

# **AKADÉMIAI DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

**Kajszi- és őszibarackfajták gyümölcsképzése, valamint a fagyérzékenység, mint ezt a folyamatot veszélyeztető tényező**

*a kutatási eredmények rövid összefoglalása*

**Szalay László**

**Budapest**

**2024**

<b>Tartalomjegyzék</b>	oldal
<b>1. Bevezetés és célkitűzés</b>	<b>3</b>
<b>2. Módszerek</b>	<b>6</b>
<b>3. Eredmények</b>	<b>8</b>
<b>3.1. Generatív fejlődési folyamatok</b>	<b>8</b>
<i>3.1.1. Kajszi- és őszibarackfajták virágrügyfejlődése, virágzása és érése</i>	8
<i>3.1.2. Generatív folyamatok összefüggése a meteorológiai paraméterekkel</i>	10
<i>3.1.3. A virágrügyek mélynyugalmának vége, hidegigény, melegigény</i>	10
<b>3.2. Fagytűrés-fagyérzékenység</b>	<b>11</b>
<i>3.2.1. Szabadföldi fagykár vizsgálatok eredményei</i>	11
<i>3.2.2. A mesterséges fagyasztásos kísérletek eredményei</i>	12
<i>3.2.3. Fagytűrés a virágzási időszakban</i>	14
<b>3.3. Összefüggések a fagytűrés és a generatív fejlődési folyamatok között</b>	<b>16</b>
<b>4. Új tudományos eredmények</b>	<b>17</b>
<b>5. A gyakorlat számára átadható eredmények</b>	<b>17</b>
<b>Köszönetnyilvánítás</b>	<b>18</b>
<b>A dolgozat alapját képező publikációk</b>	<b>19</b>

## 1. Bevezetés és célkitűzés

A kajszi és az őszibarack régóta fontos helyet foglal el Magyarország gyümölcs-termesztésében. Sajnos az ültetvények területe és a termés mennyiség az utóbbi három évtized során csökkenő tendenciát mutatott, és nagy volt az évjáratok között a különbség a piacra kerülő termés mennyiségében. A nagy hagyománnyal rendelkező ágazat válságos éveket él át, amihez hozzájárult többek között a tulajdonviszonyok átalakulása, az értékesítési formák megváltozása, a külföldi konkurencia megjelenése a piacon, a fejlesztések elmaradása és a környezeti tényezők átalakulása. A külföldön is híres, korábban fontos exportcikknek számító két gyümölcsfaj termesztésének újbóli fellendítéséhez nagyon fontos a tudományos alapokon végzett kutató, fejlesztő és innovációs munka.

Mindkét faj emberi közvetítéssel került a távolkeleti géncentrumából a világ számos más helyére, így a Kárpát-medencébe is. Nehéz pontosan megmondani, hogy mikortól számíthatjuk a két faj termesztését a mi vidékünkön. A Római Birodalom késői időszakában azonban a mai Dunántúl területén már foglalkoztak velük, és szívesen fogyasztották kellemes ízű gyümölcszeit. Főként az akkori villagazdaságok területén ültettek külföldről behozott fákat. Később aztán fokozatosan elterjedt mindkét faj azokon a területeken, ahol kedvező ökológiai és talajadottságok voltak számukra. Az elmúlt századokra tehető, hogy a telepítések helyének kiválasztásánál más szempontok is előtérbe kerültek. A felvevő piacok közelsége, a jó közlekedési lehetőségek, vagy éppen a futóhomok megkötésének igénye sokszor fölülrta az ökológiai szempontokat. Így olyan területeken is nagy természetű körzetek alakultak ki, ahol a termésbiztonság nem megfelelő.

A kajszi és az őszibarack nem tartozik a könnyen termesztendő gyümölcsfajok közé. Igényesek a környezeti feltételekre, fogékonyak sok betegségre, számos kártevőjük is van. Az abiotikus tényezők közül terméshozásukat leginkább a téli és tavaszi fagykarak veszélyeztetik. A hazánkban nagy mennyiségben termesztett mérsékelt égövi gyümölcsfajok közül a fagyérzékeny, korán virágzó fajok közé tartoznak. Ez adódik abból, hogy nem őshonosak a mi vidékünkön, és eredeti termőhelyükön másféle környezeti viszonyok uralkodnak. Mindez felhívja a figyelmet a termőhely megválasztásának fontosságára, ami a termésbiztonság legfontosabb tényezője ezeknél a fajoknál. Ugyanakkor az elmúlt évek bebizonyították, hogy abszolút biztonságos termőhely nincs, csak olyan, ahol ritkábban vagy sűrűbben fordulnak elő fagykarak. A fajták megválasztása szintén kulcskérdés mindkét fajnál. Fontos, hogy olyan fajtákat telepítsünk, amelyek rendszeresen kiváló minőségű, jól értékesíthető termést hoznak az adott termőhelyen. A fajták választéka ma sokkal bőségebb, mint egy-két évtizeddel ezelőtt. A Kárpát-medencében kialakult tájfajták mellett az új ültetvényt létesítők választhatnak a klónszelekcióval kiemelt, valamint a hazai és külföldi nemesítő műhelyekben keresztezéses nemesítéssel előállított fajták közül is. Nem könnyű a gazdáknak eldönteni, hogy mely fajtákat részesítsék előnyben. A nemesítők és a kutatók felelőssége, hogy a fajtákról a lehető legbőségebb és korrekt információkat szolgáltatassanak a gyümölcstermesztők számára. Ennek alapja a fajtaérték-kutatás, amelynek ki kell terjedni a gyümölcsminőségi, alaktani, fenológiai, termékenyülési, betegség-ellenállósági jellemzőkön kívül a fajták környezeti stresszekkel szembeni tűrőképességének részletes vizsgálatára is. A termesztési tapasztalatokból is tudjuk, hogy nagyon nagy különbségek vannak a fajták között valamennyi felsorolt vizsgálati szempontból. Ezek pontos meghatározása azonban csak kísérleti ültetvényekben végzett több éves kutatómunka alapján lehetséges.

Mindkét faj igényli a gondos és szakszerű termesztéstechnológiai műveletek elvégzését, enélkül nem várható piacképes termés. A szüret, az áruvá készítés és a piacra juttatás szintén nagy szakértelmet és odafigyelést igényel, és sok szempontból különbözik a többi gyümölcsfajtól. A kajszi és az őszibarack is speciális érésbiológiai jellemzőkkel bír.

Klimaktérikus típusú, utóérő képességgel rendelkező gyümölcsük van, amit ki is használunk a távoli piacokra történő szállításnál, és nem teljes érettségben szüreteljük a gyümölcsöket. Ugyanakkor érési folyamataik gyorsak, a többi klimaktérikus típusú gyümölcsfajtól (alma, körte) eltérően nem tárolhatók hosszú ideig. A velük való bánást az is megnehezíti, hogy nem egyszerre érnek a gyümölcsök a fán, érésük elhúzódó.

A kajszi- és az őszibarackültetvényekben, hasonlóan más gyümölcsfajokhoz, ma alapvető követelmény a környezetkímélő, gazdaságos és versenyképes termesztés megvalósítása. Ehhez megfelelő termőhelyekre, korszerű művelési rendszerekre, precíz és gondosan végrehajtott termesztéstechnológiára van szükség. Mindezek egyes elemeinek kiválasztása, részleteinek kidolgozása nem képzelhető el korszerű és naprakész kutatási eredmények nélkül. A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kertészettudományi Intézet Gyümölcsstermesztési Tanszékén, a jogelőd intézményeket is ideértve, 1986-ban kezdődött el a kajszi- és őszibarackfajták részletes tanulmányozása. A Tanszéken korábban is foglalkoztak a két faj kutatásával, de ekkor létesült Szigetcsépen az a kísérleti ültetvény és génbank, amely lehetővé tette a korszerű fajtaérték-kutatási munka megkezdését. A kutatómunka, amelybe 1994-ben kapcsolódtam be, 2007-ig ezen a helyszínen folyt. A kiöregedett szigetcsépi kísérleti ültetvény leváltására Soroksáron új kísérleti ültetvény létesült 2003-ban. A kajszi és őszibarack fajtaérték-kutatási munka 2007-től Soroksáron folytatódott, amikor az új kísérleti ültetvény termőre fordult.

A Tanszék fajtagyűjteményét az elmúlt időszakban folyamatosan bővítettük. 2020-ban, jelen dolgozat adatfelvételezésének lezárásakor 75 kajszi- és 115 őszibarackfajtából állt. Ez a gyűjtemény jó alapot szolgáltat a kutatómunkához, amely során kezdettől arra törekedtünk, hogy a rendelkezésre álló eszközökkel és személyi feltételekkel a lehető legtöbb szempont szerint vizsgáljuk a fajtákat. A fő vizsgálati szempontok a következők: vegetatív és generatív növekedési, valamint fejlődési folyamatok (hajtásnövekedés, faméret, faalak, virágrügy-fejlődés, virágzás, gyümölcsfejlődés, érés), gyümölcsminőség és tárolhatóság (fizikai paraméterek, beltartalmi értékek, egészségvédő értékek), abiotikus stresszhatásokkal szembeni ellenállóképesség (szárazságtűrés, fagytűrés, télállóság), biotikus stressztűrés (kórokozókra való fogékonyság, kártevőkre való érzékenység), korszerű művelési rendszerekre való alkalmasság (művelési rendszer és metszési kísérletek). A sokrétű kutatási programból jelen dolgozatban a kajszi- és őszibarackfajták gyümölcsképzési folyamatával, valamint fagy- és télállóságával kapcsolatos eredmények kerülnek részletes elemzésre és bemutatásra. Emellett két közeli rokon faj, a mandula és az európai házi szilva egyes fajtáival végzett ilyen irányú kísérletek eredményei is bekerültek a dolgozatba, mert ez jó alkalmat szolgáltat a csonthéjas gyümölcsfajok jellemzőinek szélesebb körű összehasonlítására.

