

**SZENT ISTVÁN EGYETEM**

**A fruktóz 2,6-biszfoszfát koncentráció módosításának hatása a  
szegfű szénhidrát anyagcseréjére**

**Doktori értekezés tézisei**

**Szőke Antal**

**Gödöllő**

**2007**

## **A doktori iskola**

**Megnevezése:** Növénytudományi Doktori Iskola

**Tudományága:** Növénytermesztési és kertészeti tudományok

**Vezetője:** Dr. Virányi Ferenc  
Egyetemi tanár, az MTA doktora  
SZIE, Mezőgazdasági és Környezettudományi Kar,  
Növényvédelmi Intézet

**Témavezető:** Dr. Kiss Erzsébet  
Egyetemi tanár, a mezőgazdasági tudomány kandidátusa  
SZIE, Mezőgazdaság és Környezettudományi Kar  
Genetika és Biotechnológiai Intézet

.....  
Dr. Virányi Ferenc  
doktori iskola vezetője

.....  
Dr. Kiss Erzsébet  
témavezető

## A MUNKA ELŐZMÉNYEI, A KITŪZÖTT CÉLOK

Az utóbbi évtizedekben a hagyományos növénynevelés az új fajták előállítása során egyre inkább támaszkodhat a biotechnológiai kutatások eredményeire is. Az egyes növényfajok genomjának szekvenálása csak az első lépés a növényélettani folyamatok molekuláris hátterének megértéséhez. A következő lépcső az izolált gének funkciójának vizsgálata knock-out mutánsokban (T-DNS, transzpozon mutagenézis) vagy transzgenikus növényekben. Az így szerzett ismeretek lehetővé tehetik az egyes tulajdonságok célzott megváltoztatását, javítását, új fajták előállítását. Ennek legfontosabb területei a terméshozam növelés, beltartalmi értékek javítása, ipari alapanyagok és speciális molekulák előállítása, hatékonyabb vízfelhasználás, jobb post-harvest minőség, biotikus és abiotikus stresszrezisztencia lehetnek.

A dísnövények nevelésében is kiemelt szerepet kaphat a biotechnológia, mivel a genetikai háttér a keresztezéses nevelésben az új tulajdonságok kialakítására korlátozott, illetve sok dísnövény steril.

A szegfű a rózsza, a gerbera és a krizantém mellett a legkedveltebb vágott virág világszerte. A nevelési programok legfontosabb célja a vázaélet, a károsítókkal szembeni rezisztencia, az illatanyagok növelése, a virágszín- és szerkezet javítása, módosítása. A szegfű életfolyamatainak genetikai hátterét még alig vizsgálták. Ezen a területen elsősorban az etilén szerepét tisztázták a virágok öregedés-élettanában, valamint a virágok pigment és illatanyag szintézisének molekuláris hátterét, rezisztencia génekkel kapcsolt markereket, illetve a virágok szerkezetével kapcsolt molekuláris markereket írtak le.

A növények a szénhidrátokat a napfény, a légköri CO<sub>2</sub> és a víz felhasználásával folyamatosan megújuló erőforrásainkká tették. Ezért napjainkra a szénhidrát anyagcserével és a benne résztvevő enzimekkel és szabályozó molekulákkal kapcsolatban sok új eredmény született.

Az egyik ilyen új mérföldkő a fruktóz 2,6-biszfoszfát (fru 2,6P<sub>2</sub>) felfedezése és funkciójának megismerése volt a növényekben. Szignál metabolitként központi szerepet tölt be a fotoszintetikus CO<sub>2</sub> fixációjában és a szacharóz szintézis koordinálásában, valamint a megkötött szén elosztásának szabályozásában a keményítő és a szacharóz szintézis között. A fru 2,6P<sub>2</sub> gátolja szacharóz szintézis egyik kulcsenzimét a citoplazmás fruktóz 1,6-biszfoszfátáz aktivitását. Potenciális aktivátora a pirofoszfát függő foszfortranszferáznak és közvetett módon fokozza a kloroplasztiszban a keményítő szintézis kulcsenzimének az ADP-glükóz pirofoszforiláznak a működését.

A szegfű szénhidrát anyagcseréjéről kevés információ áll rendelkezésünkre, annak ellenére, hogy produktívásának az egyik legfontosabb tényezője a fotoszintézis és a szénhidrát anyagcsere. A szénhidrát összetétel és az elérhető szacharóz mennyisége befolyásolhatja a növények növekedését, a virágzási időt és az anyanövényenkénti virágzó hajtások számát is, vágott virágként pedig a vázaélettartamot.

