



Doktori (PhD) értekezés tézisei

**A VIRÁGRÜGY- ÉS GYÜMÖLCSFEJLŐDÉS FENOLÓGIAI,
MORFOLÓGIAI ÉS BOKÉMIAI JELLEMZÉSE FONTOSABB
KAJSZIFAJTÁK ESETÉBEN**

Németh Szilvia

Témavezető: Dr. Szalay László, PhD

Budapesti Corvinus Egyetem
Gyümölcsstermő Növények Tanszék

Budapest

2012

A doktori iskola

megnevezése: Kertészettudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Dr. Tóth Magdolna
egyetemi tanár, DSc
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Gyümölcsstermő Növények Tanszék

Témavezető: Dr. Szalay László
egyetemi docens, PhD
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Gyümölcsstermő Növények Tanszék

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, azért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....
Dr. Tóth Magdolna
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
Dr. Szalay László
A témavezető jóváhagyása

BEVEZETÉS

A kajszi (*Prunus armeniaca* L.) beltartalmi jellemzői, különösen speciális íz- és aromaanyagai miatt fontos csonthéjas gyümölcsünk. A világ összes kajszi termése 3,8 millió tonna évente, Európában a termésmennyiség 800 - 900 ezer tonna körül mozog, hazánkban pedig 30 - 40 ezer tonna évjáráttól függően. A kajszi Magyarországon nem őshonos faj, hazánk a természettség északi határán fekszik, ezért termesztése nehezebb feladat a kontinentális klímára jellemző hideg telek, illetve ingadozó tavaszi időjárás miatt, mint az itt őshonos gyümölcsfajoké. Az alacsony hőmérséklet a reprodukív fejlődés során okozhat számos olyan változást, amely miatt alacsony lesz a termésmennyiség.

Az utóbbi időben a kajszinemesítésben egyre nagyobb hangsúlyt kap a fagyűrész növelése. Az áttelelő szervek közül a virágrügyek a legfagyérzékenyebbek. Fagyűrészük változása szoros összefüggésben van a fejlődési ütemükkel és a növényen való elhelyezkedésükkel, ezért fontos megismerni a kajszi rügynyugalma alatt lejátszódó fenológiai folyamatokat és morfológiai jellemzőket. Az abiotikus stresszhatásokra a növények különbözőképpen reagálnak. A válaszreakciók nemcsak a fajtól, illetve fajtától, hanem az ökológiai viszonyoktól is nagymértékben függenek. Ezért fontos feladat megvizsgálni az egyes kajszifajták virágrügyeiben lejátszódó biokémiai folyamatokat a fagy hatására. A hagyományos, régi kajsziültetvényekben a termés döntő többsége a rövid nyársakon képződött. A korszerű, intenzív ültetvényekben azonban a terméshozás nagy része a hosszú vesszőkre helyeződik át. A virágrügyek fejlődési ütemét, fagy- és téltűrésüket tehát külön kell vizsgálnunk a különböző termőrész típusokon, hogy pontos képet kapjunk az említett folyamatokról.

A kajszinemesítés másik nagy feladata a gyümölcsminőség javítása. A kajszi felhasználása igen sokoldalú. A gyümölcs minőségét, felhasználhatóságát, számos egyéb tényező mellett, a fajta és az érettségi állapot alapvetően befolyásolja. A gyümölcsök fejlődése és érése során lejátszó folyamatok részletes megismerése ezért fontos kutatási terület. A kajszi a humán táplálkozás szempontjából sok értékes összetevőt tartalmaz, kiemelkedő jelentőségűek a polifenolok és a β -karotin. A különböző felhasználási célokra való alkalmasság, valamint az optimális szüreti időpont meghatározásához elengedhetetlen a gyümölcsökben lejátszódó folyamatok pontos ismerete.

CÉLKITŰZÉS

Munkánk megkezdésekor a következő célokat tűztük ki:

1. Kajszi fajták virágrügyfejlődési folyamatának részletes feltárása, a fenológiai folyamatok leírása az előnyugalom kezdetétől a mélynyugalom végéig.
2. Antioxidáns enzimek aktivitásának vizsgálata kajszi fajták virágrügyeiben a téli nyugalmi időszak különböző időpontjaiban, összefüggések keresése a fagyűrés és az antioxidánsok aktivitása között.
3. A cukortartalom és a cukor összetevők mennyiségi változásainak meghatározása különböző fagyűrésű kajszi fajták virágrügyeiben a nyugalmi időszak során.
4. Kajszi fajták gyümölcsfejlődése és -érése során lejátszódó fizikai paraméterek és beltartalmi összetevők változásának vizsgálata, modellezése a gyümölcskötődéstől a teljes éréseig.
5. A humán táplálkozás szempontjából fontos egészségvédő beltartalmi összetevők kimutatása kajszi fajták gyümölcseiben, valamint ezek mennyiségi változásainak meghatározása az érés során.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatok helye

A vizsgálatokhoz a mintákat a Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar Gyümölcstermő Növények Tanszék soroksári kísérleti ültetvényéből gyűjtöttük. Fajtánként hat darab kajszifa állt rendelkezésünkre. A kajszifák 2004-ben 5 × 3 térállásban myrobalan magonc alanyon kerültek eltelepítésre, melyeket kompakt váza koronaformára neveltek. A laboratóriumi vizsgálatok döntő többségét a BCE Gyümölcstermő Növények Tanszék laboratóriumában végeztük, az ettől eltérő vizsgálati helyszíneket külön közöljük.

A vizsgált fajták

Kísérleteinkbe a Magyarországon termesztésben lévő magyar és külföldi fajták közül az 1. táblázatban szereplő fajtákat vontuk be.

1. táblázat: Vizsgálatba vont fajták és vizsgálataik

Fajta	Előnyugalom	Mikrosporo- genézis	Pollen- morfológia	Enzim- aktivitás, rügy cukor- tartalom	Gyümölcs- fejlődés és -érés
Bergeron					
Ceglédi bíborkajszí					
Ceglédi óriás					
Ceglédi Piroska					
Gönci magyar kajszí					
Harcot					
Ligeti óriás					
Mandulakajszí					
Orange Red					
Pannónia					
Rózsakajszí C. 1406					

A virágrügyfejlődés fenológiai folyamatának vizsgálati módszerei

A virágrügyek előnyugalmi időszak alatti fejlődését hosszmetsetek készítésével követtük nyomon. A vizsgálatokat három egymás utáni évben (2007, 2008, 2009) augusztus 1-jétől szeptember 30-ig végeztük. A mintákat a fák koronájának 1,5 és 2 m közötti magasságában lévő részeiről szedtük hetente kétszer. Két különböző hajtás típuson lévő virágrügyek fejlődését vizsgáltuk (hosszú hajtás 50 – 80 cm hosszúságú, rövid hajtás vagy nyárs 20 cm hosszúságú). A metseteket a hosszú és rövid hajtások középső részéről leválasztott virágrügyekből fagyasztó mikrotómmal készítettük el.

A mikrosporogenezis folyamatát vizsgáltuk meg quetsch-preparátumok (festés: kármin-ecetsav), illetve félvékony (1 µm, festés: toluidinkék) és ultravékony (70 nm, festés: uranil-acetát és ólom-citrát oldat) metszetek készítésével. A megfigyeléseket fénymikroszkóppal (Olympus BH2 DIC fénymikroszkóp), valamint Hitachi 7100 TEM mikroszkóppal vizsgáltuk, 75 kV gyorsítófeszültség mellett. A mikrosporogenezis folyamatát külön vizsgáltuk a hosszú vesszőkön és külön a nyársakon lévő virágrügyekben.

