

Kasztori Rudolf

AZ ÁSVÁNYI TÁPANYAGOK JELENTŐSÉGE A NÖVÉNYEK ÉLETÉBEN

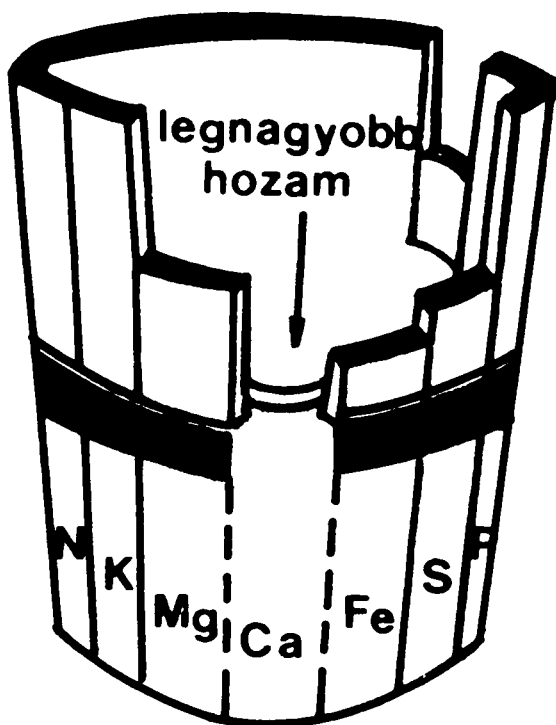
A növényi zöld szintestecske (kloroplasztisz) az egyetlen „laboratórium” a világon, ahol az egyszerű szervetlen anyagokból a Nap fényenergiájának segítségével bonyolult szerves anyagok jönnek létre. A Földre vetődött és a zöld növények által leköötött napsugár az élet további forrásává válik a földön. Az elnyelt fényenergiát ugyanis a növények vegyi energiaként a környező élővilágnak: az embernek és az állatoknak adják át. Ebben rejlik a zöld növények óriási jelentősége az ember életében és gazdasági tevékenységében. Ebből adódnak azok a nagy feladatok is, amelyek a növényvilágot tanulmányozó tudományok a növényélettan, növényi biokémia, biofizika, a biotechnológia és általában a botanika előtt állanak.

Az ásványi anyagok és a termés viszonya

Az anyagcsere az életfolyamatok központjában álló, és az összes többi — fotoszintézis, légzés, növekedés, fejlődés stb. — életjelenség alapja. Az anyagcsere keretein belül folyik a tápanyagok — víz, széndioxid és ásványi anyagok — felvétele a környezetből, a felvett anyagok saját testanyagukká való áthasonítása, a tápanyagok kémiai átalakítása, valamint azok fel nem használt részének és a káros anyagoknak az eltávolítása, vagyis kiválasztása. Részleteiben szemlélve tehát: a növénynek a növekedéséhez és fejlődéséhez építőelemekre, táplálékra van szüksége, amelyet a környezetéből vesz fel. Amennyiben csak az autotrof táplálkozású növényeket vesszük figyelembe, ezt a táplálékot (a széndioxidot és a vizet nem tekintve) a legkülönbözőbb eredetű sók, illetve azok ionjai képezik. Az ásványi tápanyagoknak fontos szerepük van a növények életében. Amellett, hogy a szerves molekulák építőkövei az anyagcserefolyamatokban az anorganikus katalizátorokhoz hasonló hatást fejtenek ki.

