

A kalcium növényélettani szerepéről

Már a XIX. században, a vízkultúra mód-szerének elterjedése után teljesen nyilvánvalóvá vált és tudományosan beigazolást nyert, hogy minden zöld növény számára feltétlenül fontos a kalcium. Ha ezt az elemet a tápközeg nem tartalmazta, akkor a növény fejlődésében és növekedésében zavarok keletkeztek, melyek a normális fiziológiai állapot romlását vonták maguk után s melynek következtében végső fokon a növény elpusztult. Bebizonyosodott, hogy a nitrogén, foszfor, kálium, szén, kén, vas stb. mellett a kalcium is az élethez feltétlenül szükséges elemekhez tartozik. Ennek ellenére még ma is igen keveset tudunk a kalcium élettani szerepéről. Ennek két oka van:

Az agrokémia intenzív fejlődésével, a szerves- és műtrágyák növekvő felhasználásával egyidejűleg fejlődött a növény táplálkozásáról alkotott vélemény és elmélet.

A mezőgazdasági termelés megkövetelte a tudósoktól, hogy elsősorban azokra az elemekre fordítsák a fő figyelmet, amelyek a növénytermesztés szempontjából igen lényegesek — nitrogén, foszfor, kálium — és amelyek egyidejűleg gyakran igen korlátozott mennyiségben fordulnak elő a talajban.

Kalciummal kapcsolatban általános vélemény az volt, hogy rekord termésk eléréséhez is elegendő készletek vannak belőle a legtöbb talajban. Ez volt az egyik ok.

A másik ok pedig az, hogy botanikai és növényélettani körökben helytelen nézet terjedt el és gyökeresedett meg a kalcium élettani szerepével kapcsolatban. Ezt röviden így lehetne jellemezni: Botanikusok gyakran megfigyelték, hogy különösen öregedő szövetekben, sejtekben nagy mennyiségben található a kalciumnak oxálsavval alkotott sója: a kalciumoxalát. Ebből a megfigyelésből azt a helytelen következtetést vonták le, hogy a kalcium élettani szerepe az anyagcsere folyamataiban keletkező szerves savak közömbösítésében áll. Ezek a szerves savak ugyanis oldott állapotban kedvezőtlenül hatnának a sejtneved és a protoplazma közegreakciójára, így tehát magára a szervezetre toxikus hatást fejtenének ki. A kalcium ezekkel egyesülve vízben oldhatatlan sókat alkot és így a szerves sav inaktív állapotba kerül [3, 4, 7].

Ezzel a következtetéssel mintegy kimerítettnek és megoldottnak látszott a kalcium élettani szerepe. Ha ezeket az okokat szem előtt tartjuk, akkor érthetővé válik, hogy az utóbbi évtizedekben a kalcium növényélettani szerepét érintő szakcikkek száma rendkívül nagy és ha ismereteink ma már bővültek is, alapjában véve még mindig nincs kiderítve a kalcium igazi szerepe a növény anyagcserejének biokémiai folyamataiban.

A kalcium rövid kémiai jellemzése

A földkéreg 3,25%-a kalciumból áll, tehát mennyiségileg messze felülmúlja az élettanilag igen fontos egyéb elemeket. Nagyfokú aktivitása mellett egységnyi földterületben nagymennyiségű kalcium ion van jelen.

Kalciumhidroxid (Ca(OH)_2) igen erős bázis és a legkülönbözőbb szerves és ásványi savakkal képes egyesülni. Vegyületet képez még egész sor szerves anyaggal is, pl. a kalciumkazeinát a tejben, a kalciumproteinát a növényekben fordul elő. A növényi sejtfal szilárdságát a pektinanyagokkal való vegyülete adja meg. A talajban levő szerves savakkal és karboxil csoportot tartalmazó más vegyületekkel is képes egyesülni.

Nagyon lényeges még a kalcium kolloid-kémiai hatása. Mint ismertetés, a kolloidrendszer tulajdonságát nagyban meghatározza az adszorbeált kationok jellege (a vegyérték nagysága, az atomsúly, az ionrádiusz, a hidratációs burk stb.).

A kalcium kétvegyértékű, tehát kolloidikai szempontból is igen aktív. Atomsúlya nagyobb, mint a gyakran előforduló más kationoké (kálium, nátrium, magnézium, alumínium).