A kifejlődött pollen mintákat arannyal vontuk be vákuum-gőzöléssel, majd ezt követően az ELTE Növényeszervezettani Tanszékének EM-laboratóriumában Hitachi 2360N pásztázó elektronmikroszkóppal 25 kV gyorsítófeszültség mellett vizsgáltuk.

Virágrügyek stressztűrésének vizsgálata

A biokémiai vizsgálatokhoz minden hónap közepén a kijelölt fákról 50 és 80 cm közötti hosszú termővesszőket szedtünk, és az ezeken lévő virágrügyeket vizsgáltuk.

Az enzimaktivitás meghatározásokat 2007/2008-as időszakban a BCE-ÉTK Alkalmazott Kémia Tanszéken, majd a következő évben a Gyümölcsstermő Növények Tanszéken végeztük. **A peroxidáz enzim** aktivitását H₂O₂ szubsztrát és ortodianizidin kromogén reagens jelenlétében ($\epsilon = 11.3$) spektrofotometriás úton ($\lambda = 460$ nm) határoztuk meg (Shannon et al., 1966). **A polifenol-oxidáz enzim** aktivitását catechol segítségével ($\lambda = 420$ nm) határoztuk meg spektrofotométerrel (Bassuk et al., 1981).

A virágrügyek **szacharóz-, glükóz-, fruktóz- és szorbitol-tartalmának** meghatározását HPLC műszerrel végeztük.

Gyümölcsfejlődés és -érés vizsgálatának módszerei

A gyümölcsfejlődés vizsgálatok keretében a gyümölcsök küllemi és beltartalmi tulajdonságait értékeltük. Az érettségi állapotokat a húskeménység és alapszín szerint előzetes kutatások alapján határoztuk meg (2. táblázat).

2. táblázat: A gyümölcsfejlődés és -érés vizsgálat mintaszedésének időpontja (2009)

Fajta	Szedési idő									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Harcot	ápr. 15.	ápr. 28.	máj. 13.	máj. 27.	jún. 14.	jún. 20.	jún. 28.	júl. 03.	júl. 05.	júl. 07.
Gönci magyar kajszí	ápr. 15.	ápr. 28.	máj. 13.	máj. 27.	jún. 16.	jún. 22.	jún. 30.	júl. 08.	júl. 10.	júl. 13.
Bergeron	ápr. 15.	ápr. 28.	máj. 13.	máj. 27.	jún. 16.	jún. 22.	júl. 02.	júl. 10.	júl. 16.	júl. 18.

Meghatároztuk a cukor- (szacharóz, glükóz, fruktóz), cukoralkohol (szorbitol), vízoldható szárazanyag-tartalmat, sav- (alma-, citrom-, borostyánkősav-, titrálható sav-) tartalmat, valamint a fizikai paramétereket (magasság, szélesség, vastagság, tömeg) a gyümölcsfejlődés során, és regresszió analízist végeztünk.

A gyümölcsök **savtartalmának (citromsav, almasav. és borostyánkősav)**, valamint **cukor- (szacharóz, glükóz, fruktóz) és szorbitol-tartalmának** meghatározást HPLC műszerrel végeztük.

Meghatároztuk a **β -karotin tartalmat** a KPKI (1990) által átdolgozott De Ritter és Purcell (1981) módszere alapján. Felengedtetés után 1g gyümölcsmintából a β -karotint metanol és aceton segítségével vontuk ki, majd dietiléterrel választottuk el. Az éteres oldat abszorbanciáját 450 nm-en mértük spektrofotométer segítségével.

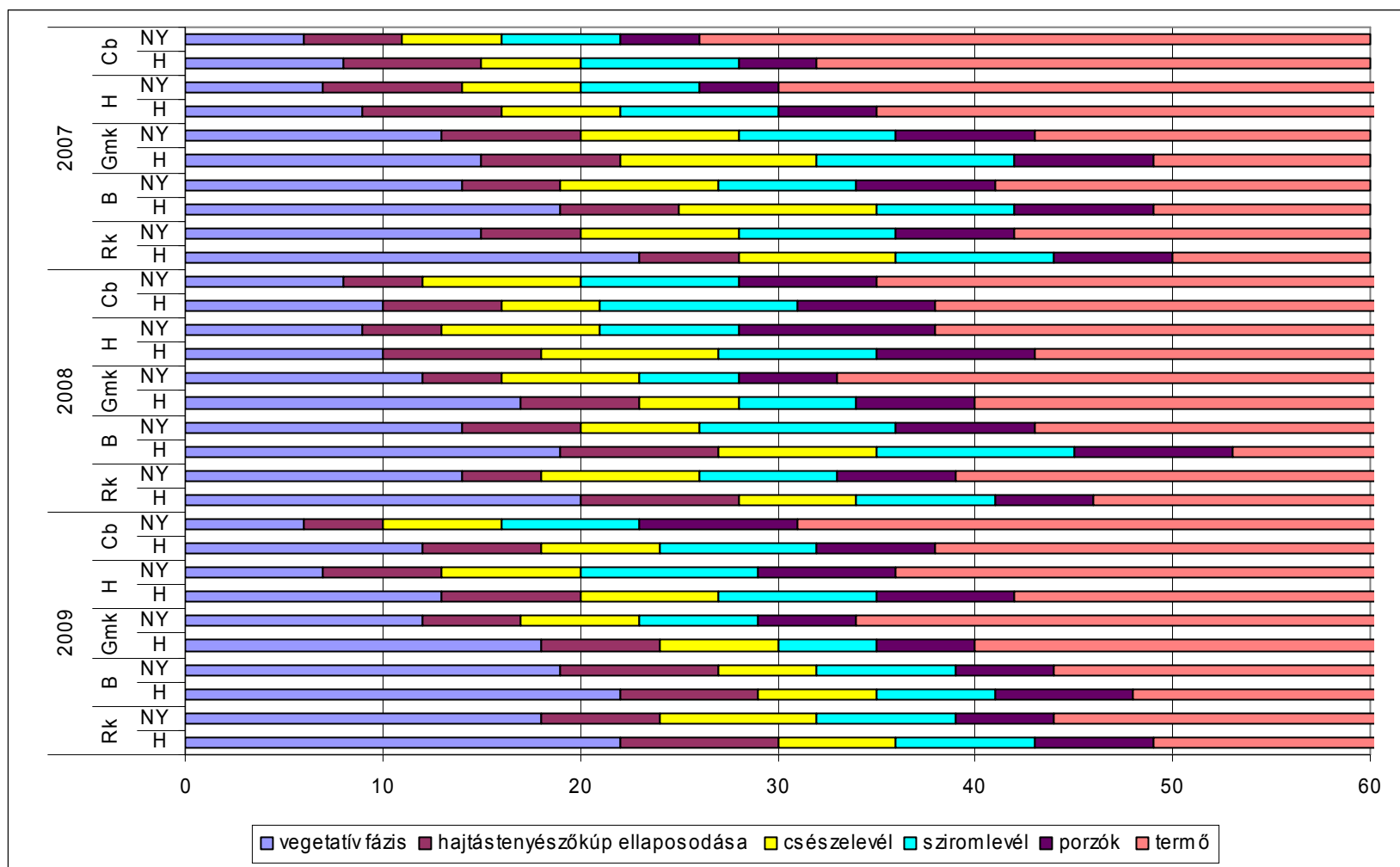
A gyümölcsök **összes polifenol tartalmát** Folin-Ciocalteu reagens jelenlétében $\lambda=765\text{nm}$ -en spektrofotometriás úton mértük három ismétlésben (Singleton és Rossi, 1965).