A fru 2,6P2 szénhidrát-anyagcserében betöltött szabályozó szerepét korábban már különböző modellnövényekben (dohány, *Arabidopsis*, burgonya) vizsgálták. Ezekben a növényekben az alapvető funkciója hasonló volt, azonban bizonyos eltérések rámutattak a fajok közötti különbségekre is. Transzgénikus dohányban a fru 2,6P2 koncentrációjának növelése a szacharóz szintézis rovására fokozta a keményítő akkumulációját és éjszaka csökkentette a tranziens keményítő lebontásának mértékét a kloroplasztiszbán. *Arabidopsis*-ban, burgonyában és dohányban a fru 2,6P2 mennyiségének csökkentése a szacharóz szintézis irányába tolta el a szénhidrát anyagcserét. *Arabidopsis*-ban 20-30%-kal nőtt a szacharóz tartalom és késleltette a keményítő felhalmozódását. Burgonyában és dohányban ez az extra szacharóz hidrolizált és hexózok formájában akkumulálódott a levelekben. Ezek a kísérletek is igazolták, hogy a fru 2,6P2 szignál metabolit endogén koncentrációjának módosításával (az ún. kulcsenzim stratégia mellett) képesek lehetünk a szénhidrát anyagcsere komplex befolyásolására és célzott módosítására.

A fenti ismeretek alapján szegfű kísérleti rendszerünkben a következő célokat tűztük ki:

- ⊗ a fruktóz 2,6-biszfoszfát szabályozó szerepének tisztázása a szegfű szénhidrát anyagcseréjében;
- ⊗ ennek érdekében olyan transzgénikus szegfűvonalak előállítása, amelyekben géntechnológiai úton módosítjuk a fruktóz 2,6-biszfoszfát koncentrációját a lebontásáért és szintéziséért felelős gének heterológ expressziójával;
- ⊗ a transzgénikus szegfűvonalak biokémiai (szénhidrát komponensek, enzim aktivitások) és élettani (fotoszintézis, növekedés) jellemzése;
- ⊗ a szénhidrát anyagcserében módosított szegfűk fontosabb gazdasági tulajdonságainak értékelése (virágzás, virágszín, vázaélettartam).

## ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

Improved White Sim (IWS) fajtát transzformáltunk olyan patkány máj eredetű cDNS-sel (6-foszfofrukto-2-kináz/fruktóz 2,6-biszfoszfátáz), amely a fru2,6P2 szintéziséért és lebontásáért felelős enzimeket kódolja. A transzformációra két speciálisan módosított kódoló régiót használtunk fel. Az egyik enzim csak 6-foszfofrukto-2-kináz (kináz konstrukció), a másik enzim csak fruktóz 2,6-biszfoszfátáz (biszfoszfátáz konstrukció) aktivitással rendelkezett.

A hajtások regenerációját és szelekcióját követően a transzformáció sikerét PCR-rel, Southern hibridizációval és RT-PCR-rel bizonyítottuk. A biokémiai és az élettani vizsgálatokra a kontroll és a bizonyítottan transzgenikus növényeket földbe ültettük és klímakamrában neveltük. A vázaélettartam és a virágzási idő értékelésére a növényeket a kertészeti kontrollokkal együtt üvegházban neveltük.

A fru 2,6P2 NaOH-os extrakcióját BALL és REES (1988), meghatározását pedig VAN SCHAFTINGEN et al. (1982) és STITT (1990) módszerei szerint végeztük el. Az enzimek extrakcióját és aktivitásuk mérését KRUGER és BEEVERS (1984), MÜLLER-RÖBER et al. (1992), BURRELL et al. (1994), SCOTT et al. (1995), TRETHERWEY et al. (1998) és VERAMENDI et al. (2002) szerint végeztük el.

A szacharóz, keményítő, glükóz és fruktóz extrakcióját és mennyiségi meghatározását a Boehringer Mannheim Test-Combinations kitjeivel végeztük el a cég előírásai szerint. A foszforilált intermediereket MICHAL (1984a, 1984b) módszere szerint határoztuk meg.

A fotoszintézis rátát, sztóma konduktanciát, transpirációs rátát és az intracelluláris CO<sub>2</sub> mennyiségét LI-6400 gázcsere mérő készülékkel (LI-COR, Lincoln, NE, USA) határoztuk meg. A teljes klorofill meghatározását spektrofotometriásan végeztük el PORRA et al. (1989) leírása alapján. A vázaélettartam vizsgálatokat VERES et al. (2005) szerint végeztük el.

A statisztikai értékelést a Microsoft® Office Excel 2003 (Microsoft Corporation, Seattle, USA) program Student t-tesztjével végeztük el. Az adatok szignifikáns eltéréseit  $P < 0,05$  megbízhatóság mellett értékeltük.