Az effektív atomrádiusz a kalciumnál viszonylag nagyobb, mint a többi — általánosan elterjedt — kationnál, a hidratációs burka pedig 1 miliekvivalens kationra átszámítva a legkisebb. Ennek következtében a kolloid felületén mélyebb rétegekben helyezkedhet el és így alapvetően képes megváltoztatni a kolloidrendszer tulajdonságait.

A kalcium kitűnik még az igen erős koaguláló hatásával is. Kolloidkémiai szempontból egész sor kivételes és csak reá jellemző tulajdonsággal rendelkezik, nagyfokú elterjedése a földkéregben pedig alapvetőleg biztosítja, hogy a talaj kolloidrendszerében és a talajjal szerves kapcsolatban álló élő szervezetek kolloid rendszerében mintegy fő irányító hatást fejtsen ki. Nem véletlen, hogy a talajszerkezet kialakulásában döntő jelentőségű, az sem véletlen, hogy az állatok és az ember csontvázának szilárdságát adja meg és a vér is csak kalcium ionok jelenlétében alvad meg, úgyszintén a növényi sejt-plazma szerkezete is — amit később részletebben tárgyalunk — csak ennek az ionnak hatása alatt alakulhat ki. A kolloid rendszerekre gyakorolt hatásában áll a kalcium egyetemes szerepe Földünkön.

A kalcium szerepe a talajban

A növény táplálkozását, életjelenségeit csak akkor érthetjük meg és vizsgálhatjuk abban a reményben, hogy a valóságnak megfelelő helyzetképet tárjuk fel, ha a növényt soha nem

választjuk el a talajtól, melyben él és amelyből táplálkozik. Rendkívül fontos, hogy a talajt mint élettért, mint körülvevő közeget bekapcsoljuk a növénytáplálkozás kutatásába. Ugyiszintén nagy figyelmet kell fordítani a rizoszféra apró élőlényekre, a mikroorganizmusokra is.

A növény a talajjal és a mikroorganizmusokkal együtt szoros egységet alkot, ezért metodikailag helytelen ezeket különválasztva tanulmányozni. A kalcium növényélettani szerepének tisztázása csak akkor lehet elvileg is teljes, ha röviden áttekintjük a kalcium hatását a termőtalajra és benne élő mikroorganizmusokra és csak ezután térünk át a kimondottan növénytani kérdésekre.

A kalcium vegyületei a talaj egyik alkotórészét képezik és nagy szerepük van a talaj fiziko-kémiai tulajdonságainak meghatározásában.

Ismeretes a kalcium szerepe a tartós talajszerkezet kialakításában. A legtermékenyebb talajok egyúttal magas kalcium tartalmukkal is kitűnnek. Podzol és szikes talajok adszorpciós komplexusában azonban a kalcium alacsony mennyiségben található, így ezek a talajok nagy termést csak alapvető agrotechnikai és talajjavítási intézkedések végrehajtása után adhatnak (meszezés, gipszezés, digózás).

A kalcium ionok jelenléte nagymértékben meghatározza a hidrogén ionok koncentrációját, mely megváltoztatja ezeknek a gyökérendszere gyakorolt kedvezőtlen hatását és hatással van a tápanyagfelvételre is.

Ismeretes, hogy a talajsavanyúság jelentősen csökkenthető meszezéssel. A kalcium szerepe azonban itt nemcsak az egyszerű semlegesítésben áll, hanem hatása sokkal bonyolultabb.

D o m o n t o v i c s [1] bebizonyította, hogy búzagyökér növekedése végbemehet igen alacsony pH érték mellett is (pH = 4) — ha a tápoldatban kalcium ionok is vannak jelen. Ez az úgynevezett *ionantagonizmus* jelensége. Ennek következtében bármely élő sejt életfolyamata csak akkor normális, ha megfelelő egyensúly áll be a közegben levő különféle kationok között. A kalcium a maga különleges kémiai és kolloidkémiai aktivitása, valamint a nagy elterjedése miatt különlegesen alkalmas a gyökereket körülvevő közeg fiziológiai egyensúlyának helyreállítására.

Nagymértékben függ pl. a kálium felvehető képessége is a kalciumtól. Bármelyik kation azonban bizonyos mennyiségben felül jelentősen csökkentheti a másik felvehetőségét.

