt ilyen növényeknél annak beltartalmát (szerves összetételét) is befolyásolja. Mindezt MARSCHNER professzor szerint olyan enzimek létezésével magyarázható, amelyek K és Na egyidejű jelenléte esetén mutatják legmagasabb aktivitásukat. Az elmondottakkal kapcsolatban megjegyezhető, hogy a nátrium esszenciális elemként egyértelműen csupán a halofitáknál mutatkozik.

A második ülés főreferátumát R. SCOTT RUSSEL és D. T. CLARKSON (Anglia): „The Uptake and Distribution of Potassium in

Crop Plants” címmel tartották. Az előadás a gabonafélék kálium felvételének, ill. hasznosításának utóbbi éveken elért jelentősebb kutatási eredményeit az alábbi szempontok szerint tárgyalta: a) A gyökérszerkezet továbbá a gyökéreltor szerepe a kálium abszorpcióban, b) a kálium és más ionok viszonylagos felvétele, c) a gyökér abszorpció mint „aktív” folyamat, d) az intakt növényben lehetséges ion megoszlás és hasznosulás, e) a kálium transzlokációja a merisztématikus zónához, f) a kálium szerepe a növekedésben és anyagcserében.

RUSSEL professzor részletesen ismertetette azokat az eredményeket, amelyek arra mutatnak, hogy az ún. „hordozó elméletet” bizonyos vonatkozásban felül kell vizsgálni. Különösen vonatkozik ez a kinetikus analízisek eredményeképpen alkotott kettős (alacsony és magas sókoncentráció mellett működő) felvételi rendszerekre. Az előadó rámutatott, hogy az ilyen vizsgálatoknál mennyire fontos a steril feltételek betartása (amire korábban nem fordítottak elég gondot), különben — és ezt számos irodalmi adattal is alátámasztotta — fennforog annak a veszélye, hogy téves eredményeket kapunk.

Meglehetősen részletesen szó volt a növekedés és kálium igény közötti összefüggésről. Ezzel kapcsolatban RUSSEL professzor hangoztatta, hogy alacsony tápanyagellátásnál a gyökérrendszer ion felvétele jórészt a gyökérfejlődésnek megfelelően változik. A modern mezőgazdaságban azonban a műtrágyázás bevezetésével lényegében megszűntek, vagy megszűnőben vannak a tápanyaghiány okozta fiziológiai (növekedés) problémák. Ezért, ha a vízellátás is kielégítő, a tápanyag felvételt a gyökér hossznövekedése önmagában döntő mértékben már nem befolyásolja. Ezzel kapcsolatban bebizonyították, hogy a gyökérrendszer részleges eltávolítása kevés befolyással van a földfeletti szervek tápanyagellátására, mivel a megmaradó gyökerek ionfelvétele szinte a kívánalomnak megfelelően fokozódhat. Gyakorlatilag ez azt jelenti, hogy a gyökérrendszer tápanyag abszorpciós képességét, akár többszöröse is, módosítani képes. Természetesen ilyen esetben a hajtás (levelek) fokozott szervesanyag képzése és transzportja szükségzerű.

A második ülés bevezető előadását az alábbi korreferátumok követték:

Y. COIC és C. LESTANT: (Franciaország): „The Equilibrium Between Potassium and Other Cations in the Organs of Higher Plants.” Az előadók hangsúlyozták, hogy az egyes növényi szervek ásványi kation összetétele lényegében az abszorpció, to-

vábbá a transzport és akkumulációs folyamatok függvénye, amit viszont jelentős mértékben befolyásolnak a környezeti tényezők és a fajta tulajdonságok. Az előadás foglalkozott a nitrát metabolizmus és az említett folyamatok közötti kölcsönhatással és kitért a nitrát-redukció helyének a kation tartalomra ill. a levelek szervesanyag készletének összetételére gyakorolt jelentős befolyására. Tárgyalták a kálium nagy mozgékonyságának jelentőségét az anyagcserében és bizonyos migrációs ciklusokban. Egyes szervek sajátos kation összetétele (pl. gabonaféléknél a náduusz) külön figyelmet érdemel. Az előadók befejezésül hangsúlyozták, hogy növényi szervezetekben az ásványi kationok akkumulációját irányító fiziológiai folyamatokról szóló ismereteink még mindig nagyon hiányosak.