## EREDMÉNYEK

A fruktóz 2,6-biszfoszfát mint szignál metabolit koordinálja a növények CO<sub>2</sub> asszimilációs rátáját, és a megkötött szén elosztását a szacharóz és a keményítő szintézis között. Munkánk célja a fru 2,6P2 szabályozó szerepének meghatározása volt a szegfű (*Dianthus caryophyllus* L.) szénhidrát anyagcseréjében, a metabolit koncentrációjának genetikai módosításával. Erre a célra két, módosított patkánymáj eredetű bifunkcionális enzim cDNS (6PF2K/fru2,6P2áz) bevitelével transzgenikus szegfű vonalakat állítottunk elő. A regenerált hajtások szelekcióját követően a transzgen integrációját és működését PCR-rel, Southern hibridizációval és RT-PCR-rel bizonyítottuk. Eredményeinket az 1. ábrán foglaltuk össze.

### ***Fruktóz 2,6-biszfoszfát***

A fru 2,6P2 koncentrációját befolyásolja a megvilágítás, ezért mérését a fotoperiódus különböző időpontjaiban végeztük el. A megvilágítás kezdetén az első 30 percben a fru 2,6P2 mennyisége mind a nem transzformált kontrollban mind a transzgenikus vonalakban nagymértékben lecsökkent. Az első fél órát követően a fru 2,6P2 mennyisége valamennyi növényben folyamatosan növekedett, de eltérő mértékben. A második órában a kináz génnel transzformált vonalakban a fru 2,6P2 mennyisége két-háromszor nagyobb volt, mint a nem transzformált kontroll és a biszfoszfátot expresszáló transzgenikus növényekben. A kontroll és a biszfoszfátot gént tartalmazó növények között csak a negyedik órától figyeltünk meg szignifikáns eltéréseket a fru 2,6P2 mennyiségében. Ebben az időpontban a funkcionális kináz expresszáló növényekben a fru 2,6P2 koncentrációja 45-85%-kal növekedett a nem transzformált kontrollhoz képest. A funkcionális biszfoszfátással (fru 2,6P2áz) transzformált növényekben a fru 2,6P2 tartalom 45-70%-kal csökkent.

### ***Szénhidrát anyagcsere***

A fent leírt változások a fru 2,6P2 mennyiségében hatással voltak a kulcsenzimek aktivitására, valamint a szacharóz és a keményítő metabolizmusra. A fru 2,6P2 koncentrációjának redukciója – a fruktóz 1,6-biszfoszfát (FBPáz) aktivációján keresztül – két-háromszorosára növelte a szacharóz mennyiségét. Ennek hatására a trióz foszfátok (3-foszfoglicerinsav, dihidroxiaceton foszfát) mennyisége csökkent, míg a hexóz foszfátoké (fruktóz 6-foszfát, glükóz 6-foszfát) növekedett. A keményítő akkumulációja 14-37%-kal volt alacsonyabb, mint a kontroll növényekben.

Ezzel szemben a magasabb fru 2,6P2 szinttel rendelkező növényekben általában ellentétes hatást figyeltünk meg az enzim aktivitásokban, a szénhidrát és foszforilált intermedierek koncentrációjában, mint a redukált fru 2,6P2 tartalmú növényekben. A fru 2,6P2 koncentrációjának növelése gátolta az FBPáz aktivitását és stimulálta az ADP-glükóz pirofoszforilázt (AGPáz), amely 30-40%-kal csökkentette a szacharóz és 32-40%-kal növelte a keményítő mennyiségét a nem transzformált kontrollhoz viszonyítva.