A növények táplálkozásának kérdése már a régebbi korokban is foglalkoztatta a tudósokat. A növények fejlődésére és növekedésére vonatkoztató nézeteik azonban — a növényekben végbemenő életfolyamatok ismeretének hiányában — foghíjasok voltak. A legelső kutatómunka annak felderítésére irányult, hogy mi okozza a talaj termékenységét, és melyik az a tápanyag, amelyből a növények teste felépül. Palissy 1563-ban megfigyelte, hogy a növények elégetése után sószerű anyag marad vissza. Megfigyeléséből azt a tételt állította fel, hogy a só az alapja minden életnek és minden növény fejlődésének. A későbbiek folyamán Liebig, a neves német kémikus 1840—1847-ben több kiadásban megjelent köny-

vében (Die organische Chemie und ihre Anwendung auf Agrikultur und Physiologie) rámutatott a talajból elvont szervesen növényi tápanyagok utánpótlásának fontosságára, és ezzel a műtrágyázás megalapítója lett. Liebig foglalkozott a tápanyagok mennyisége valamint a termés nagysága közötti összefüggéssel is. Megállapította, hogy a termés nagyságát mindig az a tápanyag szabja meg, amely a többihez viszonyítva a legkisebb mennyiségben van jelen. Ennek a gondolatnak a lényegét jól kifejezhetjük az ún. „minimumkáddal”, mely szerint: a minimumban lévő tápanyag mennyiségének fokozása mindaddig növeli a termés mennyiségét, amíg a másik tápanyag a minimumba nem kerül (1. ábra). Az idevonatkozó későbbi kísérletek eredményei (Wollny, Liebscher, Mitscherlich) azonban azt igazolják, hogy e viszonyok korántsem ilyen egyszerűek, vagyis, hogy a termés mennyiségét nemcsak a minimumban lévő tényező mennyiségének növelése, hanem mindazon tényezők optimalizálása is fokozza, amelyek valamilyen formában a növények termőképességére hatnak, mert ezáltal a minimumban lévő növekedési tényező jobb kihasználást nyer.



1. ábra. Minimumkád

A növények táplálkozásával kapcsolatos kutatásoknál nagy fejlődést jelentettek a homok- és vízkultúrák módszereinek tökéletes kidolgozása, valamint a korszerű analitikai módszerek alkalmazása. A radioaktív és stabil izotópok alkalmazása különösen nagy lendületet adott az élettani kutatásoknak, mert olyan folyamatokat sikerült feltárni, amelyek más módszerekkel feltárhatatlanok maradtak volna.

Biogén elemek

Mai ismereteink szerint az elemek száma 105, de ezek egy része sem a Földön, sem a világegyetemben tartósan nem található meg. A Földet és az egész világegyetemet a mai tudásunk szerint 88 stabil elem építi fel. Az élőlények, így a növények is a környezetet alkotó elemekből épülnek fel. A növények tehát a földet alkotó 88 elemet tartalmazzák. Nem minden elem egyformán fontos azonban a növények életének szempontjából. Már a múlt század folyamán megkülönböztettek a tudósok olyan elemeket, amelyek a növények számára elsődleges fontosságúak: ezeket biogén vagy nélkülözhetetlen elemeknek nevezzük. A magasabbrendű zöld növények számára nélkülözhetetlen elem a: C, O, H, N, S, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, B, Mn, Cl és Mo, egyesek szerint idesorolhatók még a Si, Se és Co (1. táb.). A növények szempontjából fontos elemek köre az újabb vizsgálatok eredményeként tovább bővíthet. Vannak olyan elemek is, amelyek biológiai fontossága még nincs egyértelműen bizonyítva, vagy csak az egyes családokhoz tartozó növények számára életfontosságúak.

1. táblázat. Létfontosságú elemek

Elem	Baktériumok	Algák	Gombák	Magasabbrendű növények	Gerinctelenek	Gerincesek
H, C, N						
O, P, S	+	+	+	+	+	+
K	+	+	+	+	+	+
Mg	+	+	+	+	+	+
Ca	+	+	+	+	+	+
Cl	+	+	-	+	+	+
Fe	+	+	+	+	+	+
Na	+	+	-	+	+	+
Cu	+	+	+	+	+	+
Zn	+	+	+	+	+	+
Mn	+	+	+	+	+	+
Mo	+	+	+	+	+	+
Co	+	+	+	+	+	+
Se	+	-	-	+	-	+
Cr	+	-	-	-	-	+
V	+	+	-	-	+	+
Sn	-	-	-	-	-	+
B	-	+	-	+	-	-
F	-	-	-	-	-	+
Si	-	+	-	+	-	+
I	-	+	-	-	-	+

