

## A fény hatása a kalcium felvételére és anyagcseréjére

KASTORI RUDOLF

*Novi Sad-i Egyetem Mezőgazdasági Karának, Talajtani és Növénytalajpláztani Tanszéke, Novi Sad (Jugoszlávia)*

A fény hatását az ion felvételére különböző növényeknél számosan tanulmányozták [1, 3, 4, 16, 18]. Általános fel fogás, hogy az anyagfelvétel intenzitása a fénynek megfelelően változik, azonban az egyes ionok és különböző növények között jelentős eltérés észlelhető. E problémával kapcsolatosan felvetődik a kérdés: vajon a fény csak az ionok felvételét, vagy azok anyagcseréjét is befolyásolja-e? Ré góta ismeretes, hogy a kalcium a növény- sejtekben különféle vegyületek formájá- ban van jelen. Kevésbé ismeretes azon- ban, hogy ezek a vegyületformák állandók- e a növényi sejt élete folyamán, vagy pedig különböző tényezők hatására vál- toznak. E probléma közelebbi megvilá- gítása céljából tanulmányoztuk a fény hatását a kalcium felvételére és anyagcse- réjére fiatal búza és kukoricánövényeknél.

### Kísérleti rész

A kísérleti növényeket vízkultúrában REID és JORK [17] tápoldatban tenyész- tettük 20 napig. Ezután a növényeket klímakamrába helyeztük át, és különböző fényintenzitással kezeltük. A növények egy részét sötétben, másik részét 10 000 lux, és a harmadik részét viszont 25 000 lux erősségű megvilágításban tartottuk. A többi feltétel egyforma volt: a hőmérséklet 20 °C, a levegő relatív nedvesség- tartalma 65%, a levegő áramlása 1 m/sec- nak felel meg. A növények a klímakamrá- ban mindössze 48 óra hosszát voltak. A radioaktív kalciumot a tápoldatba 24 órá- val a növényeknek a klímakamrába való áthelyezés után adtuk hozzá  $^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  formájában. Az oldat aktivitása 2 mikro- curie/l liter volt.

A kalcium egyes frakcióit a növény- mintákból PETROV-SZPIRIDONOV [13] által leírt módszerrel extraháltuk. Az oldatok- ból a kalciumot tömény ammóniumoxalát oldattal csaptuk le (LINSER és KAINDL [9]). A csapadékot a szűrőpapírral együtt

hamvasztókemencében elhamvasztottuk, és a hamuból preparátumokat készítettünk, melyek radioaktivitását GM cső segit- ségével mértük.

A kalciumfrakciók meghatározásakor vízben, 2 n nátriumnitrátban, 2 n ecet- savban, és 2 n sósavban oldható kalcium- formákat vettünk figyelembe. A vízzel történő extrahálás útján a könnyen old- ható, tehát jórészt ionos állapotú kalcium vált ki. Nátriumnitrát oldat segítségével az adszorpciós kötésben levő kalcium, az ecetsavval való digesztáláskor viszont a karbonáthoz, foszfáthoz és pektinhez kötött kalcium oldódott. Végül is a 2 n sósavval a hátramaradt nagyobb részt nehezen oldható szerves savakkal sótképző kalcium extrahálódott. Az alkalmazott módszer részletes leírása KASTORI [6] közleményében található meg.

Szükséges megemlítenem, hogy GARZ [2] szerint a pektinhez kötött kalcium legnagyobb része könnyen kieserülhető, vagyis nátriumnitrát oldat segítségével kioldható, ami eltér az eddigi felfogástól, amely szerint a pektinhez kötött kalcium az ecetsavval történő extraháláskor válik ki. GARZ eredményei azonban a borsó- magban levő kalcium frakcionálására vo- natkoznak, és nem bizonyos, hogy ez a növények vegetatív szerveiben levő kal- cium frakcionálásakor is érvényes.

A kísérletet háromszor ismételtük meg húsznapos búzával (San Pastore) és kuko- ricával (Kansas, 1853).

### Kísérleti eredmények

Az 1. és 2. táblázatban feltüntetett adatokból kielemezhető, hogy a kalcium felvétele a fény hatására mind a két növényfajtnál erősen növekedett. A fény pozitív hatását a kalcium felvételére már több kutató ismertette [8, 12, 14].