A kajszi és az őszibarack komplex fajtaérték-kutatási program eredményeiből a Tanszéken számos szakdolgozat, diplomamunka, TDK dolgozat, PhD dolgozat, valamint tudományos és ismeretterjesztő cikk, tankönyv és szakkönyv fejezet született az elmúlt 30 év során, mióta Szigetcsépen elkezdődött ez a munka. Emellett tudományos és szakmai konferenciákon, a Kísérleti Üzemben rendszeresen szervezett szakmai napokon és szaktanácsadás keretében is eljuttattuk az eredményeket az érdeklődőkhöz. A 2002-ben elkészült PhD dolgozatomban a kísérleti programnak a kajszi- és őszibarackfajták fagy- és télállóságára vonatkozó addigi eredményeit elemeztem. Jelen dolgozatomban döntően az azóta eltelt időszak kísérleti eredményeit dolgoztam föl. Néhány olyan témakörnél, amelyeknél a hosszú távú adatsorok fontosak a kutatás szempontjából, a korábbi kísérleti eredményeket is fölhasználtam az elemzések során.

A kutatási program fő céljaként a munka megkezdésekor a kajszi és az őszibarack termesztett fajtáinak minél jobb megismerését jelöltük meg, tudományos igényű kísérleti munkára alapozva. A fajtaérték-kutatás széleskörű érdeklődési területén belül a generatív folyamatok vizsgálatára helyeztük a fő hangsúlyt. A gyümölcsök, a termés kialakulása hosszú folyamat, amelynek során bonyolult élettani, biokémiai és morfológiai változások zajlanak le a növényekben, a genotípus öröklött tulajdonságai által vezérelve, de a környezeti tényezők sokasága által befolyásolva. Ezeket már régóta vizsgálják a kutatók, de sok még a feltáratlan részlet. Az eredményes gyümölcsstermesztés megvalósításához márpedig elengedhetetlen növényeink működésének minél pontosabb ismerete. Ezen a területen kívántunk elérni új tudományos eredményeket. A virágrügyfejlődés, a virágzás, a gyümölcsfejlődés és az érés kutatásának módszertani részletei nem egységesek a nemzetközi szakirodalomban, ezért célunk volt a módszerek továbbfejlesztése is. A kajszi és az őszibarack termesztése során az alacsony hőmérsékletek okoznak leggyakrabban terméskiesést. A fagyűrőképesség ezért a fajták kiemelt fontosságú jellemzője. Ezt többféle módszerrel vizsgálhatjuk. Kísérleti munkánk kezdeti szakaszában célul tűztük ki egy olyan módszer, kísérleti protokoll kidolgozását, amely lehetővé teszi a különböző genotípusokkal, helyszíneken és időpontokban végzett vizsgálatok eredményeinek biztonságos összehasonlítását. A kajszi és az őszibarack fajtaválasztéka igen bőséges, és a nemesítés eredményeként folyamatosan új fajták kerülnek bevezetésre. Ugyanakkor a régi fajták jellemzői, értékei sincsenek még megfelelően feltárva. Munkánk során a régi és az új fajták vizsgálatát egyaránt célul tűztük ki, amelyhez a Gyümölcsstermesztési Tanszék folyamatosan bővülő génbanki fajtagyűjteménye szolgáltatja a növényanyagot. A kutatási program 26 évre terjedt ki, így fontos feladatnak tekintettük a hosszú idősorú adatok részletes értékelését, az évjárat hatások megállapítását, a fejlődési folyamatok és a környezeti tényezők kapcsolatának feltárását, valamint az abiotikus tűrőképesség és a fenológiai folyamatok összefüggésének elemzését.

Az alábbiakban címszavakban pontokba foglaljuk a legfontosabb **célkitűzéseket** (a vizsgálatok kajszi- és őszibarackfajtákra vonatkoznak, ezért ennek megjelölését az egyes pontoknál mellőzzük, csak az ettől való eltérést jelöljük):

1. A virágrügyfejlődés vizsgálati módszereinek fejlesztése
2. A mikrosporogenezis folyamatának vizsgálata
3. A virágrügyek mélynyugalmának megszűnését jelző fejlődési folyamatok értékelése
4. Közeli rokon fajok (mandula, házi szilva) mikrosporogenezisének vizsgálata
5. A virágzási idő vizsgálata
6. Az érési idő vizsgálata
7. Szabadföldi fagykár felvételezések
8. A növényi szervek fagyállóság vizsgálati módszereinek fejlesztése
9. Az áttelelő szervek fagyűrésének meghatározása mesterséges fagyasztásos módszerrel
10. Közeli rokon fajok (mandula, házi szilva) fagyállóságának meghatározása laboratóriumi módszerekkel
11. A környezeti tényezők hatásainak elemzése a gyümölcsképzés fejlődési folyamataira
12. A klimatikus elemek és a fagyállóság összefüggéseinek meghatározása
13. A klímaváltozás hatásainak értékelése a generatív fejlődési folyamatokra és a fagyűrés alakulására 26 éves adatsorok elemzése alapján
14. A vizsgált fajok gyümölcsképzési és fagyűrési jellemzőinek összehasonlító elemzése

## 2. Módszerek

A vizsgálatok bázisát a Gyümölcsstermesztési Tanszék kísérleti ültetvényei és génbanki fajtagyűjteményei jelentették. Az adatfelvételezési időszak 1994 szeptemberben kezdődött, és 2020 őszén zárult. Ez alatt az időszak alatt az adott kísérleti munkák jellegétől függő időszakokban és időközönként folytak a szabadföldi felvételezések és a laboratóriumi vizsgálatok. A fenológiai és morfológiai vizsgálatokat a Gyümölcsstermesztési Tanszék laboratóriumaiban végeztük. A mesterséges fagyasztásos kísérletek elvégzése során más kutatóhelyekkel is együttműködtünk. A vizsgálatok részben a Tanszéken, részben az együttműködő partnerek laboratóriumában történtek. A dolgozatban 50 kajszii- és 70 őszibarackfajta vizsgálati eredményeit elemezzük. A rendelkezésre álló fajták közül mindig a kísérletek jellegének megfelelően választottuk ki a vizsgálatba vont fajták körét. A virágzási és érési idő, valamint a természetes fagykárak felvételezése mindegyik fajtán megtörtént. Egyes vizsgálatokat azonban technikai okok miatt nem tudtunk mindegyik fajtán elvégezni. Ezeknél a vizsgálatoknál szakmai szempontok és előzetes vizsgálati eredmények alapján döntöttünk a vizsgálatba vont fajták köréről, arra törekedve, hogy a legtöbb információ rendelkezésünkre álljon a korrekt következtetések levonásához és a hasznos, új tudományos eredmények eléréséhez. Néhány évben közeli rokon fajok (házi szilva, mandula) kiemelt fajtái is szerepeltek kutatási programunkban.

A kajszii- és őszibarackfajták virágrügyeinek fejlődését többféle módszerrel vizsgáltuk. A fő vizsgálati módszer a mikrosporogenezis folyamatának mikroszkópos vizsgálata volt. Ezt mindegyik évjáratban elvégeztük a kijelölt fajtákon.

Hat fejlődési fázist különítettünk el:

1. archespórium állapot - a portokokban differenciálatlan szövetállomány, archespórium található;
2. füzér állapot - a portokokban megkezdődött az archespórium szövet differenciálódása, a fokozatosan kialakuló pollen anyasejtek még összetapadva, füzerekben láthatók;
3. anyasejt állapot - a portokokban kész pollen anyasejtek találhatóak, amelyek a tárgylemezen egymástól elkülönülve láthatók;
4. tetrad állapot - a pollen anyasejtekben megtörtént a redukciós osztódás, a 4 részre történt osztódás következtében létrejött tetradok találhatóak a portokokban;
5. mikrospóra állapot - minden pollen anyasejtből 4 mikrospóra képződött, ezek elkülönülten találhatóak a portokokban;
6. pollen állapot - kialakultak a végleges pollenszemek, a portokokban a genotípusra jellemző alakú és mintázatú pollenek találhatóak.

Egyes évjáratokban a termőhossz növekedésének vizsgálatával, a rügycsökkenés mérésével, valamint szobahőmérsékleten történt hajtással is gyűjtöttünk adatokat a fajták virágrügycsökkenésének üteméről.

