

Nekünk pirosodik a paradicsom

A sóstressz a művelés alatt álló területeink egyharmadát érinti, ezért nagyon fontos a sótolerancia megértése, a sótűrő fajok megtalálása. Erről beszélgettünk Tari Irmával, a Szegedi Tudományegyetem Növénybiológiai Tanszékének egyetemi docensével, aki a sóstresszt csaknem húsz éve tanulmányozza csoportjával.



Szalicilsavval kezelt paradicsomok

Mi is a sóstressz? A környezetben, elsősorban a talajoldatban magas sókoncentráció léphet fel. A sóstresszt a legegyszerűbben úgy határozhatjuk meg, hogy az a sókoncentráció, amely a növények fejlődésére már káros. Azért beszélek ilyen általánosságban, mert a sóstresszt nemcsak a szóda vagy más néven sziksó – tehát a nátrium-karbonát vagy a nátriumionok magas koncentrációja – idézheti elő. Az egyébként nagyon fontos ionok, például a kalcium, a magnézium, a szulfát és a klorid túlzott feldúsulása is okozhat sóstresszt – amit a szakmában szalinitásnak nevezünk. Speciális talajokban ez a nátriumion feldúsulását jelenti: így alakul ki a szikes talaj, amit jól ismerünk Magyarországon. Ebben az esetben a talaj kicserélhető kationtartalmának legalább tizenöt százalékát adja a nátriumion. Hasonló hatás alakulhat ki a tengervízzel időlegesen elöntött, tengerparti, úgynevezett ár-apály zónák határán, folyótorkolat és tengervíz keveredésénél.

Sóstressz öntözés hatására is létrejöhet akkor, ha az öntözővízzel kijuttatott só a nagyon erős szárazság hatására „bekoncentráldódik”, feldúsul. Sok szemiarid (félszáraz) területen, ahol öntözéssel próbálták csökkenteni a vízhiányt, ezzel küszködnek – például Izraelben, Spanyolországban, a Kaszpi-tó környékén, a Colorado folyó vidékén. A sóstressz erősen befolyásolja a termesztett növények terméshozamát is.

A vizsgálat első lépéseként természetesen azt elemezzük, mennyi sót képesek a növények felvenni a környezetből, és ez a só hogyan koncentráldódik a citoplazmában, illetve egy másik nagyon fontos növényi sejtstruktúrában, a vakuólumban (sejtnedvüregben).

Beszéljünk most csak a nátriumionról, mert az gyakoribb, és a szikes talajok révén jobban érinthet bennünket. Ha a nátriumion koncentrációja nagyon magas a citoplazmában, akkor olyasmi hatás keletkezik, mint amikor egy kevés kristályos konyhasó (nátrium-klorid) kerül a nyelvünkre. A nátriumion kezdi elvonni a fehérjék hidrátkabátját, és összehúzza a nyelvünk felületét. Ugyanez történik a sejtekben is, a citoplazmában. Az a növény, amelyik nem tudja elkülöníteni a fiziológiás koncentrációt meghaladó, főlegben lévő nátriumiont a citoplazma fehérjétől, nem bírja a sóstresszt, a nagy sóterhelést. Az a növény viszont, amely vagy energiát fektet a nátriumion környezetbe való kipumpálásába, vagy olyan helyre szállítja a nátriumiont, ahol az nem érintkezik enzimekkel és más fehérjékkel, túléli a hatást.

Ennek megfelelően különböző csoportokra oszthatjuk a növényeket. A két legszélsőségesebbet szeretném csak említeni. Vannak olyan növények, amelyek nem bírják a sóstresszt, ezek a glikofiták, amelyeket csak édesvízzel lehet locsolni. A legtöbb gyümölcs és termesztett növény ebbe a kategóriába tartozik. Azokat a növényeket, amelyek a nagy sótartalmú talajon is megélnek, halofitáknak nevezzük: ezek tehát rendelkeznek a sókizáró vagy sóelkülönítő képességgel. Ilyen növények élnek például az óceánok partvidékén kialakult nagy sótartalmú talajokon, sós mocsarakban.