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

Virágrügyfejlődés

A virágrügyfejlődésnek az **előnyugalmi időszakában** egy kezdeti vegetatív fázis után a virágszervek kezdeményeinek akropetális sorrendben történő megjelenését figyeltük meg. Vizsgálataink során öt fejlődési szakaszt különítettünk el az előnyugalom alatt: hajtástenyészőkúp ellaposodása, csészelevél-kezdemények kialakulása, szíromlevél-kezdemények kialakulása, porzók képződése, termő kialakulása. Ebben az időszakban a portokokban még archespóriális szövet található és a termőkben sem indult el még a szöveti differenciálódás.

A vizsgált fajták, termőrész típusok, valamint az évjáratok között jelentős különbséget tapasztaltunk a virágrügyfejlődés ütemében az előnyugalom során, amelyet a statisztikai elemzés is alátámasztott. A különböző hosszúságú hajtásokon a virágrügyfejlődés nem egyforma ütemben zajlott le. Mindhárom évben a nyársak és a hosszú hajtások között az egyes stádiumok kialakulásánál jelentős különbség volt, a fejlődés során akár 5-10 nap különbség is előfordult fajtától függően. A virágrügyfejlődés ütemét a külső hőmérséklet befolyásolta. Megállapítottuk, hogy a különböző fajták előnyugalma hasonló dinamikát mutatott (1. ábra).

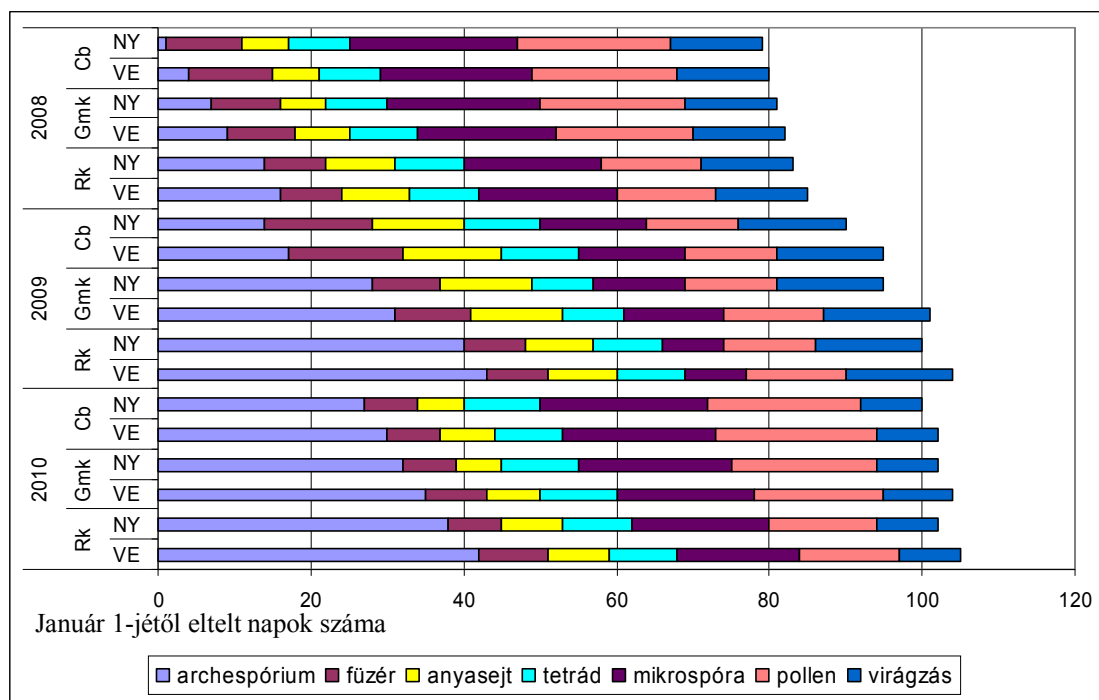


1. ábra. Kajszifajták virágrügyfejlődésének előnyugalmi szakasza (Soroksár, 2007-2009)

NY: termőnyárs; H: hosszú hajtás

Cb: 'Ceglédi bíborkajszi'; H: 'Harcot'; Gmk: 'Gönci magyar kajszi', B: 'Bergeron'; Rk: 'Rózsakajszi C. 1406'

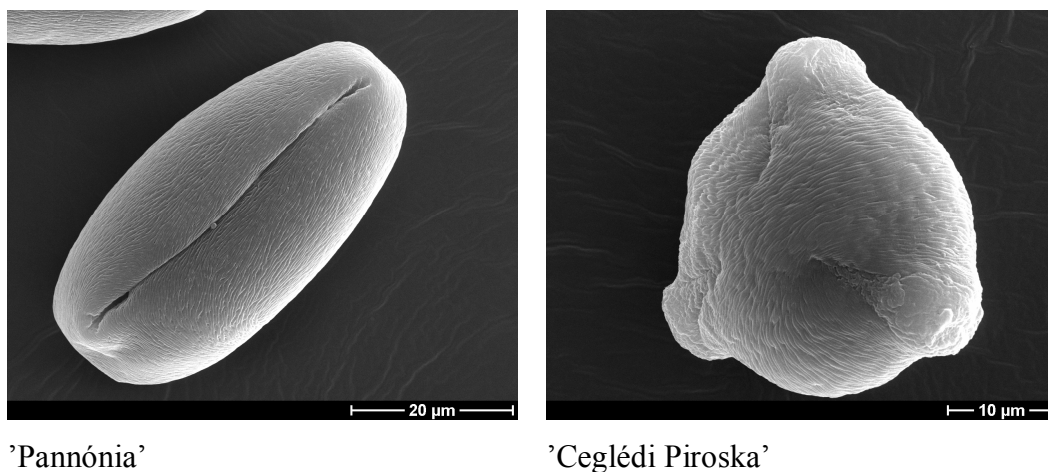
A virágrügyek mélynyugalmanak végét a portokokon belüli szöveti differenciálódás jelzi, melynek első állomása a füzér állapot. Ezután a virágrügyek kényszernyugalomba kerülnek. A **mikrosporogenezis vizsgálatával** tehát nyomon követhető a kényszernyugalom alatti fejlődés. A hosszú és rövid termőrészekben lévő virágrügyekben belüli pollenfejlődést követtük nyomon. Hat fejlődési stádiumot különítettünk el: archesporiális állapot, füzér állapot, pollenanyasejt állapot, tetrád állapot, mikrospóra állapot, pollen állapot. A mikrosporogenezis üteme eltérő volt a különböző elhelyezkedésű virágrügyekben, a nyársakon néhány nappal korábban kezdődött el a pollenfejlődés, és így hamarabb is fejeződött be. A fajták és az évjáratok között is jelentős különbségeket tapasztaltunk. Három éves megfigyeléseink alapján megállapítottuk, hogy a folyamat egyes fázisai fokozatosan mentek át egymásba, és az átmeneti időszak egy-egy virágrügyön belül is hosszú időt vett igénybe. Egyes genotípusoknál az archesporiumból a füzér állapotba való átmenet akár több hetet is igénybe vett. Később a fejlődés felgyorsult, és a további fejlődési fázisok átmenetei egyre rövidebbek lettek (2. ábra).



2. ábra: Kajszifajták mikrosporogenezisének üteme különböző termőrész típusokon (Soroksár, 2007-2009), NY: termőnyárs; VE: hosszú termővessző
Cb: 'Ceglédi bíborkajszi'; Gmk: 'Gönci magyar kajszi', Rk: 'Rózsakajszi C. 1406'

Az archesporiális sejtek pollenné fejlődése során a fénymikroszkópos megfigyelések mellett részletes elektronmikroszkópos vizsgálatokat is végeztünk a 'Gönci magyar kajszi' fajtánál. A szövet- és sejttani vizsgálatok során készült felvételeken jól nyomon követhető a fejlődés. Az osztódás előtt álló anyasejtek citoplazmája tömör, sok sejtorganelumot tartalmaz. A pollenanyasejtek körül, viszonylag zárt elrendezésben található a még kevésbé vakuolizált tapétális sejtek, melyek később szétesnek, leépülnek. A pollenanyasejtekből redukciós osztódással négy haploid mikrospóra keletkezik, melyek együtt maradnak egy kallóz fallal körülvéve, ez a tetrad állapot. A mikrospórák a kallóz falon belül maradnak egészen a késői tetrad állapotig. Ezt követően a kallóz sejtfa felzívódása után a mikrospórák szétválnak, megindul a pollenszemek fejlődése. A fejlődő pollen kezdetben egysejtű. Később mitotikus osztódással létrejön a generatív és vegetatív sejt, megjelenik az endotécium sejtjeinek speciális sejtfaelvárosodása.