A mikroelemek közül különösen a bór mozgékonyására hat a kalcium. A talajmeszezés gyakorlata már régen bebizonyította, hogy nagyadagú mészes esetben bórhiány figyelhető meg. Ennek oka az, hogy a bór szerves kötésben van jelen, azonban ez a szerves bór vegyület elveszti mozgékonyágát és inaktívvá válik bizonyos határértéket túllépő kalcium koncentrációnál.

A növény táplálkozásánál elsősorban az jön számításba, hogy az adott elem milyen formában vehető fel könnyebben a növény számára.

A legelterjedtebb kalciumvegyületek vízben való oldékonysága igen alacsony. A növény táplálkozásánál az oldatban levő kalcium ionok nem játszanak lényeges szerepet.

G e d r o i c [2] és R a t n e r [9] megállapításai alapján nyilvánvalóvá vált, hogy csaknem kizárólagosan az adszorpciós komplexusban levő Ca ionok jöhetnek számításba a növény kalcium táplálkozásánál.

G e d r o i c kimutatta, hogy a növény élete számára legfőbb elemek közül csak három, a magnézium, a kalcium és kálium fordul elő a talajban kicsérélhető állapotban. Az adszorpciós kötésben levő kalcium általában mindig több, mint a nem adszorpciós kötésben levő. A kálium és a magnézium esetében éppen fordított helyzet figyelhető meg. Ha a talajban nincs kicsérélhető kalcium, akkor a növények nem képesek felhasználni a többi kalciumvegyületet és ennek következtében elpusztulnak.

R a t n e r számtalan kísérlettel bizonyította be a kicsérélhető kalcium kivételes szerepét a növény táplálkozásában. Kimutatta továbbá, hogy az adszorpciós komplexus kalciummal való telítettségi fokától függ — és vele egyenes arányban áll — a növényben levő tehát felszívott kalcium mennyisége.

A növény kalcium táplálkozása szempontjából nem közömbös főleg két ionnak — a hidrogénnek és a nátriumnak — a talajban levő koncentrációja. Itt ugyanis a hidratációs burok nagysága játszik szerepet.

Már ismertettem, hogy a kalcium hidratációs burka sokkal vékonyabb, mint a hidrogéné, vagy a nátriumé. Ezért ez a két ion, ha mennyiségük bizonyos küszöb-értéket átlép, akkor nagymértékben csökkenti a kalcium felvehetőségét. E tekintetben a nátrium nagyobb hatást gyakorol, mint a hidrogén. Tehát főleg két talajnem, a podzolos és szikes talajokon van megnehezítve a kalcium felvétele.

A Szovjetunió szántóterületének 40%-át podzol talajok teszik ki, ezért a szovjet mezőgazdaság számára rendkívül fontos a savanyú talajokon a normális kalciumtáplálkozás. Ez a körülmény váltotta ki, hogy a szovjet szakirodalomban nagy számban találunk talajmeszezéssel és kalciummal foglalkozó cikkeket.

Magyarországon a szikes talajok megjavításának gyakorlata bizonyítja, hogy kalciumot tartalmazó javítóanyagok felhasználása esetén jelentős mértékben javul a növények életképessége és végső esetben a termőképessége. Homokterületeink nagy részén savanyú, mérsékelten szegény homokot találunk. Az *aljírágyázás* további kiszélesítésénél a többi tápanyagelem mellett figyelmet kell fordítani a homoktalajok hasznosítható kalcium készletére és a normális kalciumtáplálkozás biztosítására is. Tehát hazai

viszonylatban szintén aktuális a növény kalcium-táplálkozási kérdésének felvetése.

Az élet kialakulása folyamán a termékeny talajok és a növényvilág fejlődése párhuzamosan, együttesen folyt le. Nagyon érdekes tény, hogy egy és ugyanazon elem tölti be a talaj és növényzet kolloid rendszereinek fő szabályozó szerepét. Ez igen szemléletesen bizonyítja a növényi szervezetek alkalmazkodási képességét, a növény és a környezet egységét.

Röviden összefoglalva tehát a kalcium szerepe a talajban — a növényzet szempontjából — a következők:

1. Kedvező fizikai tulajdonságokat hoz létre.
2. Szabályozza a közegereakciót.
3. Szerepet játszik a többi tápanyag felvehetőségénél.
4. Adszorbeált állapotban a növény kalcium táplálkozásának a forrása.

Kalcium hatása a mikroorganizmusokra

Az idevágó irodalom teljesen megegyezik abban, hogy az alsóbbrendű klorofil nélküli mikroorganizmusok számára kalcium, mint tápanyag, nem szükséges. Az elvégzett kísérletek vita nélkül bebizonyították, hogy a mikroorganizmusok normálisan tudtak fejlődni kalciummentes közegben is.