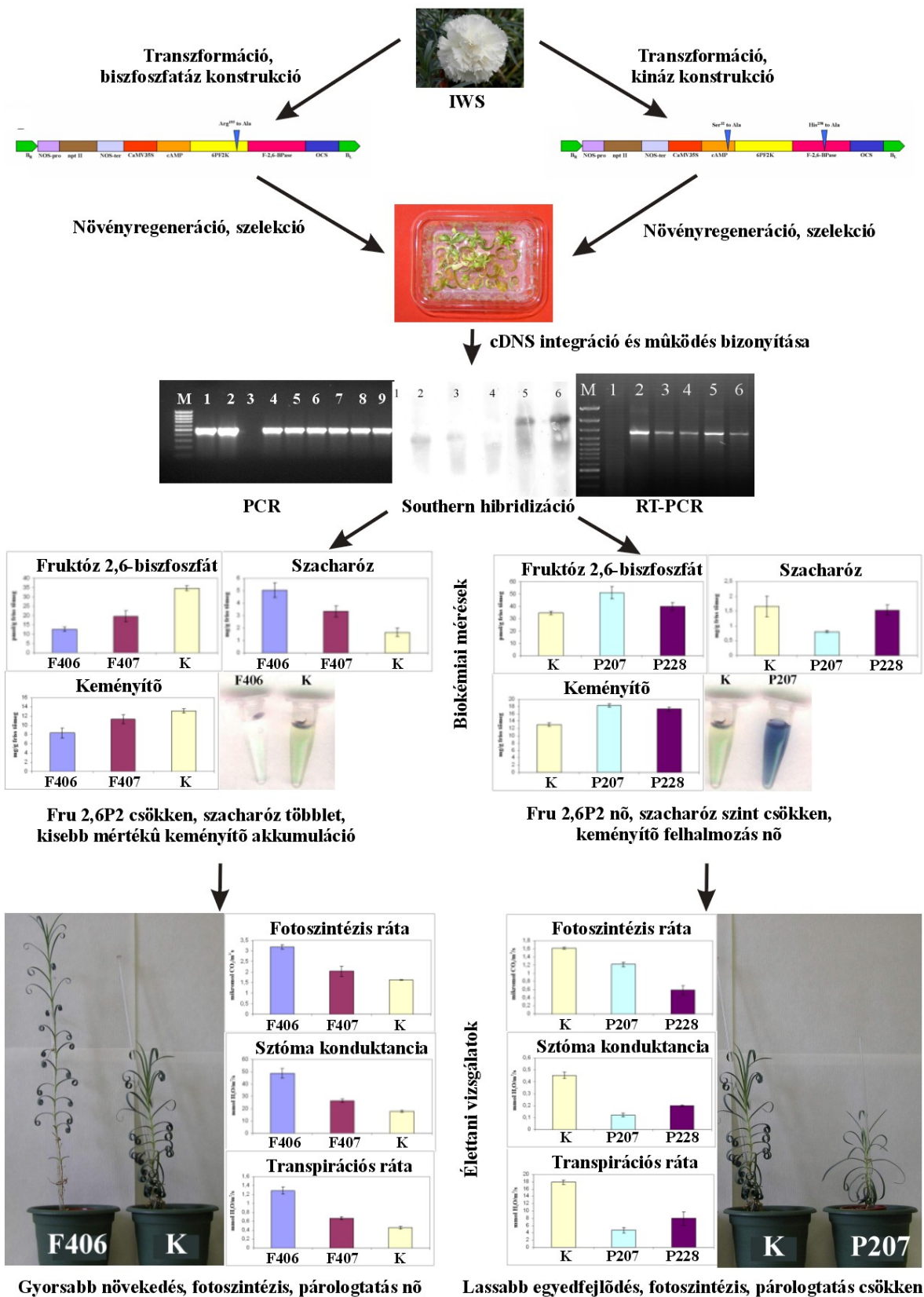
### ***Fotoszintézis, gázcsere***

A fru 2,6P2 módosítása hatással volt a növényi gázcsere, a fotoszintézis rátára, a sztóma konduktanciára és a transpirációs rátára. A fru 2,6P2 csökkenésének hatására a növények maximális fotoszintézis rátája 26-97%-kal nagyobb volt a nem transzformált kontrollnál, míg a fru 2,6P2 szint növelése 25-64%-os csökkenést okozott. A transzgénikus szegfűkben közvetlen kapcsolatot figyeltünk meg a fru 2,6P2 mennyiség és a fotoszintézis ráta között. A legkisebb fru 2,6P2-t tartalmazó növényeknek volt a legnagyobb a fotoszintézis rátája. Ezzel szemben a legmagasabb fru 2,6P2 szinttel rendelkező növényeknél volt a legalacsonyabb a fotoszintézis ráta.

A fotoszintézis ráta változása befolyásolta a sztómák nyitottságát és a transpirációs rátát. Az alacsonyabb fru 2,6P2 tartalommal rendelkező növények sztóma konduktanciája nagyobb volt, ami a kontrollhoz képest növelte a párologtatást. Ezzel szemben a fru 2,6P2 koncentrációjának növelése alacsonyabb konduktancia értéket és kisebb mértékű párologtatást eredményezett.

### ***Növekedés, fejlődés***

A módosított fru 2,6P2 tartalom jól látható fenotípusos változásokat okozott a kontrollhoz képest a növények növekedésében és fejlődésében. A fru 2,6P2 koncentráció csökkentésének hatására a transzgénikus növények gyorsabban növekedtek és két héttel korábban virágoztak, mint a kontrollok. Az egyedfejlődés kezdetén a többlet fru 2,6P2-t tartalmazó vonalak lassabban nőttek a nem transzformált kontrollnál, de a virágzási időben nem figyeltünk meg különbségeket. Eltéréseket figyeltünk meg az internódiumok hosszában is. A kevesebb fru 2,6P2-ot tartalmazó növények átlagos internódium hossza 4-5 cm volt a 2-3 cm-es kontrollhoz viszonyítva. A magasabb fru 2,6P2 szinttel rendelkező transzgénikus vonalak átlagos internódium hossza 1,5-2 cm volt. A szénhidrát összetétel módosítása ellenére a virágok morfológiájában, színében és vázaélet hosszában nem figyeltünk meg változásokat.