Munkánk során elvégeztük tíz kajszifajta **pollenmorfológiai vizsgálatát**. A tíz fajtából nyolc fajtánál egyértelműen a prolát elliptikus forma volt jellemző. Két fajta, a 'Ceglédi Piroska' és a 'Bergeron' esetében a szub-oblát háromszögletű alak. Mindkét típus apertúra alakja trikolpát. Jellemző a striát pollenfelszín-mintázat, valamint két esetben rugulát típust figyeltünk meg (3. ábra).



3. ábra: Két típus a pollen alakra és az exine mintázatra

A virágrügyek stressztűrése

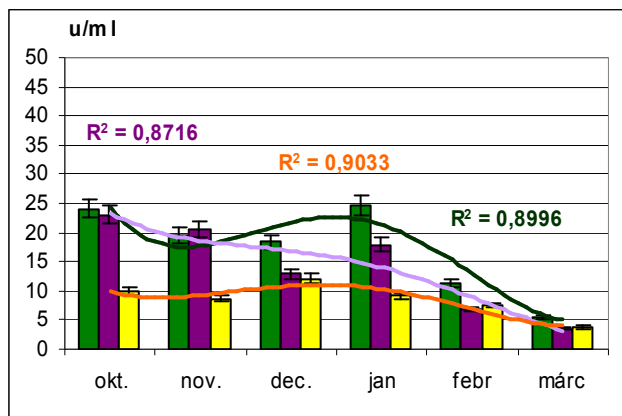
A virágrügyekben a peroxidáz és a polifenol-oxidáz enzimek aktivitásának változását két évadban követtük nyomon, a 2007/2008-as és a 2008/2009-es nyugalmi periódus alatt. A vizsgált fajták három egymástól eltérő fagyűrési típust képviseltek. A vizsgált enzimek aktivitását tekintve a fajták között szignifikáns különbség mutatkozott. Az enzimek aktivitásának változása szoros kapcsolatban állt a külső hőmérséklettel, illetve az edződési folyamatokkal.

A legnagyobb **peroxidáz** enzimaktivitást a fagyérzékeny 'Ceglédi bíborkajszi' fajta virágrügyeiben mértük mindkét évadban. A fagyűrő 'Rózsakajszi C. 1406' virágrügyeiben a peroxidáz enzim alacsonyabb szinten mozgott. A 'Gönci magyar kajszi' virágrügyeinek peroxidáz aktivitása a két másik fajta között helyezkedett el.

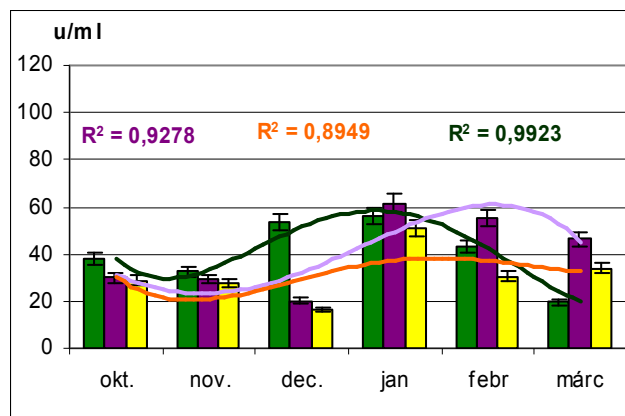
A nyugalmi időszak kezdetén, amikor a hőmérséklet csökkent a virágrügyek fagyűrésének növekedése az enzimaktivitás változásban is megnyilvánult. A december-januári lehülésekre a fagyérzékeny fajta virágrügyeiben csökkenést tapasztaltunk. Ekkorra a közepesen fagyűrő és a fagyűrő fajták virágrügyei már megfelelő edzettséggel bírtak, mindkét fajta virágrügyeiben enyhén nőtt a peroxidáz enzim aktivitása. A hőmérséklet növekedésével párhuzamosan a virágrügyek fagyűrése csökkenni kezdett.

A **polifenol-oxidáz enzim** aktivitása ellentétes tendenciát mutatott a peroxidáz enzim aktivitással a fagyűrő és közepesen fagyűrő fajták esetében. Eleinte a hőmérséklet csökkenésére a fajták csökkenő polifenol-oxidáz aktivitással reagáltak. Ezután a december-januári lehülésre a fagyűrő fajta már polifenol-oxidáz enzimaktivitás emelkedéssel reagált, míg a fagyérzékeny fajtánál nem tapasztaltunk változást.

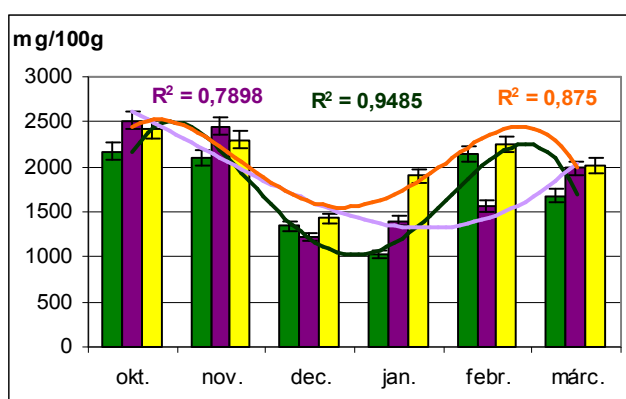
A virágrügyekben a téli nyugalom során a **szénhidrát-tartalom** a külső hőmérséklet hatására változott. A szénhidrát-tartalom a lehülés hatására megemelkedett. A fagyűrő fajta virágrügyeiben a szénhidrát-tartalom változása a peroxidáz enzim aktivitásának változásával ellentétes tendenciát mutatott. A szénhidrátok közül a legdinamikusabban a szacharóztartalom változott. A glükóz, fruktóz és szorbitol mennyiségének alakulása a tél során hasonló tendenciát mutatott. A külső hőmérséklet csökkenésével párhuzamosan megfigyeltük a glükóz, fruktóz és szorbitol felhalmozódását a virágrügyekben. A decemberi-januári alacsony hőmérséklet következtében ekkor volt a legmagasabb a glükóz, fruktóz és szorbitol mennyiség a virágrügyekben (4. ábra).



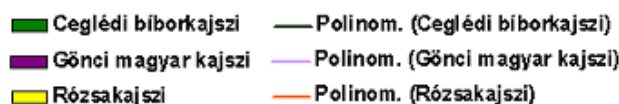
Peroxidáz enzim



Polifenol-oxidáz enzim



Szacharóz



4. ábra: A peroxidáz és a polifenol-oxidáz enzim aktivitásának, illetve szacharóztartalom változása a 'Ceglédi bíborkajszi' (Cb), a 'Gönci magyar kajszi' (Gmk) és a 'Rózsakajszi C. 1406.' (Rk) virágrügyeiben (2008/2009)

Kajszifajták gyümölcsfejlődésének és –érésének vizsgálata

Kajszifajták gyümölcseinek méretbeli változását és tömeggyarapodását vizsgáltuk a kötődéstől a teljes érettségig. A gyümölcsök méretét négy paraméter jellemzi, a szélesség, vastagság, magasság és a tömeg. A paraméterek időbeli változásai két egymáshoz fűzött logisztikus görbével írhatóak le. Ennek első szakaszára az $y = \frac{p_1}{1 + \exp(-p_2(x - p_3))}$ alakú

függvényt, második szakaszára pedig az $y = p_2 + \frac{p_4 - p_2}{1 + \exp(-p_5(x - p_6))}$ görbét illesztettük. A

p_1 paraméter az első szakasz telítődési értéke, a p_2 a meredeksége, a p_3 pedig az inflexiós pontja. A p_4 paraméter a második szakasz telítődési értéke, a p_5 a meredeksége, míg a p_6 az inflexiós pontja. A második szakasz az első szakasz telítődési értékénél indul.

