

## Alacsony hőmérséklet hatása rizsgyökerek ionfelvételére

ZSOLDOS FERENC

József Attila Tudományegyetem Növényélettani Tanszéke,  
Szeged

Ismeretes, hogy a környezeti tényezők pl. hőmérséklet, pH- és fényviszonyok stb. a növények tápanyagfelvételét jelentős mértékben befolyásolják. E kérdéssel kapcsolatban részletes adatokkal szolgálnak BARR [1], SÁRIC és CURIC [8], de különösen SUTCLIFFE [11]. A külső faktorok közül a hőmérséklet, egyes fagyérzékeny növényeknél különösen fontos szerepet játszik. Ide tartozik pl. a rizs is, amelynél az egész vegetációs periódusnak teljesen fagymentesnek kell lenni. A sikeres rizstermesztésnek tehát egyik nagyon fontos feltétele a megfelelő hőmérséklet.

A rizst az északi féltekén kb. 47° -ig (Magyarország), míg a délin mintegy 30° -ig (Uruguay) lehetséges termesztetni. Azonban a szélsőségesen változókéony időjárás még az említett zónákon belül is közvetlenül (kifagyás), vagy közvetve (megkésett vetés) jelentős károkat okozhat. Ez utóbbi pl. Magyarországon főleg olyan esetekben lép fel, amikor a túlságosan késői vetés miatt az őszi betakarítást a kedvezőtlen időjárás megzavarja. Fontos tehát a fiatal rizsnövények azon hőmérséklet igényének ismerete, amelynél a kezdeti fejlődési szakasz károsodása nélkül elvethetjük a magvakat.

KÜRTEEN [5], SOMORJAI és JÁRÁNYI [9] szerint a rizs csírázási minimuma általában 10–12° C körül ingadozik. A vetés időpontja is többé-kevésbé ehhez a hőmérsékleti értékhez igazodik. Természetesen az egyes fajták között, különösen a csírázási erélyt illetően, számolni lehet kisebb-nagyobb eltéréssel.

Kétségtelen, hogy a csírázási minimum ismerete a vetés időpontjának megállapításában hasznos, azonban ennek birtokában még vajmi keveset tudunk arról, hogy az említett hőmérsékleten az alig néhány napos vagy hetes rizsnövényeknek pl. a tápanyag felvétele hogyan alakul. Nem bizonyos ugyanis, hogy a csírázás és tápanyag felvétel hőmérsékleti minimuma azonos.

Az ilyen és ehhez hasonló kérdések vizsgálata tehát gyakorlati szempontból fontos, ugyanakkor elméletileg is jelentős, mivel a tápanyagfelvétel számos, még nem ismeretes problémájának előbbreviteléhez nyújthat hasznos adatokat.

### Anyag és módszer

#### 1. A kísérleti növények felnevelése

Vizsgálatainkhoz vízkultúrában nevelt fiatal, 12–14 napos (Uzrosz–17), rizsnövényeket használtunk. A magvakat megfelelő fertőtlenítés és előcsíráztatás után helyeztük a növénynevelő hidropikus edényekbe. A tömeges növénynevelésre ez a módszer, amelynek során a magvak rozsdamentes acélból készült hálóra kerültek, nagyon alkalmasnak bizonyult. Az eljárás különösen előnyös radioaktív izotópos ionfelvételi kísérletek esetében. A tápoldat összetétele a következő volt:

Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O . . . . .	5 × 10 <sup>-4</sup> mólos oldat
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> . . . . .	10 <sup>-4</sup> mólos oldat
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O . . . . .	10 <sup>-4</sup> mólos oldat
FeEDTA . . . . .	10 <sup>-5</sup> mólos oldat
MnCl <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O . . . . .	10 <sup>-5</sup> mólos oldat

Fenti összetételű tápoldatban (pH: 5,5–6,0) kb. 3 hetes életkorig a rizsnövények szépen fejlődtek és alkalmasak voltak meghatározott külső tényezők fiziológiai hatásának tanulmányozására. Mivel a szegedi csapvíz (és az egyszer desztillált víz is) jelentős mennyiségű NH<sub>4</sub>-N-t tartalmaz, ezért ezt a nitrogén vegyületet a tápoldathoz külön nem adagoltuk.