**1. ábra:** Szénhidrát anyagcserében módosított szegfű (IWS) géntechnológiai előállítás és biokémiai-életteni jellemzése.



## Új tudományos eredmények

1. Transzgenikus szegfű vonalakat állítottunk elő azzal a céllal, hogy meghatározzuk a fru 2,6P2 mennyiségi változtatása hogyan hat a szegfű szénhidrát anyagcseréjére.
2. Bizonyítottuk, hogy szegfűben a fru 2,6P2 mennyiségének csökkentése a szénhidrát anyagcserét a szacharóz szintézis irányába tolja el és a nagyobb mértékű szacharóz felhalmozás hatására a növények 2-3 héttel korábban virágoznak, ami növelheti termesztési értéküket.
3. Bizonyítottuk, hogy a fru 2,6P2 koncentráció növelése pedig nagymértékű keményítő akkumulációhoz vezet.
4. Az irodalmi adatoktól eltérően nem találtunk összefüggést a vázaélet hosszúsága és a szénhidrát összetétel között.
5. Megállapítottuk, hogy szegfűben a szacharóz-tartalom és a növekedési ráta egyenes arányban áll egymással.
6. Kimutattuk, hogy szegfűben a fru 2,6P2 koncentráció és a fotoszintézis ráta, valamint növények párologtatása között fordított kapcsolat áll fenn.

## KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A fru 2,6P2 szabályozó szerepének vizsgálatára transzgenikus szegfű vonalakat állítottunk elő az emlős eredetű 6PF2K/fru 2,6Páz cDNS beépítésével. Az enzimaktivitás (FBPáz, PFP, AGPáz) mérési eredményeink azt bizonyítják, hogy a fru 2,6P2 koncentrációjának géntechnológiai úton történő változtatása lehetővé tette a szegfű szénhidrát anyagcseréjének komplex módosítását.

A fru 2,6P2 mennyiségének redukciója aktiválta a szacharóz szintézist és egyidejűleg gátolta a keményítő felhalmozódását. Mivel a szacharóz a szén és az energia transzport formája, a növények ezt a többletet a növekedésükre és a fejlődésükre használták fel és ennek következtében 2-3 héttel korábban virágoztak, mint a kontroll nem transzformált növények. Ezzel párhuzamosan nőtt a fotoszintézis ráta és a sztómák nyitottsága is. A párologtatás növekedése szárazabb ökológiai körülmények között hátrányos lehet, azonban megfelelő vízellátottság esetén az intenzívebb fotoszintézis, a gyorsabb növekedés és a gyorsabb virágzás mint új tulajdonság előnyös lehet a termesztésben, mivel évente egységnyi felületről több virágzó hajtást kaphatunk.

A fru 2,6P2 koncentrációjának növelése serkentette a keményítő felhalmozódását és csökkentette a szacharóz szintézis mértékét. Ezek a transzgenikus növények egyedfejlődésük kezdetén az alacsonyabb szacharóz szint miatt a kontrollhoz képest lassabban növekedtek. Ezzel szemben a virágzási idejükben már nem figyeltünk meg különbségeket, aminek oka feltehetően az lehet, hogy képesek voltak kompenzálni a mono- és oligoszacharidok kisebb mennyiségét.

Korábban már leírták, hogy a vágott virágok szárának szénhidrát tartalma és a vázában való eltarthatóság pozitív korrelációban áll egymással. A transzgenikus vonalak vázaélettartama azonban szignifikánsan nem tért el a kontroll növényekétől. Ennek két oka lehet:

1. az eltérő fotoszintézis ráta ellenére a respirációra felhasználható összes szénhidrát mennyisége változatlan.
2. a csökkentett mennyiségű fru 2,6P2 tartalmazó növények a nagyobb mértékű párologtatás miatt gyorsabban elhasználják az intenzívebb fotoszintézis során megkötött többlet szénhidrátot.

Eredményeinket a dohányban, *Arabidopsis*-ban és burgonyában kapott eredményekkel összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a fru 2,6P2 koncentrációjának módosítása hatékony eszköze lehet az agronómiailag fontos növényfajok szénhidrát metabolizmusának befolyásolására. Javasoljuk olyan új vektorkonstrukciók előállítását, amelyekben

1. A konstitutív CaMV35S konstitutív promotert lecseréljük szövet- és szervspecifikus promoterekre.
2. A CaMV35S promotert tartalmazó bifunkcionális enzim cDNS konstrukcióhoz a szénhidrát transzportban szerepet játszó gének hozzákapcsolását annak meghatározására, hogy a levelekben megtermelt többlet szénhidrát eljuttatható-e a raktározó szövetekbe, szervekbe.