Kijelölt fajták hidegigényének meghatározása háromféle módszerrel történt, a +7,2°C alatti órák összegzése, az UTAH-Modell, és a Dinamikus Modell alapján. Mindegyikhez óránként mért hőmérsékleti adatokat használtunk. Ezek öt évjáratban álltak rendelkezésre. A fajták melegigényének meghatározásához a füzér állapot kezdete és a virágzás kezdete közötti időszakot vettük figyelembe, és az óránként mért hőmérsékleti adatok közül a fagyponthoz felelő értékeket összegeztük.

A virágzási időszakában kétnaponkénti felvételezéssel határoztuk meg a fajták virágzási idejének jellemzőit. Az érési időszakban 2-3 naponkénti bonitálással határoztuk meg a fajták érésének kezdeti és befejező napját.

A téli nyugalmi időszakban és a virágzáskor 2007 és 2020 között minden olyan alkalommal elvégeztük a generatív szervek fagykárosodásának felmérését, amikor súlyos fagykárt okozó lehűlések voltak.

A téli nyugalmi időszakban és a virágzáskor a generatív szervek fagyűrését mesterséges fagyasztásos kísérletekkel is vizsgáltuk erre kijelölt fajtákban. A vizsgálatokhoz az általunk kidolgozott protokollt alkalmaztuk. A klímakamrás kísérletek eredményei alapján meghatároztuk a fagyűrési középértékeket ( $LT_{50}$  értékeket). Ez azt a hőmérsékletet jelenti, ami az adott időpontban, az adott fajtában 50%-os fagykárt okoz. Évjáratonként szeptember 1 és a virágzás kezdete között meghatároztuk a vizsgált fajták virágrügyeinek fagyállósági profilját, amit az  $LT_{50}$  értékekkel jellemeztünk. A virágzási időszakban végzett mesterséges fagyasztásos kísérletek eredményei alapján a különböző fenológiai fázisokhoz tartozó fagyűrési középértékeket határoztuk meg.

A környezeti hatások elemzéséhez az 1994. január 1-től 2020. augusztus 31-ig terjedő időszak kísérleti helyeinkre vonatkozó napi maximum és minimum hőmérséklet ( $T_{max}$  és  $T_{min}$ ), napi csapadékmennyiség ( $R_f$ ), valamint napi napfénytartam (SOL) adatait használtuk föl. A hideg- és melegigény számításhoz 2014/15, 2015/16, 2016/17, 2018/19 és a 2019/20 télen az automata mérőállomás óránként mért hőmérsékleti adatait használtuk fel.

A kvantitatív jellemzőkkel rendelkező fenológiai folyamatok egyes stádiumainak kialakulása szigmoid függvénnyel közelíthető, illetve írható le. Ez érvényes a mikrosporogenezis folyamatára, a virágrügyek téli kivirágzási hajlamára hajtatással, a virágzás, valamint a gyümölcsfejlődés és érés stádiumainak kialakulására is. A statisztikai elemzésekhez a szigmoid grafikonok 50%-os értékéhez tartozó kvantiliseket tekintettük az egyik fenológiai fázisból a másikba történt átmenet időpontjának. Kivétel ez alól a virágzási időszak. A virágzáskezdetkor az 5%-os értékhez tartozó kvantilist vettük figyelembe, mivel az ültetvényben azt tekintjük a virágzáskezdet napjának, amikor a virágok 5%-a kinyílt. A virágzás vége stádiumban pedig a 95%-os értékhez tartozó kvantilissel számoltunk, mivel azt a napot tekintjük a virágzás végének, amikor a virágok 95%-a elnyílt. A fenológiai folyamatok elemzése során az időpontokat a január 1-től eltelt napok számával jellemeztük (Julian day).

A fagyűrési vizsgálatok eredményeinek értékelése az átlag és szórás értékek meghatározásával, valamint varianciaanalízissel és klaszteranalízissel készült. Összefüggés vizsgálatokat többféle módszerrel is végeztünk.

A vizsgálati eredmények elemzéséhez az Excel 365, az IBM SPSS Statistics 27 és a STATISTICA 13.5.0.17 (TIBCO Software Inc) programokat használtuk.

A dolgozat alapját képező tudományos cikkekben a statisztikai elemzések módszereinek részletes leírása megtalálható (Szalay et al. 2006a,b, 2008, 2010, 2012a, 2016, 2017, 2018, 2019, 2021a,b,c, 2022; Szalay and Németh 2010; Hajnal et al. 2013a; Szalay and Gyökös 2016).

A dolgozat készítése során végzett egyéb elemzések módszerei:

A kéttényezős varianciaanalízis (ANOVA) mellett vegyes lineáris modellt (REML) használtunk a fajták és az évek varianciakomponenseinek ( $\sigma^2$ ) becslésére a vizsgált tulajdonságok esetében. A varianciatényezők (genotípus, év és fejlődési fázis, vagy fagyűrés) közötti összefüggések jobb megértése érdekében főkomponens-elemzéseket, beleértve a biplot elemzéseket is végeztünk a különböző adatmátrixokon. A meteorológiai paraméterek és a fenológiai fázis, valamint a fagyűrés közötti összefüggések esetén többszörös lineáris regressziós analízist végeztünk a forward stepwise modul segítségével. Az első körben az alapvető meteorológiai paraméterek ( $R_f$ ,  $T_{min}$ ,  $T_{max}$ , Tave, SOL) kerültek beépítésre a regressziós modellekbe, míg a második körben a különböző küszöbhőmérséklet alatti és feletti napok számáról végeztünk hasonló elemzéseket annak érdekében, hogy képesek legyünk azonosítani azokat a lehetséges hőmérsékleti küszöbértékeket, amelyek jelentős hatással voltak a vizsgált tulajdonságokra.

### 3. Eredmények

#### 3.1. Generatív fejlődési folyamatok

##### 3.1.1. *Kajszi- és őszibarackfajták virágrügyfejlődése, virágzása és érése*

A virágrügyek fejlődésének fő vizsgálati módszere a mikrosporogenezis folyamatának nyomonkövetése volt. Emellett meghatároztuk a vizsgált fajták virágzási idejét, valamint érésének kezdetét és végét is. Ezen adatmátrixokon lefolytatott kéttényezős varianciaanalízis alapján megállapítottuk, hogy mind az évjárat, mind a genotípus szignifikánsan befolyásolta a fejlődési folyamatokat a kajszinál és az őszibaracknál is.

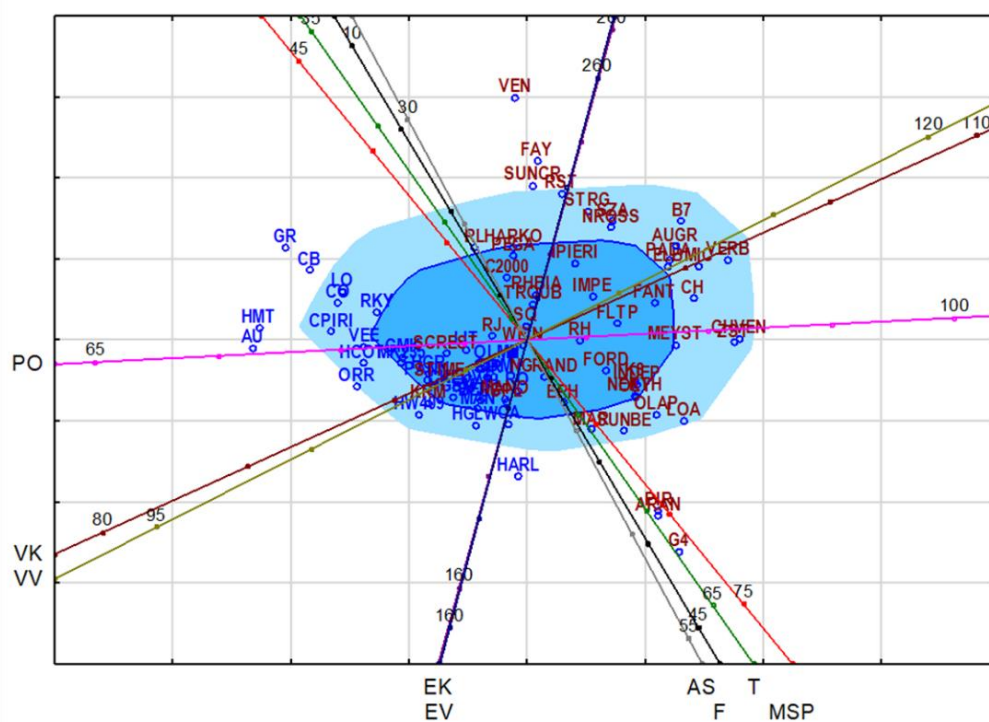
Kajszi fajták vizsgálata során kimutattuk, hogy az évek előrehaladtával a füzér állapot bekövetkezése egyre későbbre tolódott, ami a korai fajtáknál volt kifejezettebb. Az 'Aurora' és a 'Ceglédi bíborkajszi' esetében a vizsgálati periódusban évente átlagosan 0,75 nappal később következett be a füzér állapot. A tetrád és kisebb mértékben a mikrospora állapotok esetében fordított tendencia mutatkozott. Egyrészt az évek előrehaladtával a tetrád bekövetkezése egyre korábbra tolódott, másrészt ez a változás leginkább a késői fejlődésű fajtáknál jelentkezett egyre erőteljesebben. A legkésőbbi fajta a 'Harlayne' esetében a tetrád állapot évente már átlagosan 0,78 nappal korábban következett be az elmúlt 26 év alatt. A vizsgált kajszi fajták virágzási ideje is fokozatosan egyre korábban következett be a vizsgálati időszak alatt. A 26 év során szintén nagy ingadozás volt mindegyik kajszi fajtánál az érési időben, emellett az érési idők korábbra tolódását figyeltük meg. A legkorábbi 'Aurora' az évek átlagában június 12-én kezdett érni, és évente átlagosan 0,32 nappal került korábbra az éréskezdet, ez 26 év alatt 8 nap változást jelent. A 'Gönci magyar kajszi' éréskezdetének átlagos napja július 7-re esett a vizsgálati időszakunkban, évente átlagosan 0,52 napos változással (14 nap 26 év alatt). A késői 'Rózsakajszi C.1406' átlagosan július 22-én kezdett érni, és évente 0,4 nappal tolódott korábbra az érése, ez 26 év alatt 10 nap változást jelent.