Három különböző érési idejű fajtát ('Harcot', 'Gönci magyar kajsz', 'Bergeron') vizsgáltunk, így a különbségeket is modellezni tudtuk. A gyümölcsfejlődés első szakaszát az első, a második szakaszát a második logisztikus görbe jelöli, a csonthéjkeményedés időszaka pedig a két logisztikus görbe találkozásánál van.

Vizsgálataink során a tíz szedési időben három szerves savat mértünk, az alma-, a citrom- és a borostyánkősavat. Emellett mértük a titrálható savtartalmat is a 4. szedési időponttól. A detektált szerves savak közül a legnagyobb mennyiségben az almasav volt jelen mindhárom fajtánál az érés korai szakaszában. Az **almasav tartalom** először emelkedett, majd a 'Harcot' és 'Gönci magyar kajsz' fajtáknál a harmadik, a 'Bergeron' fajtánál a negyedik szedéstől hirtelen lecsökkent a mennyisége a gyümölcsökben. Az almasav tartalom

változására reciprok függvényt ($y = \frac{b}{\text{érésidő}}$) illesztettünk a 3. szedéstől, mivel ettől kezdve bomlott egyenletesen. Az alkalmazott modell mind a három fajtánál jól magyarázza a jelenséget, a 'Harcot' fajtánál 93,3%-ban, a 'Gönci magyar kajsz' fajtánál 96%-ban és a 'Bergeron' fajtánál 97,7%-ban. Az ismételt mérésekre vonatkozó varianciánális alapján az egyes hatások (idő, interakció, fajta) között szignifikáns különbség áll fenn. Az almasav tartalom jelentős mértékben függött a szedési időtől. A fajta és a szedési idő interakciója alapján megállapíthatjuk, hogy az almasav mennyisége eltérő módon változott az egyes érési állapotokban. Az ötödik szedéstől az almasav mennyisége nem változott számottevően.

A **borostyánkősav tartalom** változására szintén reciprok görbét illesztettünk. A modell a 'Harcot' fajtánál 87,8%-ban, 'Gönci magyar kajsz' fajtánál 95,1%-ban és 'Bergeron' fajtánál 94,1%-osan magyarázza a jelenséget. Mindhárom fajtánál elmondható, hogy az első szedésidő után hirtelen lecsökkent a borostyánkősav mennyisége, majd a második szedésidő után enyhe emelkedés figyelhető meg. A negyedik szedésidő után ismét lecsökkent és ettől kezdve közel egy szinten mozgott. A kezdeti időszakban a legtöbb borostyánkősavat a 'Bergeron' mintákban mértük. A 'Harcot' mintákban ugyanekkor 35%-kal, a 'Gönci magyar kajsz' mintákban pedig 28%-kal kevesebb borostyánkősavat mutattunk ki. Az utolsó érettségi stádiumban már hasonló mennyiségben volt mind a három fajta mintáiban. Az idő, fajta, illetve a kettő viszonya alapján varianciaanalízissel szignifikáns különbség mutatható ki, mindhárom hatás befolyásolta a borostyánkősav mennyiségét a gyümölcsben. A 'Harcot' fajta szignifikánsan különbözött a 'Gönci magyar kajsz' és 'Bergeron' fajtáktól a borostyánkősav tartalmat tekintve.

A **citromsav mennyisége** sokkal alacsonyabb szintről indult, mint a másik két vizsgált szerves savé. Az első szedés után csökkent a gyümölcs citromsav tartalma, majd a 3. érettségi foktól a 'Gönci magyar kajsz' és 'Bergeron' mintákban enyhe, míg a 'Harcot' fajtánál

markánsabb emelkedést írtunk le. A 'Gönci magyar kajszi' mintákban is megfigyelhető a citromsav tartalmának nagyobb emelkedése a 6. érettségi foknál, azaz a 60%-os érettségi állapotú gyümölcsöknél. Az érés második felében a citromsav tartalom is beállt egy szintre, kiugró változást nem tapasztaltunk. Az ismételt mérésekre vonatkozó varianciaanalízis alapján megállapítható, hogy egyes hatások között jelentős különbség van. A Post Hoc elemzés szerint a fajták szignifikánsan különböznek egymástól.

Mindhárom fajtánál a 3. és 4. érettségi fok között a szerves savak megemelkedtek, majd az érés későbbi szakaszaiban ismét csökkenésnek indultak. Ez az időszak a csonthéjkeményedés időszakával egyezett meg.

A **titrálható savtartalom** változását csökkenő (negatív) logisztikus görbével ($y = p_0 + \frac{p_1 - p_0}{1 + \exp(-p_2(x - p_3))}$) modelleztük a 'Gönci magyar kajszi' és 'Bergeron' fajtáknál, illetve csökkenő (negatív) telítődési modellel ($y = p_1 + p_2 * (1 - \exp(-p_3 * (10 - X)))$) a 'Harcot' fajtánál. A 'Harcot' fajtánál azért ezt a modellt használtuk, mert a megfigyelési tartományban a titrálható savtartalom először lassú, majd egyre gyorsabb ütemű csökkenést mutatott, és a negatív logisztikus görbére jellemző újra lassuló csökkenésű szakasza hiányzott. Mindhárom fajta gyümölcsében a titrálható savtartalom csökkent az érés során, a 'Harcot' és 'Bergeron' titrálható savtartalmának csökkenése analóg lefutású volt. A modell a titrálható savtartalom csökkenését a 'Harcot' fajtánál 90,1%-ban, a 'Gönci magyar kajszi' fajtánál 99,0%-ban és a 'Bergeron' fajtánál 97,9%-ban magyarázza.

A fajták között a cukortartalom alapján szignifikáns különbséget tudunk kimutatni. A kajszi cukortartalmát döntő mértékben a **szacharóz** adta. Mindhárom fajta szacharóztartalma nőtt az érés során, azonban az első két szedési időpontban még nem találtunk kimutatható mennyiséget a gyümölcsökben. A növekedés logisztikus görbével írható le

($y = \frac{p_1}{1 + \exp(-p_2(x - p_3))}$). A modell a szacharóz növekedést a 'Harcot' esetében 94,7%-

ban, a 'Gönci magyar kajszi' fajtánál 99%-ban és a 'Bergeron' fajtánál 94,1%-ban magyarázza. A 'Harcot' és 'Bergeron' fajtáknál a csonthéjkeményedés végén és a gyümölcsfejlődés harmadik szakaszának kezdetén megtorpant a szacharóz mennyiségének változása, a 'Gönci magyar kajszi' mintákban egyenletes növekedést mutattunk ki. A legmagasabb szacharóztartalmat a 'Harcot' mintákban mértünk, a 'Gönci magyar kajszi' fajtánál 38%-kal, a 'Bergeron' fajtánál 19%-kal magasabbat. Az idő, fajta és a kettő interakciója is szignifikáns, tehát hatással bírnak a szacharóztartalomra. A 'Harcot' és

'Bergeron' fajták hasonlóak, a 'Gönci magyar kajszi' pedig az ezektől szignifikánsan különböző csoportba került.