A mezőgazdasági termelés azonban egész sor olyan tényről társul elénk, melyek gondolkodásra késztetnek.

Bebizonyított tény, hogy talajmeszesítés hatására igen nagymértékben növekszik a gyökérgumók száma a pillangósok gyökerein. Sok utalást találunk arra is, hogy az Azotobakter élettevékenysége, nitrogénmegkötő képessége erősen növekszik kalcium hatására, ugyanezt megfigyelték a többi nitrifikáló baktérium, sőt a foszforbaktériumok esetében is.

Összevetve az elméleti kutatások és a gyakorlat tényeit, bizonyos ellentmondást találunk. Ennek megoldása kétféle lehet: vagy még nincs teljesen tisztázva a kalcium szerepe, vagy pedig csak közvetve hat a talaj apró élőlényekre.

Ez a közvetett tényező mindenképpen érvényben kell, hogy legyen. Egyrészt a talajon keresztül, mint talajsavanyúságot csökkentő tényező játszik szerepet, másrészt pedig a mikrobák számára szintén elengedhetetlen a közeg „fiziológiai egyensúlya” vagyis az egy és kétvegyértékű kationok helyes aránya.

A mikroorganizmusok élettevékenysége következtében keletkezhetnek olyan vegyületek, amelyek nagyobb mennyiségben méregként hatnak magukra a mikrobákra. Ezek a vegyületek rendszerint karboxil csoportot is tartalmaznak. A kalcium ezeket inaktív, az élőlények számára veszélytelen vegyületformává alakítja át, s ily módon lényegileg megtisztítja a közeget.

A kalcium másik közvetett hatása a következőkben áll: kalciumvegyületek hatására a gazdanövény élettevékenysége jelentősen meg-

javul, így az anyagcsere folyamatai intenzívebben folynak le, melynek következtében növekszik a gyökérkiválasztások mennyisége, a gyökérbaktériumok és mikorizák ellátása szervesanyagokkal. Ezáltal aktívabbá válik a mikrobák élettevékenysége is. Tehát a tudomány jelenlegi álláspontja szerint a klorofil nélküli mikroorganizmusok életében a kalcium csak közvetett szerepet játszik.

A kalcium jelentősége a zöld növények számára

Mindenekelőtt egy fontos elvi alaptételt kell lezögezünk: az eddigi adatok tanúsága szerint csak akkor jelenik meg elengedhetetlen kalciumigény a növények törzsfajlására folyamán, amikor egyes alsóbbrendű növényeknél megjelennek a zöldszínű szintestecskék, melyek segítségével a növény önállóan képes szervesanyagot előállítani.

Nagyon érdekes és egyelőre még nem tisztázott kérdés, hogy milyen összefüggés van a fotoszintézis és a kalciumigény megjelenése között. Pl. a lucerna és a rajta élősködő aranka is lényegesen különbözik a kalciumtartalom szempontjából. Az arankában lényegesen kevesebb a kalcium, mint a lucernában.

Tehát a következő összefüggés állapítható meg: A heterotróf és autotróf növényeknél alapvető eltérés mutatkozik a kalciumigény szempontjából. Ugyanakkor, amikor az első csoport normális élettevékenységet folytathat kalciummentes közegben, a második növénycsoport egyedei már kalciumhiány esetén anyagcsere zavarokat mutatnak.

Mint ismeretes, az autotróf növényekre az anyagcsere folyamatainak igen nagyfokú aktivitása jellemző. Képesek szintetizálni és szétbontani szervesanyagot.

A heterotróf növények (gombák, baktériumok) — kevés kivételtől eltekintve — csak kész szervesanyagforrás felhasználásával élhetnek, tehát energiájában dúsabb vegyületeket nem hoznak létre. Szintetikus folyamataikat is csak már kész egyszerű szerves vegyületekből képesek végrehajtani.

Ebből már logikusan lehet következtetni: a kalcium növényélettani szerepe az asszimilációs folyamatokban való részvételen van.

Milyen általános törvényszerűségek figyelhetők meg még a növényvilágban a kalcium elterjedésével kapcsolatban?