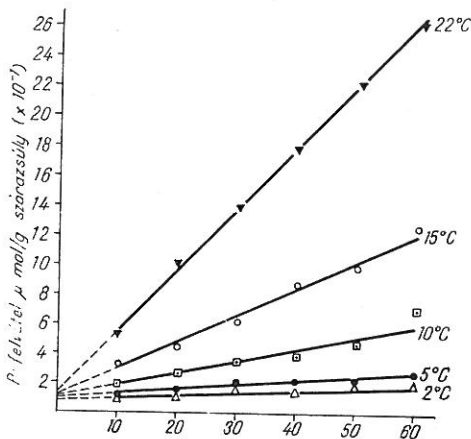
#### 2. Az ionfelvételi vizsgálatok ismertetése

Kísérleteinkhez fiatal rizsnövények gyökereit használtuk. Az ionfelvételtől időgöribét készítettünk és az öt független kísérlet átlagértékét, melyeknél lényegében azonos eredményt kaptunk, grafikonon ábrázol-

tuk. Mivel az életkor és az adott fiziológiai állapot a gyökerek ionfelvételét jelentősen befolyásolja, kísérleteinket azonos korú és azonos körülmények között nevelt egyedeken végeztük. Az anyagfelvételt általában 2, 5, 10, 15 és 22° C-os hőmérsékleten vizsgáltuk. Ezen kívül a rubídium esetében — később ismerttetendő okok miatt — kiegészítésképpen 4, 6, 7, 8 és 9° C-on is néztük az ionfelvételt. Mivel hosszú időtartamú kísérletekben a növekedés következtében előállott változások miatt igen nehéz egy-egy tényező pl. a hűtés hatását értékelni, rövid ideig tartó (60–80 perces) kísérleteket állítottunk be.

### 3. A radiokémiai módszer leírása

Izotópos méréseink során NK—108 típusú számláló készülékkel a gyökéraktivitás direkt meghatározását találtuk a legmegfelelőbbnek. Az aktivitás mérése a szokásostól eltérő méretű (átmérője: 3 cm, falmagassága: 0,7 cm) alumínium tálkában történt és az eredményeket  $\mu\text{Mol/g}$  szárazanyagra vonatkoztatva közöljük. A kísérlet ideje alatt a tápoldatot levegővel kevertük. Az ionfelvételi vizsgálatok befejezése után a gyökér felületén adszorbeált radioaktív izotópokat FRIED és munkatársai [4] által kidolgozott módszer szerint desztillált vízzel mostuk le. Az időgörbe készítéséhez 10 percenként vettünk mintát, és azt 2 órás szobahőmérsékleten való száradás után helyeztük az alumínium tálkába. Az egyes minták szárazsúlya átlagosan 50 mg körül ingadozott. A tápoldat, melynek koncentrációja  $5 \times 10^{-4}$  mólos volt, általában esetenként  $15 \mu\text{Ci/liter}$  radioaktív ( $\text{P}^{32}$ ,  $\text{Rb}^{86}$ ,  $\text{Br}^{82}$ ) izotópot tartalmazott.



1. ábra

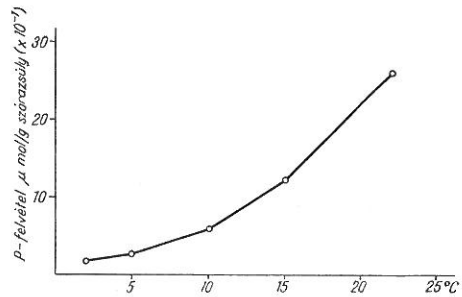
$\text{PO}_4$ -P felvétel különböző hőmérsékleten

Ez az aktivitás elégségesnek bizonyult a rövid időtartamú vizsgálatok során.