Érdekes azonban, hogy a kukoricánál és búzánál a fény hatására a kalcium felvétele hozzávetőlegesen egyforma arány-

## 1. táblázat

## A fény hatása a kalcium felvételére és anyagcserejére fiatal búza növényeknél

(1) Kezelés	(2) mg Ca/100 g szárazanyagban				
	(3) Összesen	(4) Szabad	(5) Kötött		
		(6) ionos állapotú	(7) adszorpció- san	(8) szervetlen só- alakjában és pektinhez	(9) szerves savakhoz
Sötétség .....	47,23	25,44	16,67	4,59	0,53
Relatív .....	100,00	53,86	35,29	9,71	1,12
10 000 lux ....	75,14	47,16	19,30	8,09	0,59
Relatív .....	100,00	62,76	25,68	10,76	0,78
25 000 lux ....	153,97	101,13	36,41	14,84	1,59
Relatív .....	100,00	65,68	23,64	9,63	1,03

ban növekedett, vagyis mind a két esetben kb. háromszorosára nőtt.

A különböző intenzitású fény hatással volt nemcsak a kalcium felvételére, hanem annak anyagcserejére is. Sötétben végbemenő felvételkor viszonylag kevesebb kalcium maradt könnyen oldható, ionos állapotban, mint a tízezer vagy a huszonötezer luxos megvilágításnál. Az adszorpciósan kötött és a nehezen oldható kalciumfrakciónál fordított az eset. Azokban a növényekben, amelyek sötétben vették fel a kalciumot az adszorpciósan és a szerves savakhoz kötött kalcium mennyisége relatíve nagyobb, mint a megvilágított növényekben. Jelentősebb különbség a kalcium anyagcserejében a fény hatására a búza és a kukorica növények között nem észlelhető.

Elteltekintve a kezelés módjától, a búza és kukorica növények vízben oldható és az adszorpciós kötésben levő kalciumja jelentős részét képezi az összkalcium mennyiségének. E két frakció aktív szerepet visz az anyagcserejében. Az 1. és 2. táblázatban feltüntetett adatok többé-kevésbé bizonyos eltérésekkel érvényesek más növényekre is. A vízben oldható és adszorpciós kötésben levő kalcium jelentőségét hangsúlyozza az a tény, hogy a esztrázás idején, amikor az anyagcsere felgyorsul, LÁNG [7] kutatásai szerint a kevésbé kötött állapotú kalcium aránya erősen növekszik. KASZTORI [5] adatai alapján a növények öregedésével a vízben oldható kalcium mennyisége csökken, és a nehezen oldható szerves savakkal sötét képző kalcium mennyiségi aránya növekszik, ami szintén alátámasztja a könnyen old-

ható kalcium frakciók fontos növényélet-tani szerepét az intenzív növekedés és fejlődés szakaszában.

## Az eredmények értékelése

Az életfolyamatok lebonyolítására energiára van szükség. A zöld növények a fotoszintézis, vagyis a fotofoszforilálás útján a fényenergiát kémiai energiává változtatják, energiában gazdag vegyületet, ATP képezve, amely energiaforrásként szolgál a legtöbb életfolyamatnál. Ebből következik, hogy mindazok az életfolyamatok, amelyekhez energiára van szükség, közvetlenül vagy közvetve függenek a fényenergia kémiai energiává való átalakulásától.

Ha elfogadjuk az ionok aktív felvételéről mindinkább elterjedt felfogást, vagyis az említett hipotézist, akkor természetesen elvárható, hogy az ionok felvételét a fény intenzitása befolyásolja. Tény azonban, hogy az anyagfelvétel sötétben nem szakad meg, csak meglassul. Ez azért lehetséges, mert az anyagfelvételkor a légzés során felszabadult energia és nem közvetlenül a fotofoszforiláció útján megkötött energia használódik fel. Még a harmincas évek elején LUNDEGARDH [10, 11] és STEWARD [19] rámutattak a légzés és az anion felvétel kapcsolatára. A legújabb kutatások eredményei az ionok felvételének mechanizmusáról szintén bizonyítják a légzés és az anyagfelvétel szoros kapcsolatát. Nem szabad azonban figyelmen kívül hagyni, hogy a fény a légzési folyamatokra közvetlen hatással is lehet, ami abban nyilvánul meg, hogy a légzési