Egyes termesztett növények „határesetet” képeznek: vannak olyan genotípusok, amelyek nagyobb sótartalmú területeken szelektálódtak, ezek többé-kevésbé bírják a „sósabb” talajt, a nagyobb sótartalmú öntözővizet. Mi azért dolgoztunk a paradicsommal, mert az is ebbe a csoportba tartozik: kicsit magasabb sókoncentrációt is elbír, mint más gazdasági növények.

A paradicsomot az teheti relatíve sótűrővé, ha a nátriumiont olyanfajta transzporter-molekulákkal, amelyek egyrészt a plazma-, másrészt a vakuólum-membránon találhatók, sikerül kipumpálnia a környezetbe, vagy a belső, elkülönítő sejtstruktúrába, a vakuólumba. Így a citoplazmában az enzimműködés zavartalan lesz.

A magas sókoncentráció nemcsak ionos hatást idéz elő, hanem erős ozmotikus hatást is. Ez olyan, mint amikor tömény cukoroldatba helyezzük a szöveteket: egy idő múlva a sejtek vizet adnak le és összehúzódnak. Tehát az ionhatás kiküszöbölése mellett a sótűrő növények, például az árpa, egyes rizs-genotípusok az ozmotikus stresszt is képesek kivédeni – úgy, hogy saját maguk szintetizálnak különböző szerves ozmotikumokat, például cukrokat, prolint, glicin-betaint. A mi paradicsomunk különböző hexózokat és szorbitolt állít elő. Ezzel megnő a szövetek vízmegtartó képessége.



Vad típus, termés



Never ripe, etilénreceptor mutáns

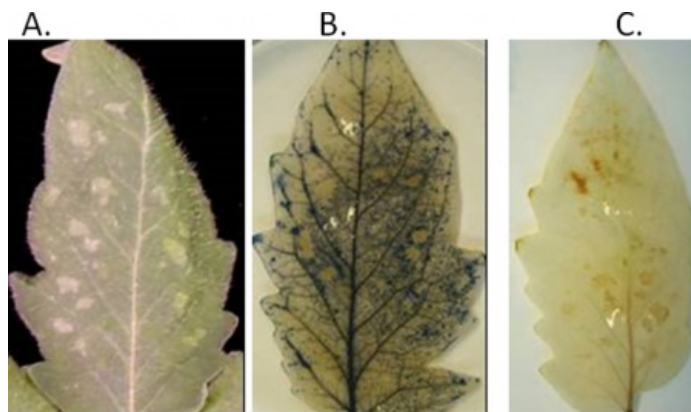
A sóstressz-akklimatizációt segíti az etilén nevű hormon. Az etilént érzékelni nem tudó, receptor mutáns (Never ripe) paradicsom termése sosem ér meg teljesen. Sóstressz alatt a mutáns paradicsomban sokkal kisebb a K^+/Na^+ arány: a K^+ -hoz képest több Na^+ -ot akkumulál a gyökér, mint a vad típusú paradicsom gyökere

Nem ártalmas az emberre a vakuólumba begyűjtött nátrium?

A nátriumion először a vegetatív szövetekbe kerül, aztán a termésben is kb. ötszörösre emelkedhet meg a koncentrációja ($\sim 2 \text{ mmol g}^{-1}$ friss tömeg kontrollértékről 100 mM sóstressz hatására 10 mmolra), ami nem káros az emberi szervezetre. A növényekben egyébként is van valamennyi nátriumion, ami természetes. A növény szempontjából mindig a természetes fölötti értékre kell figyelnünk – ezt pedig el tudja különíteni a paradicsom. Sőt, vannak olyan vad paradicsomfajták, amelyek különösen erre specializálódtak. Ilyen például a *Lycopersicon peruvianum* és a *Lycopersicon pennellii* (újabbán *Solanum peruvianum* and *S. pennellii*). Ezek száraz, gyakran nagy sótartalmú területeken élnek. Abban a paradicsomban, amely már termést hoz, nem is rossz hatású a vegetatív szövetekben megemelkedett sótartalom, mert a termés édesebb lesz tőle: megnő a cukortartalma.