Az őszibarackfajták esetében is megvizsgáltuk, hogy kimutatható-e valamilyen tendencia a mikrosporogenezis és a virágzási idő egyes fázisainak bekövetkezésében a 26 vizsgálati év mentén. Az elemzések alátámasztották, hogy a kajszihoz hasonlóan itt is kimutatható volt szignifikáns változás, amelynek mikéntje azonban több szempontból is eltért a kajszinál tapasztaltaktól. Egyrészt a füzér stádium bekövetkezésében az évek közötti véletlenszerű szórás jóval nagyobbak bizonyult, ami elfedte az esetleges trendszerű változások statisztikai bizonyíthatóságát. Másrészt a különböző mikrosporogenezis sebességű őszibarackfajták között nem volt jelentős különbség a trendvonalak paramétereiben. A vizsgálati évek mentén az őszibarackfajták füzér állapota egyre későbbre, míg a tetrád, a mikrospora állapot és a virágzáskezdés stádiumai egyre korábbra tolódtak. A változás mértéke a mikrospora stádiumban volt a legnagyobb 1,2 nap/év, ami a virágzás kezdetére átlagosan 0,4 nap/év értékre mérséklődött. Az őszibarackfajták érése június közepétől szeptember elejéig tartott. Mindegyik fajtánál nagy volt az évenkénti ingadozás, és az érési idő fokozatos korábbra tolódását figyeltük meg. A legkorábbi fajta, a 'Kraprim' éréskezdetének átlagos napja június 19 volt, de 1996-ban ennél jóval később, június 28-án, 2007-ben pedig jóval korábban, június 8-án kezdtek el érni a gyümölcssei. A közepes érési idejű 'Redhaven' a 26 év átlagában július 27-én kezdett érni, de 1996-ban augusztus 4-én, 2007-ben és 2018-ban pedig július 17-én kezdődött el gyümölcsseinek érése. A késői 'Vérbarack' átlagos éréskezdet szeptember 7-én volt. 1996-ban szeptember 15-én, 2007-ben pedig már augusztus 28-án kezdtek el érni a gyümölcssei.

A két csonthéjas faj fenológiai folyamatainak összehasonlítása céljából az összevont adatmátrixaikon főkomponens elemzést végeztünk, amelynek fő eredményeit szemlélteti az 3.1.1. ábra standardizált biplot grafikonja, ahol feltüntettük a 30 kajszi- és az 50 őszibarackfajta csoportjaiban az egyes fenológiai fázisokra jellemző átlagértékeket is. A két faj



szignifikánsan elkülönült egymástól e tulajdonságok mátrixa alapján, a kajszi átlagértékei minden esetben korábbiak voltak az ősziarackénál. Míg a mikrosporogenezis egyes fázisaiban 5,1 és 9,4 nap volt a különbség a két faj között, addig ez a különbség 24 napra növekedett az érési idő tekintetében. Az egyes fázisértékek azonban nem egyforma súllyal játszottak szerepet a kajszi- és ősziarackfajták egymáshoz viszonyított csoportosításában. A kilenc fenológiai fázis nyolc mezőre osztotta fel a grafikon területét, mivel egyes paraméterek szorosabban kapcsolódtak egymáshoz, összesen négy vektort alkotva. Így a füzér, anyasejt, tetrad és mikrospóra állapotok közösen alkottak egy változócsoporthot, ugyanígy a virágzás kezdete és vége, valamint az érés kezdete és vége is egymással csoportosultak, míg negyedikként a pollen állapot egyedül állt. E mezőfelosztás alapján a kajszi-fajták között kisebb mértékű szóródás volt megfigyelhető, mint az ősziarackok esetében; döntő többségük a 8 mező közül csak háromban csoportosult, ezen belül is a pollen és az érési idő vektorok által kijelölt korai részterületen és csak négy fajta volt kiugró.



	F	AS	T	MSP	PO	VK	VV	ÉK	ÉV
Kajszi	23,3	37,4	47,0	55,9	76,7	89,5	102,2	189,5	197,4
Őszib.	30,3	42,5	53,6	63,1	86,1	97,6	109,8	213,4	221,4
T-próba	3,8E-06	3,9-05	8,6E-08	1,1E-09	4,5E-30	3,1E-38	1,9E-39	1,8E-08	2,2E-08

3.1.1. ábra Kajszi- (kék fajtanév rövidítések) és ősziarackfajták (vörös fajtanév rövidítések) fenológiai folyamatainak – mikrosporogenezis, virágzási és érési idő – összehasonlítása standardizált bi-plot ábrával és a két faj átlagértékeivel a 26 vizsgálati év alapján

### **3.1.2. Generatív folyamatok összefüggése a meteorológiai paraméterekkel**

A 26 év adatai alapján részletesen elemeztük a különböző meteorológiai paraméterek és a rügyfejlődés folyamata közötti összefüggéseket. Két alapvető megállapítás vonható le a többszörös regressziós elemzés eredményeiből. Egyrészt az egyes meteorológiai paraméterek szignifikánsan és esetenként nagy arányban befolyásolták a fejlődési folyamatokat, másrészt meghatározó szerepüknek a milyensége és mértéke elsősorban a rügyfejlődés fázisai között mutatott jelentős különbséget, és a két faj között csak kisebb eltérés volt. Ezek alapján a meteorológiai paraméterek hatása a füzér állapot esetében volt a legkevésbé bizonyítható, míg a későbbi fázisok felé haladva szerepük jelentősen fokozódott. A paraméterek közül a hőmérséklet és ezen belül is a maximum hőmérséklet szerepe volt a legerőteljesebb, ami a tetrád állapottól kezdve a fenotípusos variancia több mint 80%-át határozta meg, a legnagyobb arányban a virágzás kezdetét befolyásolva mindkét faj esetében. Kisebb mértékben, de hasonló ívet mutatott az átlagos hőmérséklet is a rügyfejlődés mentén. A csapadék havi mennyisége (Rf) és a napsütötte órák száma (SOL) csak kisebb mértékben járult hozzá a fenológiai folyamatok alakulásához. Ezen belül az Rf szerepe a későbbi rügyfejlődési fázisokban volt a kifejezettebb. A legnagyobb értékeket mindkét faj esetében a virágzás kezdete stádiumban mutattuk ki, ahol az Rf determinációs koefficiense meghaladta a 40,0%-ot. A SOL esetében ilyen fejlődés menti tendencia nem volt megállapítható.

### **3.1.3. A virágrügyek mélynyugalmának vége, hidegigény, melegigény**

A virágrügyek mélynyugalmának megszűnéséhez szükséges hidegigény, és a kivirágzáshoz szükséges melegigény meghatározása számtalan bizonytalansággal terhelt. Ennek ellenére munkánk során a szakirodalomban található modellek segítségével elvégeztük ezeket a számításokat, a rendelkezésünkre álló adatok felhasználásával. Öt évjáratban álltak rendelkezésünkre ehhez óránként mért hőmérsékleti adatok. A kajszi- és ősziarackfajták mélynyugalmának végét a füzér állapot kezdete alapján határoztuk meg. A hidegigény számítását háromféle módszerrel végeztük el (7,2°C alatti órák száma, UTAH modell, Dinamikus modell). A fajták melegigény értékeit hőegységekben adtuk (GDH = growing degree hours).

A 7,2°C alatti órák számát összegezve a kajsziarackfajták hidegigényére az öt év átlagában 1468 és 1776 közötti értékeket kaptunk. Az évjáratok közötti különbségek mindegyik fajtánál nagyok voltak, az átlagtól való legnagyobb eltérés 24 és 30% között volt. Az Utah modellel számolva átlagosan 897 és 1042 hidegegység közötti értékek jöttek ki. A szórás itt is nagy volt, de kisebb, mint az előző módszernél. Az átlagtól való legnagyobb eltérés fajtától függően 18-24%-os volt. Az évek közötti legkisebb eltéréseket a Dinamikus modellel kaptuk, de itt is mindegyik fajtánál meghaladta az átlagtól való legnagyobb eltérés a 10%-ot az öt éves adatok alapján. Átlagosan 63,6 és 72,2 közötti dinamikus hidegegység értékeket mutattunk ki. A kajsziarackfajták melegigényére az öt év átlagában 6860 és 7655 hőegység közötti értékeket kaptunk, nagy évenkénti eltérésekkel. Az átlagtól való legnagyobb eltérés 10-16% volt.