A zöld növényeken belül a pillangós virágúak családja kiválik viszonylag igen magas kalciumigényével és ennek következtében kalciumtartalmával. Ez jellemző minden egyes pillangósra, még a csillagfürtre is, mely annak ellenére, hogy a mészszegény talajokat kedveli, lényegesen magasabb százalékos kalciumtartalommal bír, mint a nem pillangós növények. A pillangósokra viszont az intenzív fehérje anyagcsere jellemző. Tehát önkénytelenül bizonyos párhuzam ötlük a szemünk elé. Ez is egy tény,

melyet a mezőgazdasági gyakorlat tár a növény-élettanosok elé.

Minden növényegyeden belül a következő két törvényszerűség képe rajzolódott ki az évtizedek alatt elvégzett sokezer analízis alapján:

1. Minden növénynél a kalcium fő tömege a levelekben, a zöld részekben található meg.

2. Egy és ugyanazon szervben belül viszonylag magasabb a kalciumtartalom az öregebb sejtekben, szövetekben, mint a fiatalokban.

Ez a két tény általános érvényű, mely majdnem kivétel nélkül minden növényre érvényes.

Fiziológiai szempontból igen lényeges, hogy a kalcium milyen kémiai vagy kolloidkémiai kötésben van jelen. Biológiai aktivitása nagymértékben függ a vegyület formájától. Feltétlenül vannak fiziológiailag igen aktív vegyületek, melyek rendszerint vízben oldhatók vagy közvetlen hatást gyakorolnak az élő plazma kolloidrendszerére. A kalciumoxalát vízben és gyenge szerves savakban nem oldódik, tehát az ott lekötött kalcium már nehezebben vehet részt az anyagcsere biokémiai folyamataiban. Ha tehát valóban igazuk van azoknak a botanikusoknak és élettanosoknak, akik a kalcium fő szerepét a szerves savak — nevezetesen az oxálsav — közömbösítésében látják és ha bebizonyosodik, hogy a kalcium túlnyomórészt valóban e vegyület formájában található az élő növényi szervezetben belül, akkor nyilvánvalóvá válik, hogy az anyagcsere főbb folyamataiban nem vesz részt a kalcium.

Az eddigi széleskörben alkalmazott meghatározási módszerek erre a kérdésre nem tudtak választ adni. A kalcium meghatározás általános gyakorlata a következő: A felaprított növényi anyagot elhamvasztják és a hamuból mennyiségileg meghatározzák a kalciumot.

Ez a módszer valóban megfelel az össz-kalcium tartalom meghatározására, de nem ad arra feleletet, hogy a növényen belül valójában milyen vegyületformában volt jelen az illető elem. Az elhamvasztás esetén ugyanis a növényben levő vegyületforma alapvetően megváltozik. K o s z t i c s e v [6] dolgozott ki egy új — elvileg különböző — kalciummeghatározási módszert, melyet S z v e s n y i k o v [12, 13] fejlesztett tovább. Lényege a következő: Különböző oldószerekkel egy és ugyanazon mintaanyagból folyamatosan kioldjuk a különféle kalciumvegyület csoportokat. Az első oldószere a víz: ez kioldja az összes vízben oldható kalciumvegyületet.

Utána 2 n NaCl oldattal az adszorpciós kötésben levő kalciumot oldjuk ki.

A harmadik oldószere: 2 n ecetsav. Ebben feloldódik a kalciumkarbonát, -foszfát és a pektinanyagokban levő kalcium.

Negyedik oldószere: 2 n HCl. Ebben az erős ásványi savban maradék nélkül oldódik a kalciumoxalát. Tehát az itt kioldott kalcium

teljes egészében szerves savakkal volt lekötve a növényben.

Milyen eredményt mutatnak az ezirányban végzett kísérletek?

Példaképpen részletet közlök vörösherevel végzett analízis eredményéből:

A kalciumfrakciók mennyisége az össz-kalcium százalékában.

levél:	$\frac{\text{H}_2\text{O}}$	$\frac{\text{NaCl}}$	$\frac{\text{CH}_3\text{COOH}}$	$\frac{\text{HCl}}$
	36,4%	48,7%	6,6%	8,3%

Az itt bemutatott analízis eredménye nagyon jól tükrözi vissza azt a vegyületforma eloszlást, amely valójában megvan az élő növényen belül.