Egyes szerzők a növényi test szerves anyagainak felépítésében részt vevő elemeket szerkezeti elemeknek nevezik, ide tartoznak a: C, O, H, N, P és a S. A Ca-ot, K-ot és a Mg-ot ionhatású elemeknek hívják, mivel ionjaik a protoplazma kollidokon és a sejt felületi hártályára kötődve szabályozzák ezek tulajdonságait. A Mg ionhatása mellett szerkezeti elem

is, mivel több enzimnek és a klorofilnak is alkotórésze. A nélkülözhetetlen elemek közül egyesek enzimeképzők, mint pl. a Fe, Mn, Zn, Cu, mások viszont mobilizáló elemek pl. a B és a Cl.

A nélkülözhetetlen elemek hiánya zavart okoz a növények anyagcsere-folyamataiban. Ilyenkor a növényeken jellegzetes hiánytünetek, alaktani, anatómiai és élettani elváltozások észlelhetők.

Vannak olyan elemek is, amelyek a növények számára nem nélkülözhetetlenek, de jelenlétük kedvezően befolyásolhatja az egyes növények növekedését és fejlődését, ilyen pl. a Na. Nátrium adagolásával lényegesen növelni lehet pl. a cukorrépa, zeller a petrezselyem stb. hozamát.

A növények szerkezetében való előfordulás alapján — és nem a biológiai jelentőségük miatt — szoktunk beszélni makro-, mikro-, és ultramikro-elemekről. Vernadskij százalékos mennyiségük alapján dekádokba osztotta a növényekben kimutatott elemeket. Makroelemek a növényekben általában 0,1—50%-nyi mennyiségben fordulnak elő (C, H, O, P, Si, K, Ca, N, S, Mg, Fe, Na, Cl). A mikroelemek szintje 0,0001—0,01% közé esik (Mn, B, Sr, Cu, Zn stb.), 0,0001%-nál kisebb mennyiségben található elemeket pedig általában ultramikro-elemeknek nevezzük (Mo, Co, I, Pb stb.). Vannak átmeneti jellegű elemek is, mint pl. a vas vagy a klór, amelyeket hol a makro-, hol pedig a mikroelemek közé szoktak sorolni.

A növényekben lévő elemek élettani jelentősége és azok periodikus rendszerbeli helye között Frey-Wyssling összefüggést mutatott ki. Eszerint a növények részére nélkülözhetetlen biogén vonal mentén helyezkednek el (2. ábra). Ezt a vonalat a tápláló elemek vonalának nevezik. Minél távolabb helyezkedik el valamely elem a vonaltól, annál mérgezőbb hatású a növények számára. Ennek a jelenségnek az okát még pontosan nem ismerjük. Annyi azonban bizonyos, hogy a nélkülözhetetlen elemek kis atomterfogatók és nem nagy atomsúlyúak, a főleg toxikus hatásúak viszont nagy atomsúlyúak és nagy térfogatúak. Ha abból a feltevésből indulunk ki, hogy csak a labilis, mozgékony anyagrendszer válhatott élő

Csoport Periodus	O	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	O
1		H								He
2	He	Li	Be	B	C	N	O	F		Ne
3	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl		Ar
4	Ar	K	Ca	Sc	Ti	Vd	Cr	Mn	Fe	Co Ni
		Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br		Kr
5	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	J	Ru Rh Pd	Xe
		Ag	Od	In	Sn	Sb	Te			
6	Xe	Cs	Ba	La	Ce	Ta	W		Os Ir Pt	Em*
		Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po			
7	Em*		Ra	Ac	Th	Pa	U			
	.	—								

2. ábra. A tápláló elemek vonala Frey-Wyssling szerint

rendszerre. akkor logikusnak tűnik, hogy a biológiai szerkezetalkotó képesség elsősorban az atomradius függvénye.

Nagyon érdekes probléma az is, hogyan és miért változott meg az egyes elemek mennyiségének viszonya a növényekben azok evolúciója során.