2. táblázat

A fény hatása a kalcium felvételére és anyagcseréjére fiatal kukorica növényeknél

(1)  Kezelés	(2) mg Ca/100 g szárazanyag				
	(3)  Összesen	(4) Szabad	(5) K ö t ö t t		
		(6) ionos állapotú	(7) adszorpciós	(8) szervesetlen sóak alakjában és pektinhez	(9) szerves savakhoz
Sötétség .....	16,03	8,14	6,64	1,06	0,19
Relatív .....	100,00	50,78	41,42	6,61	1,18
10 000 lux ....	35,98	19,97	13,50	2,20	0,31
Relatív .....	100,00	55,50	37,52	6,11	0,86
25 000 lux ....	55,08	34,88	16,26	3,54	0,40
Relatív .....	100,00	63,32	29,52	6,42	0,72

rendszert fotokémiailag befolyásolja, a légzési enzimeket aktiválja vagy gátolja.

RACSINSKI és SZINJUHINA [15] a fény hatását az ionok felvételére a szerves anyag szintézisével hozzák kapcsolatba. Ezzel a magyarázattal azonban csak részben lehet megindokolni a fény hatását az ionok felvételére. Annál is inkább, mert a fény hatására nemcsak az építőelemek, hanem az ionhatású elemek felvétele is növekszik. Az említett okból kifolyólag a fény hatását az ionok felvételére elsősorban e folyamat endoenergetikus jellegében kell keresni.

A fény nemcsak a kalcium felvételét, hanem annak anyagcseréjét is befolyásolta. Különösen szembetűnő az adszorpciós kötésben levő kalcium mennyiségének viszonylagos növekedése a sötétben kezelt növényeknél. E kalciumfrakció van az élő sejt protoplazma kolloid rendszerével a legszorosabb összeköttetésben és arra igen nagy hatással van. Az adszorpciós kötésben levő Ca-frakció fontos élet-tani szerepével magyarázható, hogy a sötétben kezelt növényeknél a felvett kalcium viszonylagosan nagyobb része van kolloidkémiai kötésben. A vízben oldható kalciumfrakció minden bizonnyal a fiziológiailag aktív kalcium tartalékát képezi, amelynek mennyisége kedvezőtlen felvételi viszonyok esetén csökken.

PETROV-SZPIRIDONOV [13] adatai alapján egy nap leforgása alatt ugyanazon növényeknél az egyes kalciumfrakciók aránya lényegesen változik. Éjjel sötétben jelentősen növekszik a nehezen oldható kalcium mennyisége, amit részben e dolgozatban feltüntetett adatok is alá-

támasztanak. Ettől sokkal lényegesebb az a megállapítás, hogy a kalcium vegyületformái külső tényezők hatására, viszonylag rövid idő alatt képesek az anyagcseré igényeinek megfelelően átalakulni.

Összefoglalás

A fénynek a kalcium felvételére és anyagcseréjére, a fiatal búza és kukorica növényeknél gyakorolt hatását vizsgáltuk.

A fény hatására mind a két növényfajtánál a kalcium felvétele nagymértékben növekedett. Eltekintve a kezeléstől, a felvett kalcium mennyisége a búzánövényeknél majdnem háromszor volt nagyobb, mind az ugyanolyan korú kukoricánövényeknél.

A különböző intenzitású fény hatással volt a kalcium anyagcseréjére is. A sötétben kezelt növényeknél viszonylagosan több kalcium volt adszorpciós kötésben és kevesebb vízben oldható ion formában, mint a megvilágított növényeknél.

A fény hatása a kalcium felvételére és anyagcseréjére a búza és a kukorica növényeknél hozzávetőlegesen azonos volt. Mind a két növényfajtánál, függetlenül a kezeléstől, a kalcium legnagyobb része, kb. 90%-a, fiziológiailag aktív vegyületek formájában volt jelen.