### Kísérleti eredmények

#### 1. Foszfor felvételi vizsgálatok

A foszfor felvételével kapcsolatos vizsgálatainkból megállapítható, hogy különböző hőmérsékleten történő ionfelvételnél a rizsgyökerek esetében is azok a törvényszerűségek érvényesülnek, mint más növényeknél. Vagyis a hőmérséklet emelkedésével fokozódik az ionfelvétel, míg 0° közelében minimálisra csökken (1. ábra). Az adatainkból az is jól látszik, hogy különösen 10° C alatt, tehát 5° C- és 2° C-nál a foszfor felvétel olyannyira minimális, hogy az a növények számára gyakorlatilag már elégtelen mennyiségnek számít. Ez nem meglepő, hiszen jól ismert hogy a melegövből származó növények alacsony talajhőmérsékletnél jobban károsodnak, mint pl. a hűvös lápos környezetben élők.



2. ábra

$\text{PO}_4$ -P felvétel különböző hőmérsékleten 60 perces kísérleti idő után

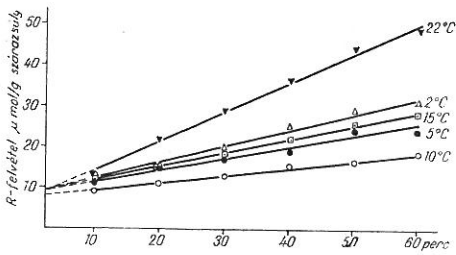
A 60 perces kísérlet végeredményét a hőmérséklet függvényében ábrázolva, még szemléletesebb az ionfelvételen bekövetkező változás (2. ábra).

#### 2. Rubídium felvételi vizsgálatok

A következőkben azokról a kísérleti eredményekről számolunk be, amelyeket a rubídium felvételével kapcsolatban kaptunk. Mint ismeretes a rubídium kémiai tulajdonsága nagyon közel áll a káliumhoz és ezért számos kutató véleménye szerint részben helyettesítheti a biológiai folyamatokban esszenciális elemnek számító káliumot. E helyen nem kívánunk a kérdéssel részletesebben foglalkozni, annál is inkább, mivel esetünkben rövid időtartamú ionfel-

vételi kísérletekről van szó, amelynél a Rb alkalmazása nem jelenthet problémát.

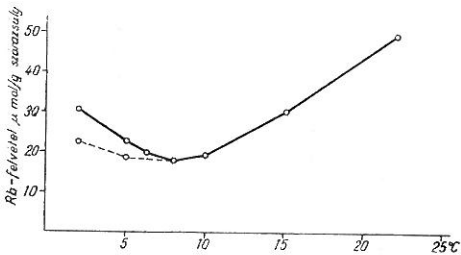
A 3. ábra időgörbéi egy meglehetősen újszerű képet mutatnak, amelyet az első pillanatban hibás kísérletnek vagy legalábbis elírásnak lehetne tekinteni. A grafikon alapján ugyanis az állapítható meg, hogy



3. ábra  
Rb-felvétel időgörbéje különböző hőmérsékleten

a hőmérséklet csökkentésével kb. 10° C-ig meglehetősen szabályosan eszikken, vagyis a jól ismert szabályok szerint történik a rubidium felvétele. Azonban 10° C alatti hőmérsékletnél (2° C és 5° C-nál) a vártnál lényegesen magasabb értékeket kapunk.

Kísérleti eredményeink alapján nyilvánvalónak látszott, hogy a Rb-felvételénél lenni kell egy olyan hőmérsékleti pontnak, ahol az általános felvételi típustól való eltérés (zavar) elkezdődik, illetve fellép. Vizsgálataink szerint fiatal rizsgyökök esetében ez 8° C-nál mutatható ki, vagyis eddig a hőmérsékletnek megfelelően eszikken a kation (Rb<sup>+</sup>) felvétel, majd ezt követően ismét emelkedik (4. ábra). Nagyon érdekes, hogy a hirtelen hőmérsékleti változás okozta hatást ún. előhűtéssel, melynek



4. ábra  
Rb-felvétel különböző hőmérsékleten 60 perces kísérleti idő után (szaggatott vonal a fokozatos hűtést jelöli)

során a gyökereket fokozatosan (2–3 órán keresztül) hűtöttük le a kísérleti hőmérsékletre, mérsékelni lehetett (4. ábra).