Nagy mennyiségben volt még jelen a **glükóz**. A glükóztartalom változása a sajátos karaktert mutatott. Az első öt szedési időpontra vonatkozó adatainkat külön is megvizsgáltuk, mert ezen a szakaszon a változás élesen különböző jelleget öltött. Az első öt szedési időpontban ugyanis a változás konstans tag nélküli másodfokú függvénnyel jellemezhető az $y = b_1t + b_2t^2$ alakban, ahol t az időt jelöli. A gyümölcskezdeményben már kötődés után jelen volt a glükóz, majd igen hamar felhalmozódott a növekedő gyümölcsben. A tetőpontot a harmadik szedési időpontban érte el. Ezután egyenletes glükóztartalom csökkenés indult el, mely a szacharóz felhalmozódással egyenes arányban állt. Az alkalmazott modell a 'Harcot' fajtánál 91,3%-ban, a 'Gönci magyar kajszi' fajtánál 97,5%-ban és a 'Bergeron' fajta esetében 96,9%-ban magyarázza a jelenséget. A fajta hatása a teljes szedésidőre vonatkozóan nem szignifikáns, azonban az idő és a kettő interakciója igen. Ha azonban a szedésidőt kettéválasztjuk az 1-5, valamint a 6-10, azaz a 10 - 50%-os, illetve 60 - 100%-os érettségi állapotoknak megfelelő szakaszokra, akkor a fajta hatása mindkét szakaszon szignifikáns. A 'Harcot' és a 'Gönci magyar kajszi' nem különbözik szignifikánsan az első szakaszon, a 'Bergeron' ezektől szignifikánsan eltér. A fajták mindegyike szignifikánsan különböző csoportba került.

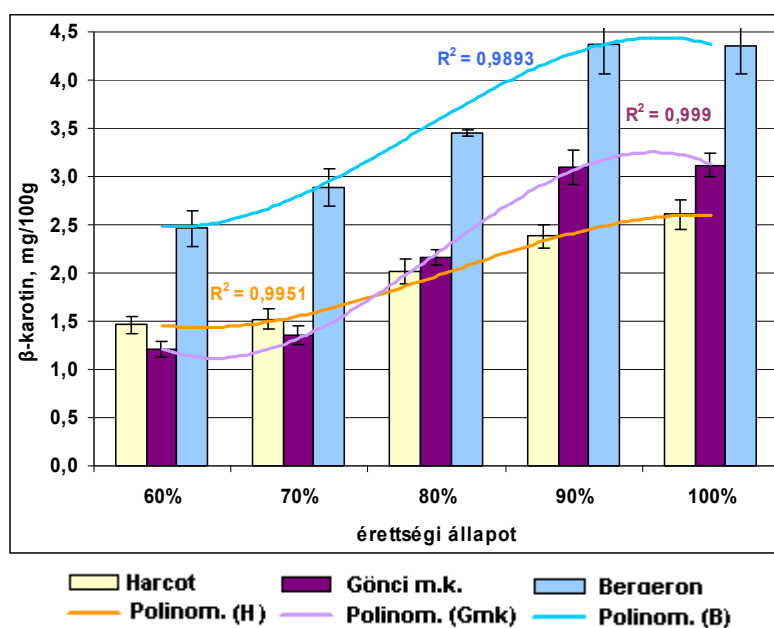
A **fruktóztartalom** mindhárom fajta esetében hasonlóan alakult. A 'Harcot' gyümölcsseiben a 3. érettségi foknál a fruktóztartalom 60%-os növekedést mutatott, majd ismét csökkenésnek indult. Ezen kívül még két esetben fordult elő a fruktóz mennyiségének emelkedése, a 6. és 9. érettségi fokoknál. A 'Bergeron' fruktóz tartalma is megemelkedett ezekben az időpontokban. A 'Gönci magyar kajszi' gyümölcsseiben kevésbé ingadozott a fruktóz mennyisége, mindössze a 6. érettségi fokú mintákban mutattunk ki 40%-os emelkedést, majd ismét lecsökkent. Az ismételt mérésekre vonatkozó varianciánális szerint a fruktóz mennyiségére szignifikáns hatással volt mind a fajta, az idő menete, illetve a kettő interakciója. A fajták közül az elemzések során a 'Gönci magyar kajszi' és a 'Bergeron' bizonyult hasonlóknak, ezektől a 'Harcot' szignifikánsan különbözött.

A **szorbitol** az egyetlen cukoralkohol, amelyet mértünk a folyadékkromatográfiás vizsgálatok során. A szorbitol a 6. érettségi foknál emelkedett meg jelentősen mindhárom fajtánál, majd hirtelen lecsökkent és utána már nem változott a mennyisége a gyümölcsben az érés végéig. A 'Harcot' mintákban ez az emelkedés 17%-os, a 'Gönci magyar kajszi' mintákban 50%-os és a 'Bergeron' mintákban 61%-os volt. A csökkenés is markáns volt, 'Harcot' fajtánál 78%-os, 'Gönci magyar kajszi' fajtánál 82%-os, 'Bergeron' fajtánál pedig 47%-os volt. Ebben a mintavételi időszakban feltételezhető, hogy a hirtelen lecsökkenő

hőmérséklet hatására változás következett be az anyagcserében, és az oxidációs és redukciós folyamatok megváltozása jelezte a gyümölcsben a stresszre adott választ. A szorbitol mennyiségi változására az idő, fajta és kettő interakciója is szignifikáns hatással bír. A szorbitol alapján a 'Harcot' és 'Bergeron' fajták hasonlóak, ezektől a 'Gönci magyar kajszi' szignifikánsan különbözik.

A fajták **vízoldható szárazanyag-tartalma** az érés során nőtt. A növekedés logisztikus görbével írható le ($y = p_0 + \frac{p_1 - p_0}{1 + \exp(-p_2(x - p_3))}$). A modell a vízoldható szárazanyag-tartalom növekedését 96,5%-ban magyarázza a 'Harcot' fajtánál, 99,7%-ban a 'Gönci magyar kajszi' fajtánál és 98,4%-ban a 'Bergeron' fajta esetében. A 'Bergeron' és a 'Gönci magyar kajszi' szignifikánsan különbözött egymástól a vízoldható szárazanyag-tartalom alapján, míg a 'Harcot' hasonlóságot mutatott az előbbi két fajtával.