Irodalom

- [1] BURRIDGE, J. C., LOCKARD, R. G. & ACQUAFE, D. K.: The levels of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium in leaves of *Cac o* as affected by shade, fertilizer, irrigation and season. *Ann. Bot.* 28. 401-416. 1964.
- [2] GARZ, J.: Menge, Verteilung und Bindungsform der Mineralstoffe (P, K, Mg und Ca) in den Legumi-

- nosensamen in Abhängigkeit von der Mineralstoffumlagerung innerhalb der Pflanze und den Ernährungsbedingungen. *Kühn Archiv*. **80**. 137–194. 1966.
- [3] GUNAR, I. I., KRASINA, E. E. & PETROV-SPIRIDONOV, A. E.: Periodicity in Absorption and Excretion by Roots. Peaceful Uses of Atomic Energy, Proc. Second. Intern. Conf., Genf. **27**. 74–84. 1958.
- [4] KAUSCH, W. & HAAS, W.: Chemische Unterschiede zwischen Sonnen- und Schattenblättern der Blutbuche (*Fagus sylvatica* L. ev. *Atropunicea*). *Naturwiss.* **52**. 214–215. 1965.
- [5] KASTORI, R.: Promena sadržaja pojedinih oblika kalcijuma u secernoj repi i kukuružu u toku vegetacije. *Zem. i bilj.* **14**. 145–152. 1965.
- [6] KASTORI, R.: Radiometrische Bestimmungen von Calciumfraktionen in Pflanzenmaterial. *Landw. Forsch.* **19**. 122–127. 1966.
- [7] LÁNG, I.: A kalcium növényélettani szerepéről. *Agrokémia és Talajtan*. **5**. 283–288. 1956.
- [8] LINSER, H. & FARRAHI-ASCHTIANI, S.: Einfluss von Licht und Dunkelheit auf die Nährstoffaufnahme etiolierter und grüner Pflanzen. *Z. Pfl. Ernähr. Düng.* **110**. 26–35. 1965.
- [9] LINSER, H. & KAINDL, K.: Isotopen in der Landwirtschaft. Springer, Hamburg-Berlin, 1960.
- [10] LUNDEGARDH, H. & BURSTRÖM, H.: Untersuchungen über die Salzaufnahme der Pflanzen. III. Mitt. Quantitative Beziehungen zwischen Atmung und Anionenaufnahme. *Biochem. Z.* **261**. 235–251. 1933.
- [11] LUNDEGARDH, H. & BURSTRÖM, H.: Untersuchungen über die Atmungsvorgänge in Pflanzenwurzeln. *Biochem. Z.* **277**. 223–249. 1935.
- [12] NOSZER, M., PETROV-SPIRIDONOV, A. E.: Vlijanje temperaturi, zatemenija i pH pitateljnovo rastvora na pogloscenie elementov mineralnovo pitanija, szoderzsanie szaharov i szvobodnih aminokiszlot u kukuruži i goroha. *Izv. T. Sz. H. A.* (1) 59–70. 1965.
- [13] PETROV-SPIRIDONOV, A. E.: O raszpredelenii i reutilizaciji kalcija v rasztenijah. *Izv. T. Sz. H. A.* (6) 73–82. 1962.
- [14] RACSINSKI, V. V.: Vlijanje intenzivnosti szveta na posztuplenie mineralnih vcesestv v rasztenijah, opiti s izotopami natrija-24, kalcija-45 i zseleza-59. *Izv. T. Sz. H. A.*, (4) 206–209. 1964.
- [15] RACSINSKI, V. V. & SZINJUHINA, L. A.: Primenija izotopnovo metoda v izsledovanii vlijanija intenzivnoszti szveta na posztuplenie mineralnih vcesestv v rasztenijah. *Izv. T. Sz. H. A.*, (2) 83–98. 1956.
- [16] RIESSEMANN, R.: Der Mineralstoffwechsel grüner und etiolierter Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung der Mg un Chlorophyllbildung. *Planta*. (2) 195–246. 1930.
- [17] REID, P. H. & JORE, E. T.: Effect of nutrient deficiencies on growth and fruiting characteristics of peanuts in sand cultures. *Agron. J.* **50**. 63–67. 1958.
- [18] SARIĆ, M. & ČURČIĆ, R.: Uticaj svetloszti na intenzitet uszvajanja foszfora kod pšenice. *Zem. i bilj.* **11**. 539–544. 1962.
- [19] STEWARD, F. C.: The absorption and accumulation of solutes by living plant cells. *Protoplasma*. **18**. 208–209. 1933.