Ezekkel a vektorkonstrukciókkal transzformált növények elemzése elősegíthetik a fotoszintetikus szénhidrát metabolizmus mélyrehatóbb megismerését.

## Irodalom

- BALL KL, AP REES T. (1988): Fructose 2,6-bisphosphate and the climacteric in bananas. *European Journal of Biochemistry*, 177: 637-641.
- BURRELL MM, MOONEY PJ, BLUNDY M, CARTER D, WILSON F, GREEN J, BLUNDY KS AP REES, T. (1994): Genetic manipulation of 6-phosphofructokinase in potato tubers. *Planta*, 194: 95-101.
- KRUGER NJ, BEEVERS H. (1984): Effect of fructose 2,6-bisphosphate on the kinetic properties of cytoplasmic fructose 1,6-bisphosphate in germinating castor bean endosperm. *Plant Physiology*, 76: 49-54.
- MÜLLER-RÖBER B, SONNEWALD U, WILLMITZER L. (1992): Inhibition of the ADP-glucose pyrophosphorylase in transgenic potatoes leads to sugar-storing tubers and influences tuber formation and expression of tuber storage protein genes. *EMBO Journal*, 11: 1229-1238.
- SCOTT P, LANGE AJ, PILKIS SJ, KRUGER NJ. (1995): Carbon metabolism in leaves of transgenic tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) containing elevated fructose-2,6-bisphosphate levels. *Plant Journal*, 7: 461-469.
- STITT M. (1990): Fructose 2,6-bisphosphate. *Methods in Biochemistry*, 3: 87-92.
- TRETHEWEY RN, GEIGENBERGER P, RIEDEL K, HAJIREZAEI MR, SONNEWALD U, STITT M, RIESMEIER JW, WILLMITZER L. (1998): Combined expression of glucokinase and invertase in potato tubers leads to a dramatic reduction in starch accumulation and a stimulation of glycolysis. *Plant Journal*, 15: 109-118.
- VAN SCHAFTINGEN E, LEDERER B, BARTRONS R, HERS HG. (1982): A kinetic study of pyrophosphate: fructose-6-phosphate phosphotransferase from potato tubers. Application to a microassay of fructose 2,6-bisphosphate. *European Journal of Biochemistry*, 129: 191-195.
- VERAMENDI J, ROESSNER U, RENZ A. (1999): Antisense repression of hexokinase 1 leads to an over accumulation of starch in leaves of transgenic potato plants but not to significant changes in tuber carbohydrate metabolism. *Plant Physiology*, 121: 123-133.

## AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ KÖZLEMÉNYEK

### Tudományos publikációk

- Szőke A**, Kiss E, Toldi O, Heszky L (2006): Production of transgenic carnation with a heterologue 6-phosphofructo-2-kinase/fructose 2,6-bisphosphatase bifunctional enzyme cDNA. *International Journal of Horticultural Science*. 12(4): 75-79.
- Szőke A**, Kiss E, Kerepesi I, Toldi O, Heszky L (2007): Effects of altered fructose 2,6-bisphosphate levels on carbohydrate metabolism in carnation. *HortScience*. 42(2): 403-406. (IF: 0,574)
- Szőke A**, Kiss E, Veres A, Kerepesi I, Tóth Á, Tóth E, Toldi O, Heszky L (2007): Biotechnológiai módszerek a szegfű nemesítésében. *Kertgazdaság*. 39(1): 69-77.
- Szőke A**, Kiss E, Kerepesi I, Toldi O, Heszky L (2007): A fruktóz 2,6-difoszfát szerepe a szegfű szénhidrát anyagcseréjének szabályozásában. *Debreceni Egyetem Agrártudományi Közlemények*, in press.

### Konferencia kiadványok

- Veres A, **Szőke A**, Kiss E, Nagy N, Toldi O, Heszky L (2001): Anyagcsereutak módosítása szegfűben genetikai transzformációval. Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban. Gödöllő, Szerk. Szemán László. pp. 364-371.
- Szőke A**, Kiss E, Toldi O, Szegény D, Heszky L (2003): A fruktóz 2,6-difoszfát növényélettani szerepének vizsgálata szegfűben. In: Szemán L., Jávor A. (szerk.). EU konform mezőgazdaság és élelmiszerbiztonság. Növénytermesztési alaptudományok. I. kötet. (Gödöllő, 2003. június 5.) pp. 118-123.
- Szőke A**, Kiss E, Kerepesi I, Toldi O, Heszky L (2004): Changes of sucrose, glucose and fructose content in illuminated leaves of transgenic carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) containing decreased fructose 2,6-bisphosphate levels. In: J Vollmann, H Grausgruber, P Ruckenbauer (Eds) Genetic variation for plant breeding, p. 263-266. The 17th Eucarpia General Meeting, 8-11, September, Tulln, Austria, ISBN 3-900962-56-1.
- Szőke A**, Kiss E, Kerepesi I, Toldi O, Heszky L (2007): Effects of modified carbohydrate content on the development and growth of carnation (*Dianthus caryophyllus*). *ISHS Acta Horticulturae*. 725: 807-810.