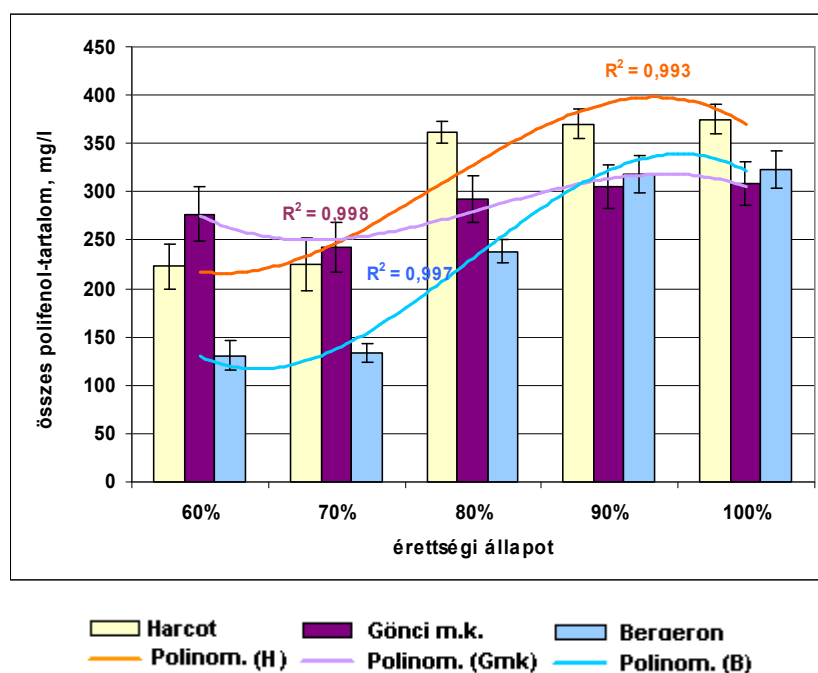
Megvizsgáltuk a **β -karotin tartalom** változását az érés alatt (5. ábra). A három vizsgált fajta, valamint az egyes érettségi állapotok között jelentős különbségek mutathatók ki. A 'Bergeron' fajta kiemelkedően magas karotin tartalommal rendelkezett a 'Gönci magyar kajszi' és a 'Harcot' fajtákhoz képest. A 'Bergeron' fajta gyümölcseiben már igen korán, a 60%-os érettségnél magas β -karotin tartalmat mértünk. Az érés során ez a markáns különbség megmaradt. 100%-os érettségnél a 'Bergeron' a 'Harcot' fajtánál 40%-kal, a 'Gönci magyar kajszi' fajtánál 29%-kal magasabb β -karotin tartalommal rendelkezett. A 'Harcot' és 'Gönci magyar kajszi' fajták gyümölcseiben 60-80%-os érettségben hasonló mennyiséget mértünk, majd ezután a magyar fajtában ugrásszerűen emelkedett a β -karotin tartalom a kanadai fajtához képest, 90%-os érettségben 24%-kal több β -karotint mutattunk ki.



5. ábra: Három kajszifajta gyümölcseinek β -karotin tartalmának változása az érés alatt (2010)

Az érés alatt mindhárom fajtánál egyenletes növekedés írható le, mely az érési folyamat végén tetőződött. A 90 és 100%-os érettségben lévő gyümölcsök között nem volt szignifikáns különbség, tehát a fogyasztói érettségre már elérte a legtöbb fajta a rá jellemző β -karotin tartalmat. A 80 és 90%-os érettség között még kimutatható különbség volt. Az ipari feldolgozásra alkalmas érettségi állapotban lévő 'Gönci magyar kajszi' és a 'Bergeron' fajták gyümölcsei közel 20%-kal alacsonyabb karotin tartalommal rendelkeztek, mint a friss fogyasztásra szedett gyümölcsök. A 'Harcot' fajtánál kisebb volt a különbség, alig 16%-os növekedést tapasztaltunk.

Megmértük a három kajszifajtának az **összes polifenol-tartalmát** is az érés alatt (6. ábra). A fajták között szignifikáns különbséget találtunk. Kiemelkedően magas értéket mértünk a 'Harcot' fajta gyümölcseiben, mely 18%-kal több, mint a 'Gönci magyar kajszi' és 14%-kal nagyobb, mint a 'Harcot' fajta 90%-os érettségű gyümölcseiben kimutatott értékek. A 60 és 70%-os érettségben a 'Gönci magyar kajszi' gyümölcseiben több polifenol-tartalmat állapítottunk meg, mint a 'Harcot' mintáiban. A 'Gönci magyar kajszi' gyümölcsei már 60%-os érettségben is magas polifenol-tartalommal rendelkeztek, amely később alig, vagy csak kismértékben növekedett. A 'Bergeron' gyümölcseiben volt a legalacsonyabb a polifenol-tartalom, a 60%-os érettségi állapotú gyümölcsökben a 'Gönci magyar kajszi' fajtánál 48%-kal, a 'Harcot' fajtánál pedig 33%-kal kisebb értéket mértünk. A 90%-os érettségi állapotban azonban a 'Bergeron' utolérte a magyar fajtát, mert közel azonos mennyiségben volt jelen mindkét fajtában polifenol. Az utolsó három érettségi állapotban (80 - 100%) a 'Gönci magyar kajszi' és 'Harcot' fajták mintáiban nem mutattunk ki nagy változást, a 'Bergeron' fajtánál a 90 és 100%-os érettségi állapotokban már azonos mennyiséget mértünk.



6. ábra: Három kajszifajta gyümölcseinek polifenol-tartalmának változása az érés alatt (2010)

A felhasználás szempontjából fontos érettségi állapotok (80 és 90%) között kimutatható különbséget egyedül a 'Bergeron' fajtánál tapasztaltunk, amelynél a 90%-os érettségben 25%-kal több polifenol-tartalom volt kimutatható. A 'Harcot' és 'Gönci magyar kajszi' fajták 80 és 90%-os érettségi állapotú gyümölcsei között nem tapasztaltunk markáns különbséget. Összességében elmondható, hogy az összes polifenol-tartalom az érés során nőtt a 'Harcot' és 'Bergeron' fajtáknál, a 'Gönci magyar kajszi' fajtánál ez a növekedés kicsi volt.

Új tudományos eredmények

1. Öt kajszifajta különböző típusú termővesszőkön történő virágrügyfejlődésének fenológiai folyamatát írtam le részletesen és elemeztem három évjáratban egy magyarországi termőhelyen.
2. Elvégeztem egy kiemelt fontosságú kajszifajta virágrügyfejlődésének részletes szövettani elemzését.
3. Pollenmorfológiai vizsgálattal a pollen formája, az exine redőzöttségének mintája és a pollen felülete, mint eddig nem ismert fajtatulajdonság alapján csoportosítottam tíz kajszifajtát.
4. Kimutattam két abiotikus stressztűrés szempontjából fontos antioxidáns enzim (peroxidáz, polifenol-oxidáz) aktivitásának változását, valamint a különböző cukor komponensek mennyiségi változását különböző fagyűrűsű kajszifajták virágrügyeiben a téli nyugalmi időszak során.
5. Matematikai modellekkel írtam le három különböző érési idejű kajszifajta fizikai paramétereinek, cukor és sav összetevőinek változását a gyümölcsfejlődés és érés során.
6. A munka során megtörtént a humán táplálkozás szempontjából két fontos antioxidáns, a béta-karotin és a polifenol mennyiségi változásainak kimutatása az érés során kajszifajták gyümölcseiben.

Az értekezés témakörében megjelent publikációk

Impakt faktoros folyóiratcikkek

Németh, Sz., Szalay, L., Ficzek, G., Stéger-Máté, M., Sándor, G., Végvári, Gy. Tóth, M. (2011): Analysis of chemical parameters determining the fruit quality of apricot varieties during ripening. *Acta Alimentaria*. 40: 109-119. IF: 0.379 (2010)

Nem impakt faktoros, lektorált folyóiratcikkek

Németh, Sz., Szalay, L., Reményi, M. L. (2008): Flower bud differentiation in apricot. *International Journal of Horticultural Science*. 14 (4): 19-21.

Németh, Sz., Reményi, M. L., Szalay, L. (2009): A virágrügy-differenciálódás kezdeti szakasza kajszifajtákban. *Kertgazdaság*. 41(1): 17-20.

Németh, Sz., Reményi, M. L., Szalay, L. (2009): Development of apricot flower buds on different types of fruiting branches. *Acta horticulturae et regioteecturae*. 12: 89-91.

Németh, Sz., Ficzek, G., Stéger-Máté, M., Sándor, G., Végvári, Gy., Kállay, E., Tóth, M., Szalay, L. (2010): Changing of inert content values of apricot varieties. *International Journal of Horticultural Science*. 16 (2): 39-41.

Szalay, L., Németh, Sz. (2010): Phenological Processes of Dormancy in Apricot Genotypes in The Central Part of the Carpathian Basin. *Acta Horticulturae*. 862: 251-255.