Azonallátható, hogy az össz-kalciummennyiségének majdnem a felét a nátriumkloridos oldószerral vonta ki. Ez a kalcium az élő sejt protoplazmájával, kolloid rendszerével volt legszorosabb összeköttetésben és arra igen nagy hatást gyakorolt. Tehát e módszer felhasználása lehetőséget ad annak a bebizonyítására, hogy a kalcium a különböző növényrészekben belül is főleg kolloid-kémiai szerepet játszik.

A vízben oldható kalciumfrakció is jelentős részét képezi az össz-kalcium mennyiségének. Ezek a vegyületek viszont a kémiailag aktív kalciumvegyületek csoportját alkotják. A vízben való oldhatóság az adott vegyület kémiai reakcióbalépését könnyíti meg.

A vízben oldható és adszorpciós kötésben levő kalciumvegyületek képezik az ú. n. *fiziológiailag aktív Ca vegyületek* csoportját. A fenti szám-
adatok tanulsága szerint a vöröshere levelében — és ez többé-kevésbé bizonyos eltérésekkel érvényes a többi növényekre is — a kalciumvegyületek legalább 80%-a ilyen fiziológiailag aktív vegyületek formájában van jelen. Ez mindennél ékebben bizonyítja, hogy a kalcium fiziológiai szerepe nem a szerves savak közömbösítésében áll — hiszen a kalciumoxalát mennyisége jelen esetben mindössze 8,3% — hanem aktívan részt vesz a növényi anyagcsere bonyolult folyamataiban. Az ilyen frakcionált kalcium meghatározási módszer eredményei megmutatták, hogy az oxálsavval való vegyületforma feltétlenül megtalálható minden növényben és természetes, hogy a kalcium a legalkalmasabb a szerves savakkal való vegyületképzésre, mivel nagy mennyiségben fordul elő, kétvegyértékű és kémiailag igen aktív. A szerves savakkal való egyesülés is feltétlenül a kalcium fiziológiai szerepének egy részét képezi, azonban ez a szerep nem kizárólagos.

Miután bebizonyosodott, hogy a kalcium a növényi sejteken belül a legkülönbözőbb — de főleg fiziológiailag aktív — vegyületek formáiban van jelen, önkénytelenül felvetődik a kérdés: vajjon ezek a vegyületformák többé-kevésbé állandóak-e a növényi sejt élete folyamán, vagy pedig képesek átalakulni az anyagcsere igényeinek megfelelően minden növekedési

és fejlődési szakaszban és a legmegfelelőbb vegyületformába átváltoznak-e? Tehát a kalciumvegyületek formáinak van-e dinamikája?

E célból a következő kísérletet végeztük: kalciummentes közegben borsót csíráztattunk és 15 napig neveltük. A külső közegből a kalciumfelvétel szünetelt, csak a magban meglevő kalciumvegyületek alakulhattak át.

Meghatároztuk a kalciumvegyületek formáit a magban, majd 5-10-15 napos csírázás után.

A csírázás egyike azoknak a periódusoknak a növény életében, amikor az anyagcsere folyamatai hihetetlenül felgyorsulnak, az életműködés élénksége többeszeresére fokozódik.

Az elvégzett kísérletek eredményei azt mutatták, hogy a csírázás ideje alatt a kalciumvegyületek is nagyon mély, alapvető változáson mennek át. Szó sincs arról, hogy a vegyületformák aránya változatlan marad. Magában a magban kb. egyforma arányban van képviselve minden vegyületcsoport, de a csírázás további folyamán a vízben oldható és adszorpciós kötésben levő kalciummennyisége igen gyorsan növekszik, a másik kettő pedig erősen csökken.

Ez is azt bizonyítja, hogy az életfolyamatok aktivizálódásával egyidejűleg a kalciumvegyületek is alapvető változáson mennek keresztül. Főképpen a fiziológiailag aktív vegyületcsoportok aránya növekszik.

A kalcium nagy növényéletteni jelentőségét jellemzi a következő tény is. Ismeretes, hogy a növényi protoplazma három rétegből áll: a két határhártyából (plazmolemma és tonoplast) és a közöttük levő viszonylag vastag mezoplazmából. A határhártyák kialakulása döntő jelentőségű a sejtek víz- és tápanyagfelvétele szempontjából. Hiányukban egyszerűen nem mehet végbe normális anyagcsere az élő protoplazma és a környezet között.

Bebizonyított tény az, hogy a határhártyák kialakulása csak kalciumionok jelenlétében lehetséges [11]. Tehát a kalcium elengedhetetlenül szükséges, hogy a sejt protoplazmája a normális élettevékenységhez szükséges szerkezettel bírjon. Jelen esetben a kalcium feltétlenül kolloidkémiai hatást gyakorol és így szerepe az élővilág szempontjából felbecsülhetetlen.