W. HÖFNER (NSZK): „Influence of Potassium on Water Economy”. Az előadás a kálium és a növények vízgazdálkodása közötti kapcsolat kérdésével foglalkozott. Ezzel összefüggésben tárgyalta a K hatását a transpirációs együtthatóra, valamint a gyökér- és ozmotikus nyomásra. Foglalkozott a transpirációval, ill. a sztómák működésével és megvitatta a kálium ozmoregulációs szerepét.

G. TROLLDENIER (NSZK): „Recent Aspects of the Influence of Potassium on Stomatal Opening and Closing”. e. előadás keretében egy érdekes filmet mutatott be a sztómák működéséről és szabályozásáról. Az előadás során szó volt arról is, hogy az egyes ionok (K^+ , Li^+ , Cs^+ , Mg^{++} és NH_4^+) hogyan befolyásolják a sztómák működését. Ezzel kapcsolatban, mint ismeretes, az újabb időben a legnagyobb figyelem az anorganikus ionokra és itt is elsősorban a káliumra irányult.

A. KYLIN és G. HANSSON (Svédország): „Transport of Sodium and Potassium and Properties of (Sodium + Potassium)-Activated Adenosine Triphosphatases; Possible Connection with Salt Tolerance in Plants”. Az előadók az állati sejtekben már korábban kimutatott és a Na ill. K felvételben (pumpálásban) fontos szerepet játszó ATPáz kimutatásáról számoltak be. Egysejtű zöld algánál (*Scenedesmus*) bizonyították a Na kibocsátást (pumpálást?) és igazolták, hogy a Na ion jelenléte befolyásolja a Rb ill. K ion felvételét és retencióját. Ezen az alapon kutattak magasabbrendű növényeknél a (Na^+ + K^+)-aktivált ATP-áz után, amit cukorrépánál sikerült is bizonyítani.

Az előadásban szó volt még beltenyészett cukorrépa vonalak sóakkumulációjáról és sótűréséről. Az enzimaktivitás vizsgálatok során az ún. magas és alacsony „só-

vonalak”-nál különböző arányú kálium-nátrium ellátásnál a felvételi görbén csak egy csúcsot mutattak ki. Ugyanakkor hasonló körülmények között a köztes „sóvonalaknál” kettős csúcsot lehetett felvenni. Az elektrokémiai adatok vakuolizált növényi sejteknél a citoplazmából történő nátrium kipumpálására két mechanizmust jeleznek; az egyik amely összekapcsolható a kálium felvételével a plazmolemmában helyezkedhet el, a másik pedig a tonoplasztban.

További érdekes feltevés, hogy a sótűrős vakuolizált növényeknél összefüggésben lehet a magas Na/K aránnyal. Bizonyított ugyanis a Na kettős transzport rendszerének előfordulása, amely sótűrő növényeknél a Na-mal szemben a citoplazmának maximális védelmet biztosíthat, és ugyanakkor a nátrium, mint ozmotikus anyag hasznosítható a vacuolumban.

M. VIRO és H. E. HEADER (NSZK): „The Effect of the Potassium Status of Tomato Plants on the Transport of Organic Compounds to the Fruits.” Paradicsomnál tanulmányozták a kálium táplálás hatását szerves vegyületek transzportjára. Megállapították, hogy 6 órával a $^{14}CO_2$ bevitele után az asszimilált C-14 igen jelentős része még a levelekben volt, kb. egyharmada a hajtásokban és csak keveset találtak a termésben és a gyökerekben. A jelölt vegyületek transzportja a levélből a termésbe csak hosszabb kísérleti idő után fokozódik. Az eredmények szerint káliummal jól ellátott növényeknél a jelölt vegyületek aránya mindig magasabb volt a gyümölcsben.