Érkezett: 1969. február 2.

## Effect of Light on Calcium Uptake and Metabolism

R. KASZTORI

Institute for Soil Science and Plant Nutrition of the Agricultural Faculty of the Novi Sad University, Novi Sad (Yugoslavia)

### Summary

The effect of light on calcium uptake and metabolism was studied. The experiment was carried out with 20-day-old wheat and corn plants in climatized chambers by the application of  $^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . The experiment comprised three treatments: darkness, light intensity of 10 000 luxes and light intensity of 25 000 luxes. The calcium fractions were dissolved with various solvents (water, 2N  $\text{NaNO}_3$ , 2N  $\text{CH}_3\text{COOH}$  and 2N  $\text{HCl}$ ) by the continuous extraction of the same sample material. The water dissolved the ionic calcium, the 2N sodium nitrate the calcium in adsorption bond, the 2N acetic acid the calcium carbonate-phosphate and the calcium in the pectine materials and the 2N hydrochloric acid the calcium forming hardly soluble salts with organic acids. From the results of the experiment, that are quoted in Tables 1 and 2, the following conclusions may be drawn.

Light considerably increased calcium uptake by both kinds of plant. Regardless of the treatment, the quantity of calcium taken up by young wheat plants was almost three times larger than quan-

tity taken up by corn plants of the same age.

The light of varying intensity had an effect also on calcium metabolism. In the case of plants treated in darkness a relatively larger quantity of calcium was in adsorption bond and a smaller quantity in the form of water-soluble ions than in the illuminated plants.

Light had approximately the same influence on the calcium uptake and metabolism of wheat and corn plants. Independently of the treatment, the largest part, approximately 90%, of the calcium was present in the form of physiologically active compounds.

*Table 1.* Effect of light on the calcium uptake and metabolism of young wheat plants. [1] Treatment. [2] mg Ca/100 g of dry matter. [3] Total. [4] Free. [5] Bound. [6] Ionic. [7] In adsorption bond. [8] Bound in the form of inorganic salts and to pectine. [9] Bound to organic acids.

*Table 2.* Effect of light on the calcium uptake and metabolism of young corn plants. [1] to [9] See: Table 1.

## Wirkung des Lichtes auf die Aufnahme und den Stoffwechsel des Kalziums

R. KASZTORI

Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Novi Sad, Novi Sad (Jugoslawien)

### Zusammenfassung

Die Wirkung des Lichtes auf die Aufnahme und den Stoffwechsel des Kalziums wurde studiert. Der Versuch wurde mit 20 Tage alten Weizen- und Maispflanzen mit Anwendung von  $^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  in einer Klimakammer durchgeführt. Zur Lichtbehandlung wurden drei Varianten eingestellt: vollkommene Dunkelheit, sowie eine Lichtintensität von 10 000 und 25 000 Lux. Die Kalziumfraktionen wurden durch eine kontinuierliche Extraktion mit verschiedenen Lösemitteln (Wasser, 2N  $\text{NaNO}_3$ , 2N  $\text{CH}_3\text{COOH}$  und 2N  $\text{HCl}$ ) gewonnen. Dabei hat das Wasser die Ca-Ionen, das 2N  $\text{NaNO}_3$  das durch Adsorptionskräfte gebundenes Ca, die 2N Essigsäure das in Form von Kalziumkarbonat-phosphat und in den Pektinstoffen gebundene Kalzium, und die 2N Salzsäure das mit organischen Säuren schwer lösliche Salze bildende Kalzium extrahiert. Aus den Versuchsergebnissen können — wie dies in Tab. 1. und 2. auch zu sehen ist — die nachstehenden Folgerungen gezogen werden:

Auf Einwirkung des Lichtes stieg die Aufnahme des Kalziums bei beiden Pflanzenarten stark an. Die Menge des aufgenommenen Kalziums war aber bei den Weizenpflanzen das dreifache derjenigen der gleichalten Maispflanzen.