A nélkülözhetetlen elemek élettani hatása

A nélkülözhetetlen, biogén makro-, és mikroelemek jelentőségét a növények életében Kostyeczav a következőkben foglalta össze:

— Az ásványi anyagok (különösen az ionhatású elemek) a sejt-kolloidok fizikai állapotában beálló változások fontos tényezői, mert az anyagcserét és a sejt belső felépítését befolyásolják.

— Gyakran a katalizátor szerepét töltik be a biokémiai folyamatokban.

— Fontos szerepet játszanak a turgor és a protoplazma áteresztő képességének változásainál.

— Az ásványi anyagok mérgező és antitoxikus hatást gyakorolhatnak az élőszervezetekre.

— A szervezetek számára fontos elektromos és radioaktív erők hordozói.

Ehhez még hozzá kell adni, hogy az ásványi anyagok szabályozzák a sejt-plazmában a duzzadási állapotot, a redoxpotenciált, a hidrogénion töménységét, valamint részt vesznek a növényi szervesanyag kiépítésében.

Az egyes nélkülözhetetlen elemek csak abban az esetben fejtenek ki kedvező hatást, ha a tápláló környezetben meghatározott koncentrációban és arányban vannak egymással. A különböző ionoknak azt a sajátosságát, hogy egymás hatását a tápláló környezetben kiegyensúlyozzák, ionantagonizmusnak nevezzük. Mai ismereteink szerint ez a jelenség az ionradiuszbeli és vegyértékbeli különbségekre vezethető vissza. Az ionradiuszok különbségeiből eredő antagonizmus alapja az eltérő hidratációs képesség. A vegyértékbeli különbségek növekedésével a kationok koagulációs képessége is gyorsan növekszik. Az eltérő hidratációs képességben és vegyértékben mutatkozó antagonizmus különbségek alapján egész sor egymásból következő élettani sajátosság válik érthetővé. Például említhető a kálium nagy hidratációs, duzzasztó hatása a plazmára: viszkozitását csökkenti és permeabilitását fokozza. A káliummal ellentétes hatású a kalcium, csökkenti a plazmakolloidok hidratációját és permeabilitását és növeli viszkozitásukat.

Az ionhatás elsősorban a fémek ionjaira jellemző, a szerkezeti elemek viszont fontos építőkövei a sejt szerves anyagának. A növények a szerkezeti elemek közül a C, O és H-t a légkörből és a vízből veszik fel, míg az ásványos táplálkozás szempontjából fontos szerkezeti elemek a N, P és az az N S elsősorban a talajból kerülnek a növénybe.

A nitrogén a növényi élet szempontjából nélkülözhetetlen tápanyagok sorában kiemelkedő szerepet tölt be. A nitrogén a protoplazma építőanyaga, alkotóeleme a klorofilnak, az aminosavaknak, fehérjéknek, nukleinsavaknak, a koenzimeknek, továbbá az anyagcseré más aktív csoportjainak, mint amilyenek a heterociklusos pirrol-, piridin-, pirimidin- és purinszármazékok stb.

A foszfor a legszélesebb körű szerepet játssza a növényvilág anyagcseréjében. Engelhard találón mondja, hogy „napról napra kevesebb és kevesebb olyan élettani folyamatot

ismerünk, amelyben a foszforsav, illetve vegyületei ne vennének közvetlenül részt". A foszfor a nukleotidokban játszik fontos szerepet, így pl. az adenzin-trifoszfátban (ATP), amely a sejt energiaegyensúlya szempontjából jelentős.

A kén mint jellegzetes hídépítő elem szerepel (diszulfid-hidak). A kéntartalmú fehérjék biológiai aktivitása igen nagy. A kén és a foszfor igen sok koenzimben szerepel.

Az alkálifém-ionok (Na^+ , K^+), továbbá a Ca^{2+} és a Mg^{2+} számos enzim aktivitását befolyásolják. E fémek fontos szerepe a membrán-transzportfolyamatokban irányította a kutatók figyelmét arra, hogy a transzportfolyamatok részleteinek megismeréséhez széles körű kutatásokat végezzenek az alkálifém-ionok komplexkémiája terén. Az alkáliföldfém-ionok (Ca, Mg) komplex kémiája sokkal részletesebben ismert, mint az alkálifém-ionoké. Ez azzal magyarázható, hogy e fémek már viszonylag egyszerű ligandumokkal is számottevő stabilitású komplexeket képeznek.