Nagyon keveset tudunk egyelőre arról, hogy az anyagcsere főbb folyamataiban, a szénhidrát, fehérje és zsírsav anyagcserékben, azoknak a biokémiai folyamataiban közvetlenül milyen szerepet játszik a kalcium. Elég sok adat áll rendelkezésünkre, mely bizonyítja, hogy a kalcium bizonyos koncentráción túl bizonyos mértékig hat ezekre a biokémiai reakciókra, azonban a hatásmechanizmus egyelőre nem ismert.

A szénhidrát anyagcsere a növény metabolizmusának alapját képezi. Ez adja a kiinduló anyagot a fehérjék, zsírok és más bonyolult vegyületek képződéséhez. Itt energia elraktározás is történik egyben. A kloroplasztokban

— Rabinovich [8] adatai alapján — 6,15% kalcium van, míg magnézium csak 1,99%, vas 0,44%.

Ezek bizonyítják, hogy a széndioxid és az energialekötés folyamataiban a kalcium jelenléte elengedhetetlen.

Sokan vizsgálták már, hogy a kalcium-sók hatnak-e fotoszintézisre (Komiszszarov [5], Szvesnyikov [12], Usztenko [14]). Ezek az adatok azt bizonyítják, hogy bizonyos optimális koncentráció mellett igen jelentősen emelik a kalciumvegyületek a fotoszintézis intenzitását.

Saját kísérleteinkben pedig az bizonyosodott be, hogy a kukorica csírázásakor kalciumionok jelenléte meggyorsítja a keményítő lebontását és erősen növeli a keletkező szacharóz mennyiségét.

Bebizonyított, hogy kalcium jelenléte feltétlenül szükséges és elengedhetetlen az intenzív szénhidrát-anyagcsere lefolyásához. Pontosan és konkrétan nem tudjuk megmondani, hogy ez csak a kolloidikai szerepe korlátozódik-e, vagy pedig egyéb biokémiai folyamatokban is részt vesz-e. Mindenesetre az utóbbi időben mindjobban nyilvánvalóvá válik a szerves savak nagy szerepe a legkülönbözőbb élettani folyamatokban, többek között a fotoszintézis esetében is. Könnyen lehetséges, hogy ezekhez a szerves savakhoz kapcsolódik a kalcium és így részt vesz a legkülönbözőbb biokémiai folyamatokban. Természetesen ezenkívül döntő jelentőséggel bír még az adszorpciós-komplexusban levő kalcium mennyisége is, habár ezt a két vegyületformát nem lehet egymástól elválasztani, azok feltétlenül kölcsönösen átalakulnak egymásba.

Rövidesen rá szeretnék mutatni még egy-két területre, ahol a kalcium szerepe már szintén bebizonyított.

A gyökerek viszonylag kevés kalciumot tartalmaznak, viszont ennek ellenére kalciumhiány esetén a gyökérnövekedés erősen stagnál, nem fejlődnek hajszálgyökerek, a sejtfal pedig megbarnul, nyálkásodik.

Kalciumban szegény talajokon végrehajtott meszezés esetén szembetűnő a gyökérrendszer mennyiségi növekedése és a tápanyagfelvőképességének aktivizálódása. Ez némiképpen kapcsolatban van azzal, hogy a sejtfaalak szilárdságát megadó pektin-anyagok kalciummal alkotott vegyületei biztosítják a normális sejtfastruktúrát.

De a kalcium szerepe nemcsak ebben merül ki, hanem az élettani folyamatok bizonyos aktivizálásában is.

A levelekben keletkezett fotoszintetikus termékek a floemán keresztül jutnak el a növényi-szervezet többi részébe. A floema élő plazmájának élettevékenységétől nagyban függ a belső anyagcsereforgalom, a gyökerek, magkezdemények tápanyag ellátottsága. Bebizonyosodott,

hogy kalciumhiány esetén a floema élő sejtjei elhalnak, tehát a tápanyag-körforgalom erősen lecsökken vagy teljesen szünetel.

Mind több és több adat bizonyítja, hogy a kalcium hatása erősen függ a sejten belüli koncentrációjától. Bizonyos kalciummennyiség a szintetikus folyamatoknak kedvez, a további növekedése pedig ellenkezőleg, a hidrolitikus folyamatokat segíti elő.