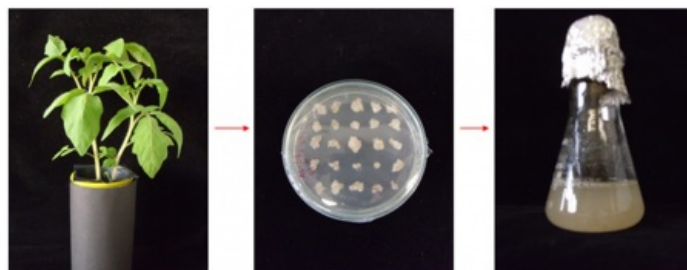
Miért használtak a kísérletekben szalicilsavat?

Mert természetes vegyület, amely stresszhatásokra feldúsul a növényekben. Először azt gondolták, hogy csak akkor, ha valamilyen biotikus stressz (patogén fertőzés) éri a növényt, ami jelenthet például bakteriális vagy gombafertőzést. A szalicilsav védekezési folyamatokat közvetítő anyag. Újabbán kimutatták, hogy például sóstressz vagy szárazság – abiotikus stressz – hatására szintén megemelkedik a szalicilsavszint.



A szalicilsav a biotikus stressz során úgy fejt ki hatását, hogy a kórokozó támadása körül megnő a szöveti koncentrációja, ami a sejtek lokális elhalásához vezet. Ez megakadályozza a baktérium vagy egyéb kórokozó elterjedését a szövetekben. Ha túl magas szalicilsav koncentrációt alkalmazunk, akkor az nem kémiai edzést fog kiváltani, hanem a biotikus stresszhez hasonlóan a szövetek elpusztulnak. 6 órás, $10\text{-}3 \text{ M}$ szalicilsavas kezelés hatására bekövetkező változások a megvilágított paradicsom növények levelében (A ábra), a különböző festékekkel megfestett levelekben a kék és barna szín a szalicilsav által indukált, eltérő reaktív oxigénformák jelenlétét jelzi (B és C ábra)

A szalicilsavas kezeléssel, „kémiai edzéssel” serkenteni lehet a tűrőképességet, az előbb említett folyamatokat. Azt szokták mondani, hogy teher alatt nő a pálma. Mi kis stresszhatást idézünk elő, így egy második stresszorral szemben gyorsan aktiválódó védekezési reakciót lehet kiváltani. Ez nagyon bonyolult jelenség; nemcsak génexpressziós, hanem epigenetikai változások is bekövetkeznek a kezelés hatására. Az NKFI-projektben a szalicilsav által kiváltott akklimatizáció, illetve a programozott sejtelhálás egyes elemeit tanulmányoztuk, fontos jelátviteli útvonalakat térképeztünk fel, hogy jobban megismerjük a szalicilsav hatását.



A sóstressz és a szalicilsav hatását sejtszuspenzióban is vizsgáltuk

Hadd tegyem hozzá, hogy nem tudnék eredményeket elérni, ha nem lenne a háttérben egy kedves és szorgalmas csapat. Az utóbbi időben nagyon sokat dolgoztak a doktorandusz-hallgatóim: Takács Zoltán, Kovács Judit és Borbély Péter. Kovács Judit a Campus Hungary Program lehetőségeit kihasználva Kölnben, majd Oxfordban töltött hosszabb időt, és most egy bécsi intézetben (Gregor Mendel Institute of Molecular Plant Biology, Vienna Biocenter) kapott szerződést. Külön szeretném kiemelni a közelmúltban doktorált fiatal kollégáimat, Poór Pétert és Szepesi Ágneszt, ők mindketten egyetemi adjunktusok.



Tari Irma (balra) és csoportja

A kutatóknak a témához kapcsolódó korábbi támogatott projektjei:

- [2002-2005: Paradicsom \(*Lycopersicon esculentum* Mill. L.\) akklimatizációja ozmotikus és sóstressz hatására: kapcsolatok hormonhatások és jelátviteli utak között - K 38392](#) (8,272 millió Ft)
- [2008-2011: Szalicilsav-idukált sóstressz rezisztencia paradicsomban: akklimatizáció vagy programozott sejthalál - K 76854](#) (11,527 millió Ft)
- Szalicilsav és sóstressz-indukált programozott sejthalál mechanizmusainak összehasonlítása paradicsomban - K 101243 (10,024 millió Ft)
Időtartam: 2012. január - 2015. december
Projektvezető: Görgényi Miklósné Tari Irma (a Szegedi Tudományegyetem Növénybiológiai Tanszékének egyetemi docense)

2016. július