Az átmeneti fémek (Cu, Fe, Co, Mn, Mo, Cr és V) az életfolyamatokban a katalízisben és a szállításban vesznek részt. A redoxikalízisben való részvételük összefügg azzal, hogy e fémek különböző oxidációs állapotban lehetnek, pl. $\text{Mo}^{5+}/\text{Mo}^{6+}$, $\text{Cu}^+/\text{Cu}^{2+}$, $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$, és így elektronátvitelre vagy elektronleadásra hajlamosak. Az átmeneti fémeknek fontos szerepük van a légzés és a fotoszintézis elektronszállító láncában.

Már említettük, hogy a fémek — melyek szinte mindegyike nélkülözhetetlen mikroelem a növények számára — elsősorban az enzimreakciók keretein belül fejtik ki biológiai hatásukat. A metalloenzimek molekuláiba a fémion erős kötéssel épül be, a fémion tehát a molekula szerves része. Az enzimek másik csoportjában a fémionok nem épülnek be a molekulába, de jelenlétük növeli az enzimek aktivitását (2. táb.). Az aktiváló fém rendszerint időleges kapcsolatot hoz létre az enzim és az átalakítható szubsztrátum között. Az aktiváló fémion koncentrációja nagyon fontos, mivel a legtöbb fém nagyobb koncentrációban már inhibítoroként hat.

2. táblázat. Néhány ismertebb metalloenzim és néhány fém által aktivált enzim

Néhány ismertebb metalloenzim		Néhány fém által aktivált enzim	
Az enzim neve	Fém	Az enzim neve	Aktiváló fém
Karboxipeptidáz	Zn	Különböző oxidázok	Fe
Alkáli-foszfátáz	Zn	Fosfo-mono-észteráz	Co
Glikol-dehidráz	Co	Glicil-glicil dipeptidáz	Co
Karboxi-transzfosforiláz	Co	Foszfát-transzferázok	Mg
Fenoxidáz	Cu /Fe/	Dekarboxilázok	Mg /Mn/
Citokróm-oxidáz	Cu, Fe	Fosfo-glükomutáz	Cr
Piruvát-oxidáz	Mn /Mg/	Adenzin-trifoszfátáz	Na
Nitrogenáz	Fe, Mo	Nitrogenáz	V //
Tirozináz	Cu	Hangyasav-dehidrogenáz	Se
Aszkorbinsav-oxidáz	Cu	Piruvát-kináz	K

Ebben a cikkben csak felvillantani tudtuk a nélkülözhetetlen elemek szerepét és fontosságát a növények életfolyamataiban. Az elmondottakból kitűnik, hogy a növények felépítés-

sében résztvevő szeretlen komponensek kitűnően alkalmazkodnak az élettani szerepük-höz, legyen ez a szerep szerkezeti, vagy katalitikus.

Rezime

Značaj mineralnih materija u životu biljaka

Uloga mineralnih materija u životnim procesima biljaka je mnogostruka. Joni brojnih elemenata imaju važnu ulogu u regulisanju pH vrednosti, osmotskog — i redokspotencijala i hidrataciji koloida protoplazme. aktivatori su ili sastojak brojnih enzima, učestvuju u izgradnji organske materije i dr.

U ovom članku posebno je ukazano na ulogu mineralnih materija u fiziološkim procesima biljaka i obrazovanju prinosa gajenih biljaka.

Summary

The importance of mineral substances in plant life

The role of mineral substances is complex in the life processes of plants. The ions of numerous elements have the important role in the regulation of pH values, osmotic and redox potential, and hydration of protoplasmic colloids. They either activate or are components of numerous enzymes, participate in organic matter production, etc.

The paper specially indicates the role of mineral substances in the physiologic processes in plants and the yield formation in cultivated plants.