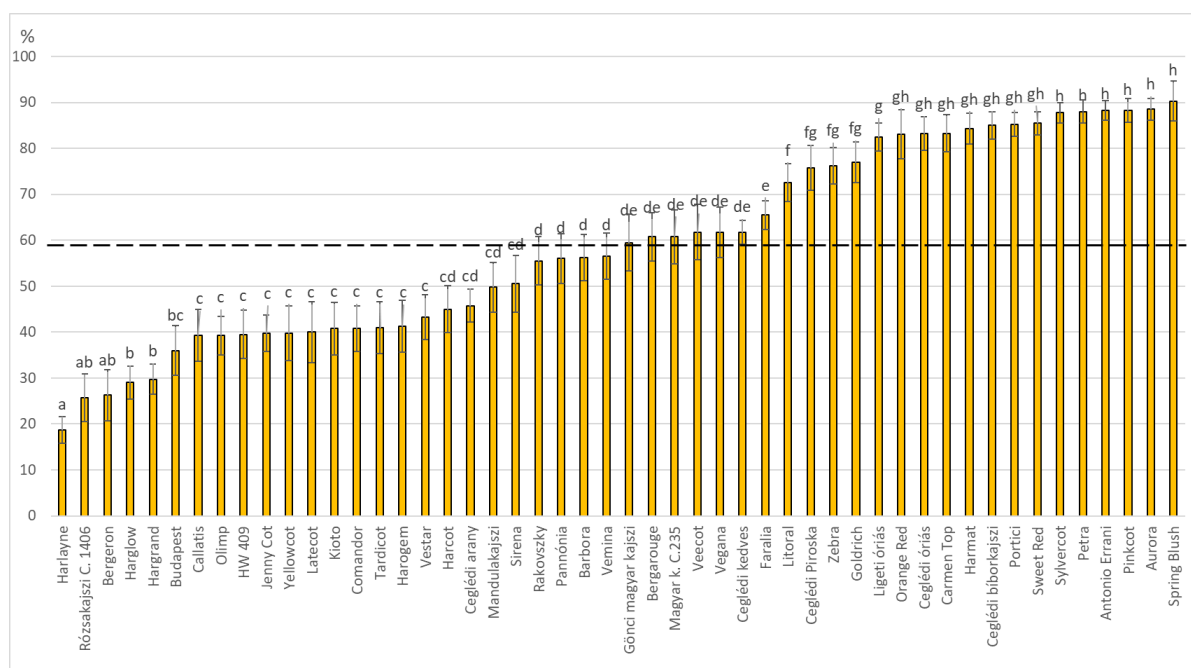
Az ősziaracknál a 7,2°C alatti órák összegzésével az évek átlagában a vizsgált fajtákra 1502 és 1876 közötti értékek adódtak, nagy évenkénti ingadozással. Az átlagtól való legnagyobb eltérés 24-27% volt. Az Utah modellel számolva 909 és 1066 közötti hidegegység értékeket kaptunk az évek átlagában, az évek közötti különbségek itt is nagyok voltak, 18 és 26% között volt az átlagtól való legnagyobb eltérés fajtától függően. A kajszihoz hasonlóan az ősziaracknál is a Dinamikus modellel számolva kaptuk a legkisebb évenkénti eltéréseket. Az ősziarackfajták hidegigénye 64-74,4 dinamikus hidegegység között volt fajtától függően az évek átlagában, 7-14% közötti átlagtól való legnagyobb eltéréssel. Az ősziarackfajták melegigényére 8940 és 9710 GDH közötti értékek adódtak, évjáratonkénti nagy eltérésekkel.

## 3.2. Fagyűrés-fagyérzékenység

### 3.2.1. Szabadföldi fagykár vizsgálatok eredményei

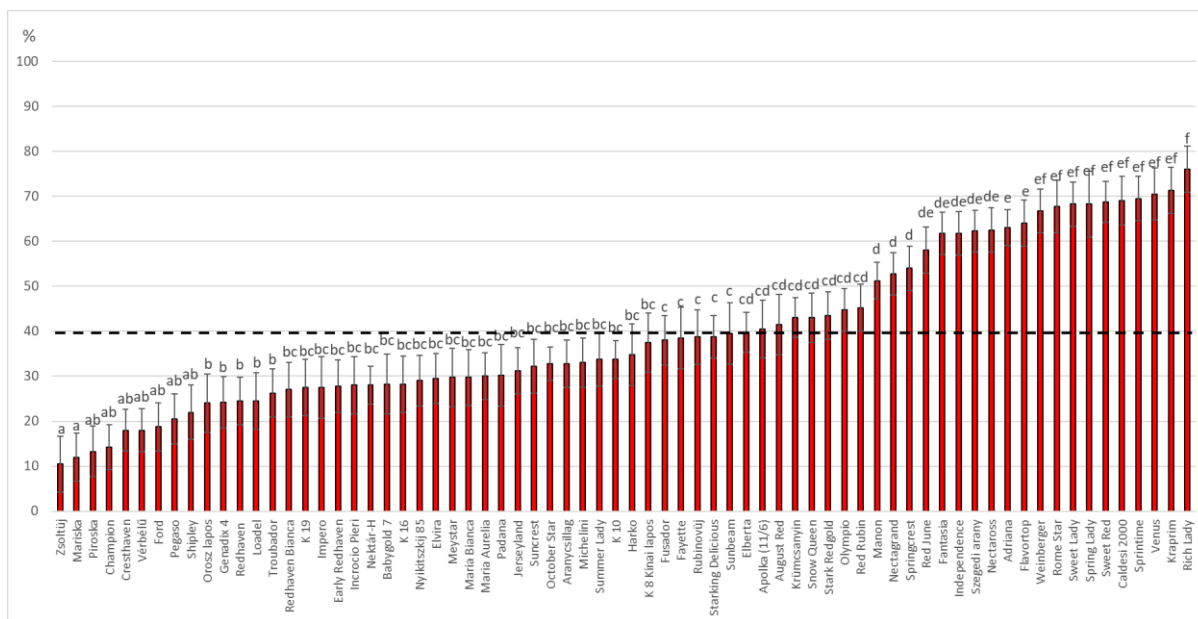
Kísérleti ültetvényünkben minden jelentős, fagykárt okozó hőmérséklet után elvégeztük a virágrügyek fagykárosodásának felmérését.

A fajták közötti különbségeket legjobban a virágrügyek kényszernyugalmi állapotában történt vizsgálatok mutatták. A kajszifajták összevont értékeit látjuk az 3.2.1. ábrán, az őszibarackfajták adatait pedig az 3.2.2. ábrán tüntettük föl. A kajszifajtákat a statisztikai elemzés nyolc homogén csoportba sorolta. Hat fajta fagykárosodási értékei azonosak voltak a fajták főátlag értékével. 25 fajta virágrügyei a főátlagnál kevésbé károsodtak, 19 fajta károsodása pedig nagyobb volt a fajták főátlagától. A 'Harlayne' fajta károsodott legkevésbé, a 'Spring Blush' pedig a legnagyobb mértékben (3.2.1. ábra). Az őszibarackfajtákat a statisztikai elemzés hat csoportra osztotta. A 'Zsoltúj', a 'Mariska' és a 'Piroska' voltak a legfagyűrőbbek. Kiváló fagyűrést mutatott ezen kívül a 'Champion', a 'Cresthaven', a 'Vérbarack' és a 'Ford'. A közepes fagyállóságot mutatók között szerepelt többek között a 'Harko', a 'Michelini', a 'Fayette', a 'Snow Queen' és a 'Red Rubin', mint jó kereskedelmi értékű fajták. A 'Spring Lady', a 'Kraprim' és a 'Venus' fajták voltak a legfagyérzékenyebbek. Emellett a nektarinok és a molyhos fajták csoportjában is sok fagyérzékeny volt ('Springtime', 'Rome Star', 'Flavortop', 'Adriana'...). A magyar fajták közül csak a 'Szegedi arany' volt nagyon fagyérzékeny (3.2.2. ábra).