F. VAN EGMOND (Hollandia): „Inorganic Cations and Carboxylates in Young Sugar-Beet Plants.” Szabadföldi kísérletekkel bizonyították, hogy cukorrépában, főleg amelyet nitrát nitrogénnel tápláltak, a szerves kationok és szerves anionok különbözeteinek meq. összege megegyezett a szerves anionok (karboxilátumok) és szerves nitrogén μ Mol összegével. Ez az összefüggés végül is elvárható, feltéve ha az OH^- ill. HCO_3^- efflux, vagy H^+ influx a gyökereknél elhanyagolható. Mivel a megfelelő ionegyensúly előfeltétele a normális anyagcserének, ezért a szerves ionok kation balanszírozó hatása fontos szerepet játszik a tápanyagcsere folyamatokban. A szerves nitrogén és szerves anionok megoszlása alapján levonható egy olyan megállapítás, mely szerint az organikus nitrogén az idősebb levelekből a fiatalabb levelekké transzportálódhat.

Programon kívül két előadás szerepelt, amelyek általános táplálkozásélettani szempontból fontos kérdésekkel foglalkoztak. A. J. BRERETON és G. A. FLEMING

(Írország): „An Assessment of Plant Nutrient Content as a Guide to Nutritional Status.” továbbá A. A. FLEMING és A. J. BRERETON (Írország): „The Distribution of Potassium, Calcium and Magnesium Between Aerial Organs of Five Grasses at Early Maturity.”

A harmadik ülésen, szem előtt tartva, az „élet egysége” elvet, állatfiziológiai kutatással kapcsolatos előadások bemutatására került sor. Mivel az élő szervezetek között különösen molekuláris szinten sok a közös vonás és az alapvető problémák is többnyire azonosak, vagy közel azonosak, ezért ilyen szempontból nézve is helyes volt az IPI tudományos tanácsának program összeállítására.

A bevezető előadást V. KOEFOED-JOHNSEN és H. H. USSING (Dánia): „Ion Transport Through Biological Membranes” címmel tartották. Az előadó bevezetőjében párhuzamot vont a növényi és állati sejtek K/Na akkumulációja és kiválasztása között hangoztatva azt a jól ismert tényt, hogy a külső médium és sejt (vakuolum) iontartalma között, az utóbbi javára jelentős lehet a koncentráció különbség. Az előadás folyamán részletesen szó volt az egyes transzport folyamatok és reguláció utóbbi éveken elért jelentős eredményeiről.

A továbbiakban azokról a kutatásokról számoltak be, amelyeket izolált békabőrön és hughyólyagon végeztek. Ennek során megállapítást nyert, hogy a békabőr külső és belső oldala között Ringer-oldatban mért elektromos potenciál különbséget a nátrium ionok aktív transzportja tartja fenn, amely a külső oldatból befelé irányul.

Az előadásban különböző, az iontranszporttal kapcsolatos hipotézisekkel is foglalkoztak és arra a következtetésre jutottak, hogy a békabőr különféle intercelluláris „söntökkel” rendelkezhet, amely a bőr potenciális szintjét az aktív nátrium transzporttal együtt határozza meg.

A következő előadást „Biological Rhythms of Potassium Metabolism” címmel A. REINBERG (Franciaország) tartotta. Az előadó bevezetőjében hangoztatta, hogy bár a kálium biológiai ritmusa mind embernél, mind az állatvilágban meglehetősen régóta ismert, ennek ellenére még sok a tisztázatlan probléma. A kérdést az utóbbi időben az ember biológiai „idő struktúrájának” jobb megértése érdekében tanulmányozzák, és azért is mivel a kálium bioritmusának paramétereiből más fiziológiai ritmusokra is következtetni lehet.

A kálium anyagcsere, amint ez a plazmaszintből, az eritrocita tartalomtól és főleg a vizelet kiválasztásából megállapítható, nem konstans, hanem változóan ritmusos. Az előadásban részletesen szó volt a kálium

anyagcsere ciklikus változásáról az ún. „circadian” ritmusról, amelyet egészséges újszülötteken és felnőtt személyeken vizsgáltak különböző diétáknál és kálium ellátás esetén. Az előadó kiemelte, hogy a kálium kiválasztás ritmusának változásai, egyes betegségek (így pl. Addison-kór, mellékvese-velő hiányosság, Cushing-kór, stb.) tanulmányozása szempontjából is érdekes és fontos.