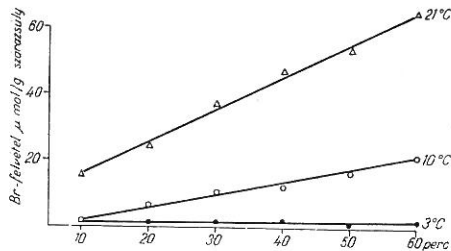
### 3. Bromid felvételi vizsgálatok

Az eddigismerttetett kísérletieredményekből kitűnik, hogy alacsony hőmérsékleten a vizsgált két (foszfát és rubidium) ion közül csupán a rubidiumnál tapasztalható eltérés az általános ionfelvételi típustól. Mivel a rubidium a növények számára mégsem esszenciális elem, arra is gondolhatunk, hogy esetleg csupán a metabolikus folyamatokban részt nem vevő ionok felvételénél jelentkezik ilyen hatás. Ezt bizonyítandó végeztünk vizsgálatokat egy, a növények számára indifferens anionnal, a bromiddal. A felvételi vizsgálatok során megállapítást nyert, hogy a bromid és foszfát felvétel időgörbéi között nincs lényeges különbség (5. ábra).

### Eredmények megbeszélése

Az ionfelvétel, amint az jól ismert, általában a hőmérsékletnek megfelelően csökken, illetve emelkedik. BÖSZÖRMÉNYI [2], CSEH és BÖSZÖRMÉNYI [3], OBERLÄNDER [7] és SUTCLIFFE [11] közleményei is ezt igazolják. Azonban bizonyos esetekben, és erre irodalmi adatok is utalnak, ez a szabály nem érvényesül. Fiatal rizsgyökök esetében is, mint láttuk, 8° C-ig a hőmérsékletnek megfelelően csökkent, ezután pedig ismét emelkedett a rubidiun felvétele.

Ez nem meglepő, ha arra gondolunk, hogy különösen a hirtelen hőmérsékleti változások vagy másnéven „hideg-sokk” hatására STRANGE [10] szerint jelentősen megváltozhat a sejt-hártyák permeabilitása és ennek következtében az anyagok felvétele, ill. leadása. RUNKEL [12] ugyancsak sokk-hatásról tesz említést, melynek során a légzésintenzitás is jelentősen megváltozik. Rizsgyökök esetében is nyilvánvaló-



5. ábra  
Bromid felvétel időgörbéje különböző hőmérsékleten

an arról lehet szó, hogy a hideg-sokk hatására fokozódik a határhártyák permeabilitása és ez lehetővé teszi a Rb ionok normálnál nagyobb mennyiségű bejutását a sejtekbe.

Természetesen néhány ion felvételnél vizsgálata alapján nem tehetünk általános érvényű kijelentést a növényeknél fellépő hideg-sokk hatással kapcsolatban. Szükség van további ionok és kationok felvételének vizsgálatára, beleértve esszenciális és nem esszenciális elemeket. Fontosnak tartjuk ezenkívül, hogy ezt a problémát több növényfajánál is tanulmányozzuk, mivel ezen a téren ugyancsak számolni lehet különbségekkel, amint erre SARIC és CURIC [8] vizsgálatai is utalni engednek. Annyi azonban már az eddigi vizsgálatok alapján is kétségtelennek látszik, hogy a különböző ionok felvételi mechanizmusa nagyon specifikus lehet. Továbbá az is bizonyosnak látszik, hogy alacsony hőmérséklet, illetőleg hirtelen hőmérsékleti változások hatására a határhártyák szerkezetében továbbá az ún. ionhordozó rendszerben (enzimekben) jelentős változások lehet számolni. Feltételezzük, hogy hideg-sokk fellépése esetén a közös „hordozóval” rendelkező ionok többé-kevésbé azonosan fognak viselkedni. Tehát elméleti megfontolásból kiindulva nagyon valószínű, hogy a  $K^+$  és  $NH_4^+$  felvételével kapcsolatban is hasonló eredménnyel számolhatunk, bár LYCKLAMA [6] perjénél ezt nem tapasztalta.