3.2.1. ábra Kajszifajták virágrügyeinek károsodása a kényszernyugalom idején bekövetkezett lehülések hatására (több vizsgálati időpont átlagai 2007 és 2020 között)

Magyarázat az 3.2.1. és 3.2.2. ábrákhoz: Az oszlopok magassága az átlag értékeket, a vonalak a szórást mutatják, a feliratok a homogén csoportokat jelölik, a különböző betűjelűek egymástól szignifikánsan különböznek a varianciaanalízis eredménye alapján, szignifikancia szint: 95%; a vastag szaggatott vonal a fajták főátlag értékét jelöli



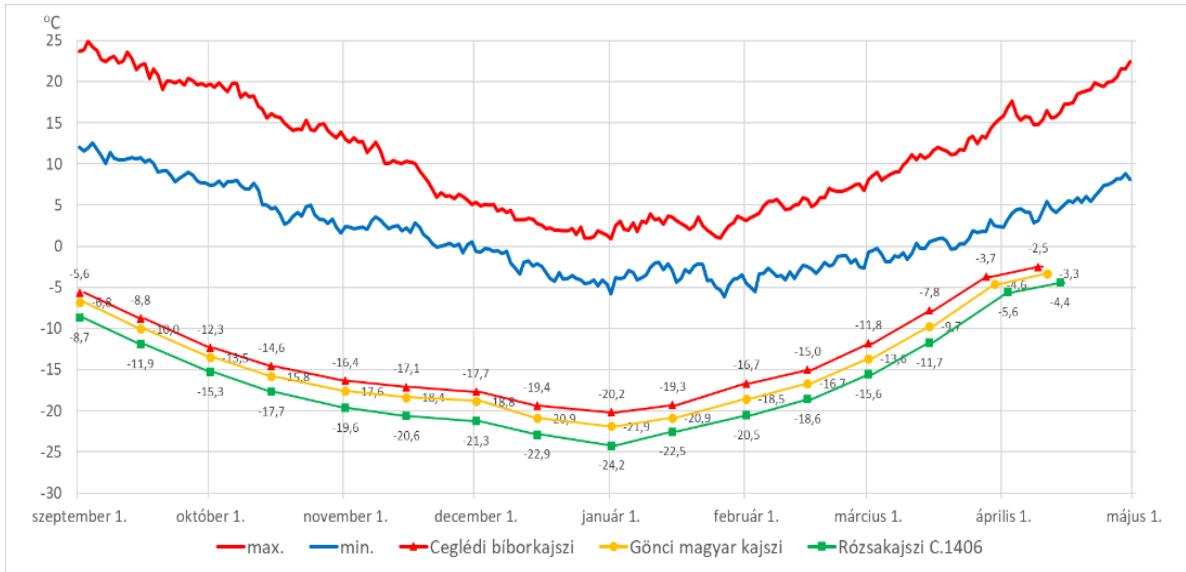
3.2.2. ábra Őszibarackfajták virágrügyeinek fagykárosodása a kényszernyugalmi időszakokban elvégzett szabadföldi fagykár felvételezések eredményeinek átlaga alapján (2007-2020 Soroksár)

### 3.2.2. A mesterséges fagyasztásos kísérletek eredményei

A kajszi és az őszibarack, valamint a közeli rokon fajok közül a mandula és a házi szilva fajtáinak fagyállóságát vizsgáltuk éveken keresztül mesterséges fagyasztásos kísérletekkel. A több éves vizsgálatok eredményeinek átlagai alapján kirajzolódott mindegyik vizsgált fajta virágrügyeinek fagyállósági profilja. Itt a kajszi és az őszibarackra vonatkozó eredményekből közlünk kivonatokat.

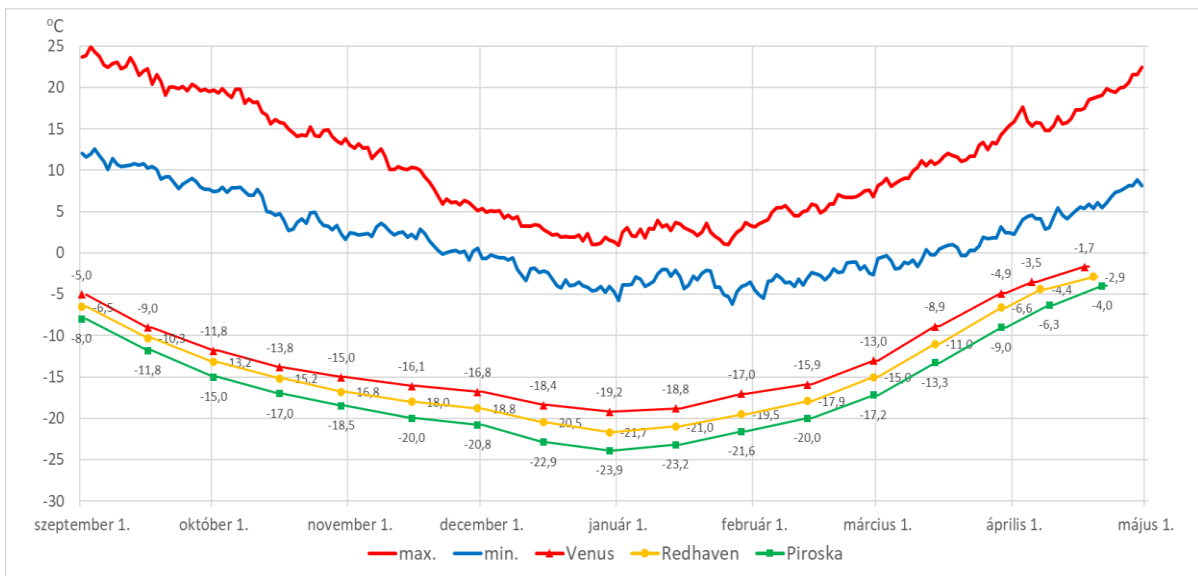
A három kajszifajta mesterséges fagyasztásos kísérleteinek eredményei alapján matematikai modellel írtuk le virágrügyeik fagyállóságának változását. Ehhez 11 évjárat adatait használtuk föl, azon évjáratokét, amelyekből a legrészletesebb adatállományunk állt rendelkezésre. A modell eredményét az 3.2.3. ábrán tüntettük föl. A több éves vizsgálatok eredményei alapján elkészült modell szerint a virágrügyek, mint a kajszifák legérzékenyebb áttelelő szerveinek fagyűrő képessége a télre való felkészülés során fokozatosan alakult ki. Az edződés első szakaszának végére, december elejére a három vizsgált fajta virágrügyeinek fagyűrési középértéke az évek átlagában  $-17,7^{\circ}\text{C}$  és  $-21,3^{\circ}\text{C}$  közötti értékeket ért el. Az edződés második szakasza abban az időszakban kezdődött, amikor a hőmérséklet tartósan fagypontra esett, és január elejéig tartott. Január elején az évek átlagában a 'Ceglédi bíborkajszi'  $LT_{50}$  értéke  $-20,2^{\circ}\text{C}$ , a 'Gönci magyar kajszi'-é  $-21,9^{\circ}\text{C}$ , a 'Rózsakajszi C.1406' fajtáé pedig  $-24,2^{\circ}\text{C}$  volt. Ebben az időszakban az áttelelő szervek edződése nagymértékben függött a külső hőmérséklet alakulásától. A genetikailag lehetséges maximális fagyállóság kialakulásához szükség volt a tartósan alacsony hőmérsékletekre. A reedződési szakasz januárban kezdődött. A tavasz közeledtével fokozatosan csökkent a virágrügyek fagyállósága. A csökkenés ütemét erősen befolyásolta a külső hőmérséklet alakulása.

A három kiemelt őszibarackfajta fagyűrési középértékeinek több éves átlagai alapján modelleztük virágrügyeik fagyállósági profilját, amit az 3.2.4. ábrán mutatunk be. A modell értékeinek meghatározásához 22 évjárat mesterséges fagyasztásos kísérleti eredményeit használtuk föl (kevés adat miatt a következő évjáratok maradtak ki: 1996/97, 2001/02, 2011/12 és 2019/20).



3.2.3. ábra Három kajszifajta fagyűrési középértékeinek (LT<sub>50</sub>) modellje több éves mesterséges fagyasztásos kísérletek eredményei alapján (Szalay et al. 2016 szerint)

Magyarázat az 3.2.3.-3.2.4. ábrákhoz: Az ábra felső részén a napi maximum és minimum hőmérsékletek láthatók; alul a vizsgált fajták virágrügyeinek fagyűrési középértékeit (LT<sub>50</sub>) ábrázoltuk, a függőleges vonalak a szórásokat jelentik



3.2.4. ábra Három őszibarackfajta fagyűrési középértékeinek (LT<sub>50</sub>) modellje több éves mesterséges fagyasztásos kísérletek eredményei alapján

A vizsgált kajszi- és őszibarackfajták virágrügyeiben a fagyűrés alakulása az itt ismertetett modellek értékei szerint várható Magyarorszag középso részén lévo termohelyeken. Ezektol lényeges eltérések is lehetnek, a klimatikus tényezők függvényében.