M. APFELBAUM (Franciaország): „The Role of Potassium in Nitrogen Balance Experimental Evidence in Rat and Man” c. előadásában a kálium és fehérje-enzim tartalom kapcsolatáról beszélt. Az előadó a különböző életkorban és táplálkozás mellett végzett vizsgálatokból az alábbi következtetést vonta le: a) A kieserélhető kálium mennyisége meggyegyezik az egyes szervekben található össz-káliummal. b) A kálium és fehérje enzim arány állandó marad különböző életkor és hiányos táplálkozás során is. c) A negatív kálium egyensúly, melyet alacsony kálium felvétel és az aldosteron endogén hiperszekréciója vált ki, negatív nitrogén egyensúlyt idéz elő.

D. SCOTT (Skócia): „Interrelationships Between Acid, Phosphorus and Potassium in the Urine of Sheep and Cattle” c. előadásában juhok és szarvasmarha vizeletének összetételében bekövetkező változásokról számolt be. Ennek során különösen a táplálék kálium tartalma és a vizeletbe történő savkiválasztás kérdésével foglalkozott, amely mesterséges tápszeres táplálásnál különös jelentőséggel bír. A kísérleti eredmények szerint amikor az állatok normális takarmányt (szénát) kaptak a foszforban szegény vizelet alkalikus pH-jú volt. Ha ilyenkor a juhok gyomrába savat juttattak, akkor a vizeletben megnőtt a savkiválasztás, ez azonban nem csökkentette a kálium ekskrecióját. Amikor az állatok mesterséges tápszeres ellátást kaptak a vizelet ammónium és foszfát ion tartalma jelentősen megnőtt. Nátrium-bikarbonát gyomorba történő bevitele (adagolása) megszüntette ugyan a savas vizelet kiválasztást, de nem volt hatással a vizelet kálium tartalmára. Az előadó végül is arra a megállapításra jutott, hogy bár a juhok és szarvasmarhák számottevő sav és kálium kiválasztására képesek, mindazonáltal ez nem bizonyítja semmiféle kompetíció (ionversengés) létezését.

J. HARTMANS (Hollandia): „Effects of Calcium on Resorption and Excretion of Major and Minor Elements in Cattle” c. előadásában szarvasmarháknál tanulmányozta a Ca pótlás makro és mikro elemek felszívódására és kiválasztására gyakorolt hatását. Az eredmények szerint CaCO_3

adagolás (kezelés) nem volt hatással a szárazanyag, szervesanyag és nitrogén emésztésére; a zsírsavak emésztésének csökkenése pedig nem volt szignifikáns. K, Na, Mn és P hasznosulása (felszívódása) Ca pótlással szignifikánsan emelkedett, ugyanakkor Cl és Ca esetében csökkenést tapasztaltak. A K, Na és Cl egyensúly nem változott a vizelet által kiválasztott kompenzációs hatás következtében. A bemutatott eredmények arról tanúskodtak, hogy a kalciumos kezelésnek nem volt hatása a S, Zn és Cu kiválasztására. Azt is megfigyelték, hogy ilyen körülmények között csökkent a J szekréciója a tejben.

A 3. ülés utolsó előadását J. HAZARD, PH. RENON és L. PERLEMUTER (Franciaország): „The Therapeutic Use of Potassium” címmel tartották. Az érdekes előadás a kálium egyre fokozódó gyógyászati

szerepéről számolt be. Ez azzal magyarázható, hogy számos gyógykezelés másodlagosan jelentős kálium veszteséget idézhet elő a szervezetben, ami kálium hiányos (hypokalaemiás) állapothoz vezet. Az előadás részletesen foglalkozott azokkal a kezelésekkal, amelyek kálium hiány okozói lehetnek, tárgyalta a kálium hiány kezelésének lehetőségeit és végül a hypokalaemia fontosabb tüneteit ismertette.

A 4. ülésen a koordinátorok (Dr. B. JELENIC, Jugoszlávia; K. MENGEL, NSZK, és R. BACH, Svájc) összefoglalták és értékelték az egyes témakörökkel kapcsolatban elhangzott előadások anyagát, kitértek az esetleges vitatható kérdésekre és hiányosságokra.

ZSOLDOS FERENC

Érkezett: 1971. szeptember 17.