Kísérleti eredményeink érdekes adattal szolgálhatnak az ionfelvétel mechanizmusának további tisztázásához, sőt úgy látszik, hogy bizonyos következtetéseket lehet majd levonni a határhártyák szerkezetével kapcsolatban is. Ez utóbbi kérdés különösen a mikrostruktúra kutatás szempontjából jelentős, mivel az elektronmikroszkópos vizsgálatok az élő határhártya finom szerkezetéről nem nyújthatnak hiteles képet.

Eredményeinkből az is megállapítható, hogy 10–12° C-on, tehát a rizs csírázási minimum értékénél, hideg-sokk hatás nem mutatkozik. Vagyis ezen a hőmérsékleten, ha csökkentett mértékben is, még normális ionfelvétellel számolhatunk.

A kísérleti munkát az Országos Atomenergia Bizottság Izotópkalmazási Titkársága meglízásából végeztük. A kutató munkához nyújtott segítségért ezúton is hálás köszönetet mondunk.

### Összefoglalás

Rádoaktív izotópok segítségével tanulmányoztuk a hőmérséklet hatását a fiatal rizsgyökerek ionfelvételére. A rövid időtartamú kísérletek során megállapítást nyert, hogy alacsony hőmérsékleten a kü-

lönböző ionok felvétele eltérően alakul. Míg a  $PO_4-P$  és bromid anionok felvétele mindenkor a hőmérsékletnek megfelelően csökkent, addig rubídiumnál 8° C alatt ismét emelkedett az ionfelvétel.

A szokatlan eredményt hideg-sokk hatással magyarázzuk, amit főleg a hirtelen hőmérsékleti változások idézhetnek elő. Fokozatos hűtéssel ezt a hatást mérsékelni lehetett.

Mivel kísérletünkben csupán a rubídium felvételében mutatkozott rendellenesség, valószínű, hogy a hideg-sokk hatás az egyes ionok vonatkozásában nagyon specifikus. Feltételezzük, hogy a „közös hordozóval” rendelkező ionok, legalábbis az alacsony hőmérséklettel szemben érzékeny növényeknél, hasonlóan fognak viselkedni.

Eredményeinkből az is megállapítható, hogy 10–12° C-on, tehát a rizsmagvak csírázási minimum értékénél, hideg-sokk hatás nem mutatkozik. Vagyis ezen a hőmérsékleten — és ez a gyakorlat számára lehet érdekes — ha csökkentett mértékben is, de még szabályos ionfelvétellel számolhatunk.

### Irodalom

- [1] BARR, C. E., & BROYER, T. C.: Effect of Light on Sodium Influx, Membrane Potential, and Protoplasmic Streaming in Nitella. *Plant Physiol.* **39**, 43–52. 1964.
- [2] BÖSZÖRMÉNYI, Z.: T, Analysis of the Factors and Treatments Effecting the Bromide Uptake of Excised Barley Roots. *Adv. Front. Plant Sci.* **16**, 30–49. 1966.
- [3] CSEH, E., BÖSZÖRMÉNYI, Z.: Bromide Absorption by Wheat Roots at 0 °C. *Acta Bot. Acad. Sci. Hung.* **10**, 87–93. 1964.
- [4] FRIED, M., OBERLÄNDER, H. E., & NOGGLE, J. C.: Kinetics of Rubidium Absorption and Translocation by Barley. *Plant Physiol.* **36**, 183–191. 1961.
- [5] KÜRTEIN, P.: Reis Anbau und Düngung ausserhalb Ostasiens. Ruhr-Stickstoff Aktiengesellschaft, Bochum. 1954.
- [6] LYCKLAMA, J. C.: The Absorption of Ammonium and Nitrate by Perennial Rye-Grass. *Acta Bot. Neerl.* **12**, 361–423. 1963.
- [7] OBERLÄNDER, H. E.: Die thermodynamischen Größen der Aktivierung der Phosphationenaufnahme durch Gerstenwurzeln. *Experientia.* **19**, 298. 1963.
- [8] SARIC, M., & CURIC, R.: The Uptake of P, Ca, S, and Fe by the plants in Dependence of Temperature. *Agrochimica (Pisa)*. **7**, 173–184. 1963.
- [9] SOMORJAI, F. & JÁRÁNYI, GY.: Rizstermesztés. Mezőgazd. Kiadó, Budapest. 1954.
- [10] STRANGE, R. E.: Effect of Magnesium on Permeability Control in Chilled Bacteria. *Nature.* **203**, 1304–1305. 1964.
- [11] SUTCLIFFE, J. E.: Mineral Salts Absorption in Plants. Pergamon Press, New-York. 1962.
- [12] RUNKEL, K. H.: Über den Einfluss plötzlicher Temperaturwechsel auf die Atmung der Blütenblätter von Tulpen und Dahlien verschiedener Altersstadien. *Planta.* **59**, 138–150. 1962.