### 3.2.1. táblázat Kajszifajták fagy- és téltűrési kategóriákba sorolása

Megjegyzés: 1 = legrosszabb; 5 = legjobb

fajta	fagy- és téltűrés	fajta	fagy- és téltűrés
Antonio Errani	1	Kioto	4
Aurora	1	Latecot	4
Barbora	3	Ligeti óriás	2
Bergarouge	3	Litoral	2
Bergeron	5	Magyar kajszi C.235	3
Budapest	5	Mandulakajszi	4
Callatis	3	Olimp	4
Carmen Top	1	Orange Red	2
Ceglédi arany	4	Pannónia	3
Ceglédi bíborkajszi	1	Petra	1
Ceglédi kedves	3	Pinkcot	1
Ceglédi óriás	2	Portici	1
Ceglédi Piroska	2	Rakovszky	3
Comandor	3	Rózsakajszi C.1406	5
Faralia	3	Sirena	4
Goldrich	2	Spring Blush	1
Gönci magyar kajszi	3	Sweet Red	1
Harcot	3	Sylvercot	1
Harglow	5	Tardicot	4
Hargrand	5	Veecot	3
Harlayne	5	Vegana	3
Harmat	1	Vemina	3
Harogem	4	Vestar	4
HW 409	5	Yellowcot	4
Jenny Cot	4	Zebra	2

A 26 éves vizsgálati eredményeink adatainak részletes elemzése alapján a vizsgált kajszi- és őszibarackfajtákat öt kategóriába soroltuk fagy- és téltűrésük alapján (3.2.1. és 3.2.2. táblázat, utóbbi lentebb látható).

### 3.2.3. Fagytűrés a virágzási időszakban

A virágzási időszakban 15 évjáratban végeztünk klímakamrás kísérleteket három kajszifajtával ('Ceglédi bíborkajszi', 'Gönci magyar kajszi' és 'Rózsakajszi C.1406') a generatív szervek fagyállóságának meghatározása érdekében. Hat fenológiai fázist tekintve, a generatív szervek fagyállósága fokozatosan csökkent ezek előrehaladtával. Határozott különbségek voltak a vizsgált fajták között, mindegyik fejlődési fázisban. 15 év átlagában a 'Ceglédi bíborkajszi' virágszerveinek fagytűrési középértékei a zárt csészebimbós állapottól a virágzás végéig  $-5,41^{\circ}\text{C}$ -ról  $-2,47^{\circ}\text{C}$ -ra csökkentek. A 'Gönci magyar kajszi'-nál  $-6,37^{\circ}\text{C}$ -ról  $-3,32^{\circ}\text{C}$ -ra, a 'Rózsakajszi C.1406' fajtánál pedig  $-7,41^{\circ}\text{C}$ -ról  $-4,42^{\circ}\text{C}$ -ra csökkent a fagytűrés.

Három őszibarackfajta fagyállóságának változását öt évben vizsgáltuk klímakamrás kísérletekkel a virágzási időszakban. A fenológiai folyamatok előrehaladtával folyamatosan egyre rosszabb lett a virágszervek fagytűrése, és a fajták közötti különbségek is csökkentek. Míg zárt csészebimbós állapotban átlagosan  $-6,8^{\circ}\text{C}$  és  $-11,2^{\circ}\text{C}$  között volt a fagytűrés fajtától függően, a virágzás végén  $-1,7^{\circ}\text{C}$  és  $-4,1^{\circ}\text{C}$  közötti értékeket mutattunk ki.

3.2.2. táblázat Őszibarackfajták fagy- és téltűrési kategóriákba sorolása  
 Megjegyzés: 1 = legrosszabb; 5 = legjobb

fajta	típus	hússzín	fagy- és téltűrés	fajta	típus	hússzín	fagy- és téltűrés
Adriana	nektarin	sárga	1	Nectagrand 1	nektarin	sárga	2
Apolka (11/6)	nektarin	sárga	2	Nectaross	nektarin	sárga	1
Aranycsillag	molyhos	sárga	3	Nektár H	molyhos	fehér	3
August Red	nektarin	sárga	2	Nyikitszkij 85	nektarin	sárga	3
Babygold 7	ipari	sárga	3	October Star	molyhos	sárga	3
Caldesi 2000	nektarin	fehér	1	Olympio	nektarin	fehér	2
Champion	molyhos	fehér	5	Orosz lapos	molyhos	fehér	4
Cresthaven	molyhos	sárga	4	Padana	molyhos	sárga	3
E. Redhaven	molyhos	sárga	3	Pegaso	nektarin	sárga	4
Elberta	molyhos	sárga	2	Piroska	molyhos	fehér	5
Elvira	molyhos	sárga	3	Red June	nektarin	sárga	2
Fantasia	nektarin	sárga	2	Red Rubin	molyhos	fehér	2
Fayette	molyhos	sárga	3	Redhaven	molyhos	sárga	3
Flavortop	nektarin	sárga	1	Rh. Bianca	molyhos	fehér	3
Ford	molyhos	fehér	5	Rich Lady	molyhos	sárga	1
Fusador	nektarin	sárga	2	Rome Star	molyhos	sárga	1
Genadix 4	molyhos	fehér	4	Rubinovűj	nektarin	sárga	2
Harko	nektarin	sárga	3	Shipley	molyhos	fehér	4
Impero	molyhos	fehér	3	Snow Queen	nektarin	fehér	2
Incroccio Pieri	molyhos	fehér	3	Spring Lady	molyhos	sárga	1
Independence	nektarin	sárga	2	Springcrest	molyhos	sárga	1
Jerseyland	molyhos	sárga	4	Springtime	molyhos	fehér	1
K 10	molyhos	fehér	4	Stark Redgold	nektarin	sárga	2
K 16	molyhos	fehér	3	Stark.Delicious	molyhos	sárga	2
K 19	molyhos	fehér	3	Summer Lady	molyhos	sárga	3
K 8 Kínai lapos	molyhos	fehér	2	Sunbeam	molyhos	sárga	3
Kraprim	molyhos	fehér	1	Suncrest	molyhos	sárga	3
Krümcsanyin	nektarin	sárga	2	Sweet Lady	nektarin	sárga	1
Loadel	ipari	sárga	3	Sweet Red	nektarin	sárga	1
Manon	molyhos	fehér	2	Szegedi arany	molyhos	sárga	1
Maria Aurelia	nektarin	fehér	4	Troubador	ipari	sárga	3
Maria Bianca	molyhos	fehér	4	Venus	nektarin	sárga	1
Mariska	molyhos	fehér	5	Vérbarack	molyhos	vörös	5
Meystar	molyhos	fehér	3	Weinberger	nektarin	sárga	1
Michellini	molyhos	fehér	3	Zsoltűj	nektarin	sárga	5

### 3.3. Összefüggések a fagyűrés és a generatív fejlődési folyamatok között

A virágrügyek fejlődési folyamatai és fagyállóságuk közötti összefüggést vizsgálva megállapítottuk, hogy nem lehet egyértelmű kapcsolatot kimutatni a fenológiai fázis és a fagyállóság között, sem az őszibaracknál, sem a kajszinál. Ennek valószínű oka, hogy ezek eltérő genetikai szabályozás alatt állnak. A gyakorlat számára is hasznos eredmény lenne, ha pontosan meg tudnánk mondani, hogy egy adott genotípus generatív szervei az adott fejlődési fázisban (fűzér állapot, tetrád állapot, hólyagbimbós állapot, kinyílt virág stb.) várhatóan milyen hőmérsékleteket viselnek el, illetve hány °C-on fognak károsodni. Ezt azonban nem tudjuk pontosan megmondani. A tetrád állapotban például egy adott fajta virágrügyei az egyik télen akár több °C-al alacsonyabb hőmérsékleteket is elviselhetnek, mint egy másik télen. Ugyanez érvényes a későbbi rügyfejlődési stádiumokra, és a virágzási időszakokra is. Ha azonban azt vizsgáltuk, hogy milyen összefüggés van az adott fenológiai fázis bekövetkeztének időpontja és a szervek fagyállósága között, akkor határozott kapcsolatot tudtunk megállapítani. A téli rügyfejlődés időszakában és a virágzás alatt is minél később következett be egy adott fenológiai fázis az adott évben, a generatív szervek annál fagyérzékenyebbek voltak. Ez a vizsgált kajszii és őszibarackfajtákra egyaránt igaznak bizonyult. A folyamatok eltérő genetikai és növényélettani szabályozása tehát valószínűleg úgy működik ezekben a növényekben, hogy a környezeti tényezők (elsősorban a hőmérséklet) a fenológiai folyamatokat jobban képesek lelassítani, mint a fagyűrő képesség csökkenését. A szakirodalomban a fenti összefüggésekre vannak utalások, de a kajszira és az őszibarackra vonatkozóan előtűnk részletesen még nem írták le. További kutatási feladatot ad ezeknek a folyamatoknak az élettani hátterét is pontosan kideríteni.

Sok feltételnek teljesülni kell ahhoz, hogy a növényeink generatív és vegetatív szervei minden fejlődési fázisban elérjék az öröklötten lehetséges legjobb ellenálló képességüket az abiotikus stresszhatásokkal, jelen esetben az alacsony hőmérséklettel szemben. Szükséges hozzá az egészséges és jó kondíciójú növény, a növény igényeit kielégítő alany és termőhely, valamint az edződési és reedződési folyamatokat kedvezően befolyásoló időjárás. Ez utóbbi azt jelenti, hogy hőmérséklet fokozatos és egyenletes csökkenése mellett az is szükséges, hogy az edződési folyamat első szakaszának lejátszódása után tartósan fagypontra alá csökkenjen a hőmérséklet. Ezek nélkül nem számíthatunk arra, hogy a genetikailag beprogramozott tulajdonságok fenotípusosan is megvalósuljanak. A klímaváltozás nem kedvez ezeknek a folyamatoknak, hiszen egyre enyhébbek a telek, és egyre nagyobbak az időjárási szélsőségek minden évszakban.