### **Poszter összefoglalók**

- Veres A, **Szőke A**, Vizér O, Nagy N, Varga Á, Kiss E, Toldi O, Tóth E, Heszky L (2001): Anyagcsereutak módosítása és rovarrezisztencia szegfűben. VII. Növénynevelési Tudományos Napok, MTA, Budapest, január 23-24. p. 141.
- Szőke A**, Kiss E, Toldi O, Heszky L (2003): A fruktóz 2,6-difoszfát szerepének vizsgálata a szegfű szénhidrát anyagcseréjében. V. Magyar Genetikai Kongresszus, Siófok, április 13-15. pp. 103-104.
- Szőke A**, Kiss E, Toldi O, Heszky L (2003): A fruktóz 2,6-difoszfát növényélettani szerepének vizsgálata szegfűben. IX. Növénynevelési Tudományos Napok, MTA, Budapest, március 5-6. p. 140.
- Szőke A**, Kiss E, Kerepesi I, Toldi O, Heszky L (2004): Effects of modified carbohydrate content on the development and growth of carnation (*Dianthus caryophyllus*). 5th IVCHB Symposium, In Vitro Culture and Horticultural Breeding, Biotechnology as Theory and Practice in Horticulture. Book of abstracts and programme p. 227.
- Szőke A**, Kiss E, Kerepesi I, Toldi O, Heszky L (2005): A szénhidrát-tartalom módosításának hatása a szegfű növekedésére és fejlődésére. XI. Növénynevelési Tudományos Napok, MTA, Budapest, március 3-4. p. 130.
- Szőke A**, Kiss E, Kerepesi I, Toldi O, Heszky L (2006): Szénhidrát anyagcserében módosított szegfű vonalak biokémiai és élettani jellemzése. XII Növénynevelési Tudományos Napok, MTA, Budapest, március 7-8. p. 165.
- Szőke A**, Kiss E, Kerepesi I, Toldi O, Heszky L (2006): A fruktóz 2,6-difoszfát szerepe a szegfű szénhidrát anyagcseréjének szabályozásában. Új típusú gazdasági kihívások és válaszok a bolognai folyamatban. SZIE-DATE, december 7. Debrecen.

### **Egyéb közlemények**

#### **Tudományos publikációk**

- Balogh A, Kiss E, **Szőke A**, Dénes F, Heszky L (2002): Molecular analysis of strawberry cultivars using RAPD, AP-PCR, and STS markers. International Journal of Horticultural Science, 7: 24-28.
- Kozma P, Kiss E, Veres A, Halász G, Balogh A, **Szőke A**, Galli Zs, Heszky L (2004): Microsatellite Fingerprinting in old Grapevine Cultivars of the Carpathian Basin. Hungarian Agricultural Research, 13(2): 14-16.

Halász G, Veres A, Kozma P, Kiss E, Balogh A, Galli Zs, **Szőke A**, Hoffmann S, Heszky L (2005): Microsatellite fingerprinting of grapevine (*Vitis vinifera* L.) varieties of the Carpathian Basin. *Vitis*, 44: 173-180. (IF: 0,897)

**Szőke A**, Kiss E, Milotay P, Szabó-Hevér Á, Heszky L (2005): Molekuláris markerek alkalmazása a paradicsom fonálféreg-rezisztencia nemesítésben. *Kertgazdaság*, 37(3): 14-22.

### **Konferencia kiadványok**

Balogh A, Kiss E, **Szőke A**, Dénes F, Heszky L (2002): Szamócafajták molekuláris elemzése (Molecular analysis of strawberry cultivars). *Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban; Agrárgazdasági modellek a XXI. Mezőgazdaságában, "A belépés kapujában"* című konferencia: Debrecen, 2002. április 11-12. *Kertészet*, pp. 27-34.

Veres A, Balogh A, Kiss E, Kozma P, Galli Zs, **Szőke A**, Heszky L (2003): Kárpát-medencei őshonos szőlőfajták jellemzése mikroszatellit analízissel In: Szemán L., Jávor A. (szerk.). *EU konform mezőgazdaság és élelmiszerbiztonság. Növénytermesztési alaptudományok. I. kötet.* Gödöllő, 2003. június 5. ISBN963 9483 29 pp. 124-128.