Érkezett: 1967. február 2.

## Influence of Low Temperature on the Ion Absorption of Rice Roots

F. ZSOLDOS

Department of Plant Physiology of the József Attila University, Szeged (Hungary)

### Summary

The influence of low temperature on the ion absorption of rice roots (*Oryza sativa* var. japonica) was studied with the help of radio-active isotopes ( $P^{32}$ ,  $Rb^{86}$  and  $Br^{82}$ ). The experiments were carried out on the roots of young (12 to 14 days old) rice plants grown in water culture. In the course of short-term experiments (lasting 60 to 80 minutes) it was found that at low temperature the absorption of various ions in  $KH_2PO_4$  and  $RbCl$  solutions of  $5 \times 10^{-1}$  moles concentration was varying. While the adsorption of  $PO_4-P$  and bromide anions (Figures 1, 2 and 5) always decreased with the temperature, in the case of rubidium, ion absorption began to increase again below  $8^\circ C$  (Figures 3 and 4).

The unusual result is explained by the cold-shock effect which is likely to be caused mainly by sudden temperature changes. As it may be seen from the data in Figure 4, this effect could be moderated by gradual cooling.

It is known that under the influence of cold shocks the permeability of the cell membranes and consequently the absorption and the release of materials may considerably change. It is likely that in the case of rice roots, too, the permeability of the boundary membranes increases at low

temperature and allows a larger quantity of rubidium ions to penetrate the cells than under normal conditions. Since in our experiments the difference presented itself only in the rubidium absorption it is likely that the shock effect is very specific as regards the various ions. It is assumed that ions having a common "carrier" behave similarly.

From the results obtained it can also be established that at  $10$  to  $12^\circ C$ , i. e. at the minimum germination temperature of rice seeds no cold shock effect occurs. This means that at this temperature, and this may be of interest in practice, a reduced but yet regular ion absorption takes place.

*Fig. 1.*  $PO_4-P$  absorption at various temperatures.

*Fig. 2.*  $PO_4-P$  absorption at various temperatures at the end of an experiment lasting 60 minutes.

*Fig. 3.* Time curve of  $Rb$  absorption at various temperatures.

*Fig. 4.*  $Rb$  adsorption at various temperatures at the end of an experiment lasting 60 minutes. (the dotted line indicates gradual cooling).

*Fig. 5.* Time curve of bromide absorption at various temperatures.

## L'effet de basse températures sur l'absorption des ions par les racines du riz

F. ZSOLDOS

Chaire de Physiologie végétale de l'Université des Sciences J. Attila, Szeged (Hongrie)

### Résumé

L'auteur a étudié l'effet des basses températures sur l'absorption des ions par les racines du riz (*Oryza sativa* var. japonica) en se servant d'isotopes radioactifs ( $P^{32}$ ,  $Rb^{86}$  et  $Br^{82}$ ). Les expériences ont été faites avec des racines de riz jeune (12 à 14 jours) obtenu dans des cultures en eau. Au cours des expériences de courte durée (60-80 minutes) l'on a pu constater que l'absorption des divers ions à partir de solutions à  $5 \times 10^{-4}$  mol de  $KH_2PO_4$  et, respectivement, de  $RbCl$  se fait de manière différente

à des basses températures. Tandis que l'absorption des anions  $PO_4-P$  et  $Br$  a toujours diminué en correspondance avec la température (Fig. 1, 2 et 5), pour le rubidium l'absorption accroît de nouveau au-dessous de  $8^\circ C$  (Fig. 3, 4).