Németh, Sz., Reményi, M. L., Szalay, L. (2010): Flower Bud Development of Apricot Varieties During Paradormancy. *Acta Horticulturae*. 862: 279-281.

Németh, Sz., Ficzek, G., Szalay, L., Tóth, M. (2010): Evaluation of inner content of promising apricot varieties for proessing in industrial ripening time. *Review of Faculty of Engineering, Analecta Technica Szegediensia*. 171-177.

Németh, Sz., Hajnal, V., Szalay, L., Végvári Gy. (2011): Négy magyar kajszifajta beltartalmi értékeinek összehasonlítása. *Kertgazdaság*. 43(1): 19-22.

Nemzetközi konferencia kiadványok (full paper)

Németh, Sz., Ficzek, G., Végvári, Gy., Sándor, G., Szalay, L., Tóth, M. (2008): Determination of sugar- and acid-fractions of apricot varieties by HPLC during ripening. *ICoSTAF2008 (november 5-6), Szeged*. 153-158.

Nemzetközi konferencia kiadványok (abstract)

Németh, Sz., Vécsei, B., Hajnal, V., Ficzek, G., Szalay, L., Tóth, M. (2011): Role of health care of promising apricot cultivars. 2nd Balkan Symposium on Fruit Growing (5-7. September), Pitesti, Romania. Book of abstracts, 13-14.

Szalay, L., Vécsei, B., Németh, Sz., Hajnal, V., Ficzek, G. (2011): Fruit quality parameters of foreign apricot cultivars in Hungary. 2nd Balkan Symposium on Fruit Growing (5-7. September), Pitesti, Romania. Book of abstracts, 73-74.

Magyar nyelvű konferencia kiadványok (full paper)

Németh, Sz., Reményi, M. L., Szalay, L. (2008): Kajszi-fajták virágrügyeinek fejlődése. XIV. Ifjúsági Tudományos Fórum, Növénytermesztés- Kertészet Szekció (április 3.). Keszthely. CD-ROM (ISBN 978-963-9639-24-9) 371-375.

Németh, Sz., Szalay, L. (2009): Kajszi virágrügyek fejlődésének mérhető paraméterei. XV. Növénynevelési Tudományos Napok, Hagyomány és haladás a növénynevelésben (március 17.) Budapest. 372-376.

Hajnal, V., Vécsei, B., Németh, Sz., Tóth, M., Szalay, L. (2011): Külföldi kajszi-fajták virágrügyeinek fagyállósága. LIII. Georgikon Napok. Keszthely, 2011. szeptember 29-30. 347-353.

Magyar nyelvű konferencia kiadványok (abstract)

Szalay, L., Németh, Sz. (2007): Kajszi-fajták virágrügyeik fejlődése a téli nyugalmi időszakban különböző hosszúságú termőrészekben. Lippay János -Ormos Imre - Vas Károly Tudományos ülésszak (november 7-8.), Budapest. Összefoglalók, 204-205.

Szalay, L., Németh, Sz. (2008): Kajszi- és őszibarackfajták virágrügyeinek fagyállósága a téli nyugalmi időszakban. 54. Növényvédelmi Tudományos Napok (február 27 – 28.), Budapest. Összefoglalók, 77. p.

Szalay, L., Németh, Sz. (2008): Mandula-, kajszi- és őszibarackfajták áttelelő szerveinek fagyállósága. XIV. Növénynevelési Tudományos Napok (március 12.), Budapest. Összefoglalók, 130. p.

Németh, Sz., Hajnal, V., Végvári, Gy., Szalay, L. (2010): Kajszi-fajták beltartalmi összetevőinek összehasonlítása feldolgozásra alkalmas érettségi állapotban. XVI. Növénynevelési Tudományos Napok (március 11.), Budapest. Összefoglalók, 106. p.

Hajnal, V., Vécsei, B., Németh, Sz., Szalay, L. (2011): Ígéretes külföldi kajszifajták áttelelő szerveinek fagyállósága. XVII. Növénynevelési Tudományos Napok (április 27.), Budapest. Összefoglalók, 86 p.

Németh, Sz., Vécsei, B., Hajnal, V., Ficzek, G., Szalay, L., Tóth, M. (2011): Perspektivikus kajszifajták egészségvédő értékei. XVII. Növénynevelési Tudományos Napok (április 27.), Budapest. Összefoglalók, 94 p.

Szalay, L., Vécsei, B., Németh, Sz., Hajnal, V., Ficzek, G. (2011): Külföldön nemesített kajszifajták gyümölcsminőségi paraméterei. XVII. Növénynevelési Tudományos Napok (április 27.), Budapest. Összefoglalók, 98 p.

Az értekezés témaköréhez nem közvetlenül kapcsolódó publikációk

Impakt faktoros folyóiratcikkek

Szalay, L., Timon, B., Németh, Sz., Papp, J., Tóth, M. (2010): Hardening and dehardening of peach flower buds. Hort Science. 45(5): 761-765. IF: 0,886

Nem impakt faktoros, lektorált folyóiratcikkek

Szalay L., Németh Sz., Gyökös, I. G. (2009): Kajszi kompakt váza faalak adaptációja magyarországi viszonyokra. Kertgazdaság. 41(1): 21-28.

Szalay, L., Németh, Sz., Hegedűs, A., Stefanovits-Bányai, É. (2009): Cold hardiness and biochemical changes in peach flower buds. Acta horticulturae et regiotecturae. 12: 104-107.

Nemzetközi konferencia kiadványok (abstract)

Németh, Sz., Szalay, L. (2009): Quantitative Parameters of Peach and Apricot Flower Bud Development. 7th International Peach Symposium (8-11. June), Lleida, Spain. Book of abstracts, 104. p.

Szalay, L., Németh, Sz., Timon, B., Végvári, Gy. (2009): Frost hardiness of peach and apricot flower buds. 7th International Peach Symposium (8-11. June), Lleida, Spain. Book of abstracts, 118. p.

Magyar nyelvű konferencia kiadványok (full paper)

Szalay, L., Németh, Sz., Timon B. (2009): A virágrügyek fagyállósága, mint a kajszi- és őszibarackfajták értékét meghatározó tulajdonság. XV. Növénynevelési Tudományos Napok, Hagyomány és haladás a növénynevelésben (március 17.) Budapest. 462-466.

Magyar nyelvű konferencia kiadványok (abstract)

Szalay, L., Hegedűs, A., Németh, Sz., Stefanovits-Bányai, É. (2007): A stresszszimek aktivitásának változása őszibarackfajták virágrügyeiben a téli nyugalmi időszakban. Lippay János -Ormos Imre - Vas Károly Tudományos ülészak (november 7-8.), Budapest. Összefoglalók, 206-207.

Németh, Sz., Ficzek, G., Szalay, L., Tóth, M. (2009): Kajszi fajták állományprofiljának változása az érés során. Lippay János -Ormos Imre - Vas Károly Tudományos ülészak (október 28-30.), Budapest. Összefoglalók, 202-203.

Szalay, L., Németh, Sz., Timon, B. (2009): Őszibarack virágrügyek és virágok fagyállósága. Lippay János -Ormos Imre - Vas Károly Tudományos ülészak (október 28-30.), Budapest. Összefoglalók, 232-233.

Szalay, L., Németh, Sz., Gyökös, I.G. (2009): Kompakt váza faalak intenzív kajszi ültetvények számára. Lippay János -Ormos Imre - Vas Károly Tudományos ülészak (október 28-30.), Budapest. Összefoglalók, 234-235.

Szalay, L., Takács, O., Németh, Sz., Ficzek, G., Timon, B. (2010): Beltartalmi és egészségvédő értékek génbanki őszibarack fajtagyűjtemény genotípusainak gyümölcseiben. XVI. Növénynevelési Tudományos Napok (március 11.), Budapest. Összefoglalók, 129.