Veres A, Balogh A, Kiss E, **Szőke A**, Heszky L, Kozma P, Kocsis M, Galli Z (2004): Characterization of grapevine cultivars autochthonous in the Carpathian Basin with microsatellites. *ISHS Acta Horticulturae*, 652: 467-470.

Halász G, Veres A, Balogh A, Kozma P, Kiss E, Galli Zs, **Szőke A**, Nagy I, Heszky L (2004): Kárpát-medencei szőlőfajták mikroszatellit analízise. *Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban; Agrárgazdasági modellek a XXI. Mezőgazdaságában "A belépés kapujában"* című konferencia: Debrecen, 2004. április 16. ISBN963 472 730 pp. 87-88.

Kiss E, Kozma P, Halasz G, Veres A, **Szőke A**, Galli Zs, Hoffmann S, Molnar S, Balogh A, Heszky L (2005): Microsatellite based fingerprints and pedigree analysis of grapevine cultivars of Carpathian Basin origin. *Proceedings of the International Grape Genomics Symposium July 12-14, 2005. St Louis, Missouri, USA*, pp. 79-87.

### **Poszter összefoglalók**

Halász G, Veres A, Balogh A, Kozma P, Kiss E, Galli Zs, **Szőke A**, Nagy I, Heszky L (2004): Microsatellite fingerprinting of grapevine varieties autochthonous in the Carpathian Basin. *5th IVCHB Symposium In Vitro Culture and Horticultural Breeding, Biotechnology as Theory and Practice in Horticulture. Book of abstracts and programme p. 203.*

- Veres A, Halász G, Balogh A, Kozma P, Kiss E, Galli Zs, **Szőke A**, Nagy I, Heszky L (2004): Mikroszatellit variabilitás a Kárpát-medencei szőlőfajtákban. X. Növénynevelési Tudományos Napok, MTA, Budapest, február 18-19. p. 47.
- Szőke A**, Szabó-Hevér Á, Milotay P, Kiss E, Heszky L (2005): Rezisztencia gén markerek paradicsomban. XI. Növénynevelési Tudományos Napok, MTA, Budapest, március 3-4. p. 131.
- Halász G, Veres A, Balogh A, Kozma P, Kiss E, Galli Zs, **Szőke A**, Nagy I, Heszky L (2005): Kárpát-medencei szőlőfajták megkülönböztetése mikroszatellit ujjlenyomat alapján XI. Növénynevelési Tudományos Napok, MTA, Budapest, március 3-4. p. 93.
- Kiss E, Kozma P, Halasz G, Veres A, **Szőke A**, Galli Zs, Hoffmann S, Molnar S Balogh A, Heszky L (2005): Microsatellite based fingerprints and pedigree analysis of grapevine cultivars of Carpathian Basin origin. International Grape Genomics Symposium 2005. július 12-14. Saint Louis, Missouri, USA. Book of Abstracts, p. 41.
- Szőke A**, Kiss E, Milotay P, Szabó-Hevér Á, Heszky L (2005): Nematóda rezisztencia gén markerezése paradicsomban. Lippai János-Ormos Imre-Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapest, október 19-21., Zöldség-gomba szekció, p. 386-387.
- Szőke A**, Kiss E, Milotay P, Ács T, Péntes B, Heszky L (2006): Nematóda rezisztens paradicsom genotípusok azonosítása. MAE Genetikai Központi Szakosztály. Molekuláris markerek alkalmazása a növénynevelésben. Martonvásár, 2006. január 19.
- Kiss E, Kozma P, Veres A, Galbács Zs, Halász G, Molnár S, Hoffmann S, Galli Zs, **Szőke A**, Heszky L. (2006): Szőlő fajták pedigré elemzése mikroszatellit markerekkel. Molekuláris markerek felhasználása a növénygenetikai és nevelési kutatásokban Martonvásár, 2006. január 19.
- Kedves I, Falusi J, Falusi J-né, **Szőke A** (2007): A GK-KHT repcefajtái és hibridjei azonosítása mikroszatellit markerekkel. XIII. Növénynevelési Tudományos Napok, MTA, Budapest, március 12. p. 77.
- Galbács ZS, Molnár S, Halász G, Veres A, Galli ZS, **Szőke A**, Koncz T, Debreceni D, Wichmann B, Pilinszky K, Tóth ZS, Szádeczky-Kardoss B, Kiss E, Heszky L (2007): Szőlőfajták genotipizálása mikroszatellit, kloroplasztisz-specifikus, retrotranszpozon eredetű és génspecifikus markerekkel. XIII. Növénynevelési Tudományos Napok, MTA, Budapest, március 12. p. 89.