Ce résultat singulier peut être expliqué par un effet de choc-froid, causé par des changements subits de température. L'on a pu tempérer cet effet par un refroidissement progressif, comme le montrent les données de la figure 4.

Il est connu que sous l'effet d'un choc-froid la perméabilité des membranes des cellules peut changer considérablement, et par conséquence, aussi l'absorption et la remise des matériaux. Dans le cas des racines de riz aussi il peut arriver évidemment que la perméabilité des membranes de surface augmente à la basse température ce qui rend possible aux ions rubidium à accéder en quantité excédant la normale dans les cellules. Puisque dans ces essais cette différence n'a été évidente que pour le rubidium, il est probable que l'effet de choc est très spécifique dans le cas des divers ions. L'on peut supposer que les ions disposent du même „véhiculant” se comporteront de manière semblable.

Les expériences de l'auteur permettent aussi de conclure à ce qu'à 10—12° C, à la

valeur minima de la germination des grains de riz, l'effet de choc-froid ne se produit pas. C'est-à-dire, à cette température et cela peut intéresser la pratique, l'on peut s'attendre à une adsorption régulière des ions, quoique à un degré diminué.

*Fig. 1.* Absorption de  $P-PO_4$  à diverses températures.

*Fig. 2.* Absorption de  $P-PO_4$  à diverses températures après une durée d'expérience de 60 minutes.

*Fig. 3.* Courbe du temps de l'absorption de Rb à diverses températures.

*Fig. 4.* Absorption de Rb à diverses températures après une durée d'expérience de 60 minutes (le trait discontenu signale le refroidissement graduel).

*Fig. 5.* Courbe du temps de l'absorption de l'ion bromure à diverses températures.

## Влияние низких температур на поглощение ионов корнями риса

Ф. ЖОЛДОШ

Кафедра Растениеводства Университета им. А. Иोजефа, г. Сегед (Венгрия)

### Резюме

С помощью радиоактивных изотопов ( $P^{32}$ ,  $Rb^{86}$  и  $Br^{82}$ ) изучали влияние низких температур на поглощение ионов корнями риса (*Oryza sativa* var. japonica). В опытах исследовались корни молодых растений риса (12—14 дней), выращиваемых в водной культуре. В кратковременных опытах (60—80 минут) определили, что при низких температурах усвоение различных ионов в  $5 \times 10^{-4}$  молярном растворе  $KH_2PO_4$  или  $RbCl$  проходило по разному. В то время как усвоение анионов бромидов и  $PO_4-P$  (Рис. 1, 2 и 5) со снижением температуры снижалось, у рубидия при температурах ниже 8° C снова наблюдается повышенное усвоения ионов. (Рис. 3 и 4).

Это необычайное явление объясняется влиянием холодного шока, который наступает главным образом при внезапной смене температур. Как видно из данных, приводимых на рисунке 4, постепенным снижением температур этот эффект можно снизить.

Известно, что под влиянием холодного шока может значительно изменяться проницаемость клеточной оболочки и в результате этого усвоение или отдача ионов. Для корней риса, по всей вероятности, речь идет о том, что при низких температурах увеличивается проницаемость внешних оболоч-

чек и это дает возможность проникновению ионов рубидия в клетки в количествах выше нормальных. Так как в наших опытах различия наблюдались только при усвоении рубидия, можно предположить, что влияние холодного шока в отношении отдельных ионов является специфичным. По всей вероятности ионы с общим носителем будут вести себя подобным образом.

Из полученных данных можно заключить, что при температурах 10—12° C т. е. при минимальных величинах прорастания риса, влияние холодного шока не наблюдается. Таким образом, при этих температурах, хотя и в меньшей степени можно считаться с усвоением ионов, что может являться интересным с точки зрения практики.

*Рис. 1.* Усвоение  $PO_4-P$  при различных температурах.

*Рис. 2.* Усвоение  $PO_4-P$  при различных температурах после 60-ти минут опыта.

*Рис. 3.* Кривая времени усвоения рубидия при различных температурах.

*Рис. 4.* Усвоение рубидия при различных температурах после 60-ти минут опыта. (пунктирная линия показывает постепенное охлаждение).

*Рис. 5.* Кривая времени усвоения бромидов при различных температурах.