Das Licht von verschiedener Intensität wirkte auch auf den Ca-Stoffwechsel aus. Bei den in Dunkelheit gehaltenen Pflanzen war verhältnismässig mehr Kalzium mit Adsorptionskräften gebunden, und die Fraktion der wasserlöslichen Ca-Ionen war geringer, als bei den belichteten Pflanzen.

Die Wirkung des Lichtes auf die Aufnahme und den Stoffwechsel des Kalziums war bei den Weizen-, sowie bei den Maispflanzen annähernd gleich. Der grösste Anteil des Kalziums — ungefähr 90% — war bei beiden Pflanzenarten unabhängig von den Behandlungen in Form von physiologisch aktiven Verbindungen zugegen.

*Tab. 1.* Wirkung des Lichtes auf die Aufnahme und den Stoffwechsel des Kalziums bei jungen Weizenpflanzen. [1] Behandlung; [2] mg Ca/100 g Trockensubstanz; [3] insgesamt; [4] freies und [5] gebundenes Ca; [6] Ca-Ionen; [7] durch Adsorptionskräfte gebundenes Ca; [8] in Form von anorganischen Salzen und in Pektinstoffen gebundenes Ca; [9] an organische Säuren gebundenes Ca.

*Tab. 2.* Wirkung des Lichtes auf die Aufnahme und den Stoffwechsel des Kalziums bei jungen Maispflanzen. [1]—[9] s. Tab. 1.

## Влияние освещения на усвоение кальция и на его метаболизм

Р. КАСТОРИ

Ново-садский Университет, Агробиологический факультет, кафедра почвоведения и питания растений, Новый-Сад. (Югославия)

### Резюме

Автор изучал влияние освещения на усвоение кальция и его метаболизм. Опыт проводился с 20-ти дневными кукурузой и пшеницей, помещенных в климатическую камеру, с применением  $^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . Опыт проводился в трех вариантах: в темноте, при интенсивности освещения 10 000 люкс и 25 000 люкс. Фракции кальция различными растворителями (водой, 2 н.  $\text{NaNO}_3$ , 2н.  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и 2н.  $\text{HCl}$ ) постепенным экстраги-

рованием растворялись из одного и того же образца. Водой вымывался кальций, находящийся в ионном состоянии, 2н. нитратом натрия адсорбированный кальций, 2н. уксусной кислотой — кальций, образующий труднорастворимые соединения в  $\text{CaCO}_3$ -фосфате и пектиновых веществах, 2н.  $\text{HCl}$  вымывался кальций, образующий труднорастворимые соединения с органическими кислотами. На основании полу-

ченных данных, которые приводятся в таблицах 1 и 2, можно сделать следующие заключения:

Свет в значительной степени повышает усвоение кальция обоими растениями. Абстрагируясь от вариантов, количество кальция усвоенное молодыми растениями пшеницы было почти в три раза больше, чем количество кальция усвоенное кукурузой того же возраста.

Освещение различной интенсивности влияло и на кальциевый метаболизм. У растений, находящихся в темноте было относительно больше адсорбционно-связанного кальция и меньше воднорастворимого, находящегося в ионной форме, кальция, по сравнению с освещенными растениями.

Влияние света на усвоение кальция и

его метаболизм у кукурузы и пшеницы было приблизительно одинаковым. У обоих растений, независимо от вариантов, большая часть кальция, приблизительно 90%, присутствовала в форме физиологически активного соединения.

*Табл. 1.* Влияние освещения на усвоение кальция и его метаболизм в молодых растениях пшеницы. (1) Варианты. (2) Ca в мг/100 г сухого вещества. (3) Всего. (4) Свободного. (5) Связанного. (6) В ионном состоянии. (7) Адсорбированного. (8) В форме минеральных солей и в пектиновых веществах. (9) В труднорастворимых соединениях органических кислот.

*Табл. 2.* Влияние освещения на усвоение кальция и его метаболизм в молодых растениях кукурузы. (1)–(9) смотри таблицу 1.