Párhuzam figyelhető meg a fermentatív folyamatok iránya és a kalciumkoncentráció között. Vagyis a kalciumkoncentráció növekedése a disszimilációs folyamatoknak kedvez. Maga a természet a következő közismert bizonyítékot tárja elénk.

A magok kalciumtartalma a legalacsonyabb a többi szervhez viszonyítva. A csíra és az endosperma vagy a szikleveél igen intenzív szintetikus folyamatok hatása alatt alakul ki. Csírázáskor éppen ellenkezőleg, először a hidrolitikus folyamatok dominálnak, a saját kalciumtartalom viszont alacsony. Minden csírázó mag ezért nagyfokú kalciumigényt támaszt és teljes kalciumhiány esetén a csíra elpusztul mielőtt még saját szervesanyagkészletét felhasználta volna.

Tehát a hidrolitikus folyamatok növekedése együtt jár a kalciumigény növekedésével is.

Fiatal, főleg szintetizáló plazma, kevesebb kalciumot tartalmaz, mint az öreg plazma, melyben a disszimiláció jobban érvényre jut.

Egyes irodalmi adatok [10] ilyen irányú átértékelése is alátámasztja azt a feltevést, hogy minden adott sejten vagy szervben belül bizonyos kalciumkoncentráció a szintetikus folyamatoknak kedvez, e koncentráció további növekedése azonban már ellentétes hatást fejt ki.

Az elmondottak bizonyítják, hogy az az elem, melynek élettani szerepe annyira lebecsült egész sor biológiai folyamatban fontos — és sok más esetben nem tisztázott — szerepet tölt be.

Az új agrotechnikai módszerek alkalmazása és a nagyobb terméseredmények érdekében végzett kísérletek megkívánják, hogy a növény-táplálkozási kérdések az őket megillető helyet

foglalják el. Ezeknek tisztázása csak kollektív kutatómunka keretében mehet végbe, agrofiziológusok, talajtanosok, mikrobiológusok, agrokémikusok, biokémikusok összmunkájával.

Minden agrotechnikai módszer értékét az dönti el, hogy segítségével végsőfokon képesek vagyunk-e döntően — a mi érdekünkben megfelelően — megváltoztatni, megjavítani, a növény táplálkozását. Az élet számára feltétlenül fontos elemek között helyet foglal a kalcium is, melynek valódi növényfiziológiai szerepéről ma még viszonylag elég keveset tudunk.

LÁNG ISTVÁN

Érkezett: 1936. március 15.

Irodalom

- [1] Domontovics, M. K.: Naucsno-agr. Zsurnal 3. 189. 1930.
- [2] Gedroic, K. K.: Pocsvennih pogloscsajuscij komplex, raszténia i udobrenijaja. Szelhozgiz. Moszkva. 1936.
- [3] Ivanov, L. A.: Fiziológia rasztenij. Goszlesztyehizdat. Moszkva. 1936.
- [4] Ivanovszkij, D. I.: Fiziológia rasztenij Goszizdat. Moszkva. 1924.
- [5] Komisszarov, D. A.: Trudi Inszt. Fiz. Raszt. 1. 149. 1937.
- [6] Koszticsev, Sz. P.: Fiziológia rasztenij. Szelhozgiz. Moszkva. 1937.
- [7] Makszimov, N. A.: Kratkij kursz fiziológii raszténij. Szelhozgiz. Moszkva. 1948.
- [8] Rabinovich, E. I.: Fotoszintez I. Izd. Ak. Nauk. Moszkva. 1952.
- [9] Ratner, E. U.: Mineralnoe pitanie rasztenij poglotitelnaja szposzobnoszt pocsvü. Izd. Ak. Nauk. Moszkva. 1952.
- [10] Sesztakov, A. G.: Dokl. Moszk. Ord. Lenina sz/h. Ak. im. Tim. 7. 65. 1948.
- [11] Szabinyin, D. A.: Mineralnoje pitanie raszténij. Izd. Ak. Nauk. Moszkva. 1940.
- [12] Szvesnyikov, A. M.: Agrobiológia 5. 124. 1953. 3. 110. 1952.
- [13] Szvesnyikov, A. M.: Agrobiológia No 5. 1952.
- [14] Usztenko, G. P.: Dokl. A. N. SzSzsZR. 32. 658. 1941.