A kajszii és az őszibarack az eredeti géncentrumából elkerülve jutott el hozzánk, és még sok más vidékre. Egy-egy faj öröklött tulajdonságait, élettani és fejlődési folyamatait nagyban meghatározzák eredeti élőhelyének, géncentrumának környezeti adottságai. A hosszú ideje történt természet, szelekció, nemesítés, mutációk során a kajszii- és az őszibarackfajták átalakultak, de sokat őriznek a géncentrumban kialakult jellemzőikből. Ez megnehezíti a velük való foglalkozást, de ha tudományos igénnyel feltárjuk a fejlődési folyamataik és tűrőképességük jellemzőit, az sokat segíthet a problémák megoldásában, az eredményes természet módszereinek kidolgozásában. Kutatási programunkban ezen a területen igyekeztünk új eredményeket elérni.



#### **4. Új tudományos eredmények**

1. 30 kajszi fajta mikrosporogenezisének, virágzási és érési idejének 26 éves vizsgálati eredményei alapján a fajtákat klaszteranalízissel öt kategóriába soroltuk
2. 50 őszi barack fajta virágrügyfejlődési jellemzőit, valamint virágzási és érési idejét határoztuk meg 26 éves adatsorok alapján, a fajtákat főkomponens elemzéssel hat csoportba soroltuk
3. A klíma fokozatos felmelegedésének hatására a 26 év során bekövetkezett genotípus függő, szignifikáns, trendszerű változásokat azonosítottunk a kajszi- és őszi barack fajták mikrosporogenezisének folyamatában, ami a legszembetűnőbben a füzér és a tetrád állapot ellentétes tendenciájában mutatkozott meg
4. Öt éves kísérleti eredményeink alapján a szakirodalomban elterjedt hideg- és melegigény számítási modellek egyikét sem tartjuk kellően megbízhatónak a kajszi- és őszi barack fajták esetében
5. Kajszi- és őszi barack fajták virágzási és érési idejének évjáratonkénti változását elemezve szoros összefüggéseket mutattunk ki a klimatikus tényezők és a fenológiai folyamatok között
6. Három kajszi fajta virágzási időszakában 15 éven keresztül végzett klímakamrás kísérletekkel meghatároztuk a különböző fenológiai fázisaikban jellemző fagy-tűrés középértékeit, és kimutattuk a fenológiai fázis bekövetkeztének időpontja és a fagyállóság közötti összefüggést
7. Mesterséges fagyasztásos kísérletek 12 éves eredményei alapján klaszterelemzéssel 27 kajszi fajta öt határozottan eltérő csoportját azonosítottuk
8. 12 évben 33 őszi barack fajtán elvégzett mesterséges fagyasztásos kísérletek eredményei alapján a fajtákat klaszterelemzéssel öt határozottan elkülönülő csoportba soroltuk
9. Mindkét faj három-három modellfajtájának 26 éves vizsgálati eredményei alapján szoros összefüggést mutattunk ki a virágrügyek fagyállósága és a külső hőmérséklet alakulása között. A genotípusra jellemző legjobb fagy-tűrés eléréséhez szükség van a fokozatos lehűlésre és a tartósan alacsony hőmérsékletekre a téli nyugalmi időszakban
10. Elsőként mutattunk ki szoros összefüggést az egyes fenológiai fázisok bekövetkeztének időpontja és a generatív szervek fagyállósága között mindkét vizsgált faj fajtáinál; Minél később következett be az adott évjáratban a fenológiai fázis, a generatív szervek annál fagyérzékenyebbek voltak
11. Modellfajták mesterséges fagyasztásos kísérleteivel meghatároztuk a kajszi és az őszi barack jellemző fajtáinak fagyállósági profilját, vagyis a virágrügyeik fagy-tűrésének átlagos évjáratban várható változását jelző értékeket, amelyeket a fagy-tűrés középértékekkel ( $LT_{50}$ ) adtuk meg

#### **5. A gyakorlat számára átadható eredmények**

1. A mélynyugalomból a kényszernyugalomba való átmenet várható időpontja kajszi és őszi barack fajták virágrügyeiben
2. A virágrügyek fagy-tűrésének változása kajszi- és őszi barack fajtákban
3. Kajszi- és őszi barack fajták fagy-tűrését meghatározó kritikus téli hőmérsékletek a termőhelyi alkalmasság értékeléséhez
4. Budapest térségében várható virágzási és érési idők nagy számú kajszi- és őszi barack fajta esetében
5. A klímaváltozás várható hatásai a kajszi- és őszi barack fajták generatív fejlődési folyamataira Budapest térségében
6. A klímaváltozás várható hatásai a kajszi- és őszi barack fajták fagy-tűrésére

## Köszönetnyilvánítás

Köszönöm a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, valamint előd intézményei vezetőségének és dolgozóinak, hogy biztosították a tudományos munkámhoz szükséges feltételeket.

Külön köszönettel tartozom a Gyümölcsstermesztési Tanszék valamennyi dolgozójának, akik segítséget nyújtottak kutatómunkámhoz. Kiemelten munkahelyi vezetőimnek, a tanszékvezetőknek, Gyuró Ferencnek, Timon Bélának, Papp Jánosnak, Tóth Magdolnának és Simon Gergelynek.

Köszönöm a Kísérleti Üzem és Tangazdaság vezetőinek és dolgozóinak, hogy a kísérleti ültetvények fejlesztésével és gondozásával biztosították a növényanyagot a kísérletekhez.

A gyümölcsstermesztéssel foglalkozó tudományos és szakmai közösség tagjaitól folyamatos támogatást kaptam és kapok kutatómunkámhoz. Külön köszönet illeti Szabó Zoltán, Nyéki József, Dávid Miklós, Pedryc Andrzej, Halász Júlia, Hegedűs Attila, Stefanovitsné Bányai Éva, Szabó József, Kulcsár László kollégáimat.

Nagy segítséget nyújtottak a munkához azok a szakirányos, TDK-s, és doktorandusz hallgatók, akik a szakmai irányításommal végezték a munkájukat a Gyümölcsstermesztési Tanszéken. Végzett doktorandusz hallgatóim, akik már megszerezték a PhD fokozatukat: Németh Szilvia, Hajnal Veronika, Gyökös Imre Gergő és Belay T. Keleta. Bakos József László doktorandusz hallgatóm PhD dolgozata várhatóan a közeljövőben fog elkészülni. Mindannyiuknak köszönöm a hasznos együttműködést.

Köszönöm Tóth Magdolnának, Ladányi Mártának és Szabó Zoltánnak a dolgozat készítése során nyújtott segítségüket, hasznos szakmai tanácsaikat.

Nem tudtam volna elvégezni kitűzött feladataimat családtagjaim mindenkori bátorítása, támogatása és odaadó segítsége nélkül. Közülük külön ki szeretném emelni feleségemet, Karsai Ildikót.

Köszönöm továbbá a kutatási pályázatok anyagi támogatását.

## A dolgozat alapját képező publikációk

Sor- szám	Tudományos cikkek
1.	<b>Szalay L.,</b> Timon B., Németh Sz., Papp J., Tóth M. 2010. Hardening and dehardening of peach flower buds. Hort Science. 45(5):761-765. <b>IF: 0,886; Q1 Horticulture</b>
2.	<b>Szalay, L.,</b> Ladányi, M., Hajnal, V., Pedryc, A., Tóth, M. 2016. Changing of the flower bud frost hardiness in three Hungarian apricot cultivars. Hort. Sci. (Prague) 43(3):134-141. <b>IF: 0,566; Q3 Horticulture</b>
3.	<b>Szalay, L.,</b> Gyökös, I.G., Békefi, Zs. 2018. Cold hardiness of peach flowers at different phenological stages. Hort. Sci. (Prague). 45(3):119-124. doi: 10.17221/146/2016-HORTSCI <b>IF: 0,623; Q2 Horticulture</b>
4.	<b>Szalay, L.,</b> Froemel-Hajnal, V., Bakos, J., Ladányi, M. 2019. Changes of the microsporogenesis process and blooming time of three apricot genotypes ( <i>Prunus armeniaca</i> L.) in Central Hungary based on long-term observation (1994-2018). Scientia Horticulturae. 246:279-288. <b>IF: 2,769; D1 (Q1) Horticulture</b>
5.	<b>Szalay, L.,</b> Bakos, J., Tósaki, Á., Keleta, B.T., Froemel-Hajnal, V., Karsai, I. 2021a. A 15-year long assessment of cold hardiness of apricot flower buds and flowers during the blooming period. Scientia Horticulturae. 290:110520. <b>IF: 4,342; D1 (Q1) Horticulture</b>
6.	Hajnal V., Omid, Z., Ladányi, M., Tóth, M., <b>Szalay, L.</b> 2013a. Microsporogenesis of apricot cultivars in Hungary. Not Bot Horti Agrobo. 41(2):434-439. <b>IF: 0,476; Q3 Horticulture</b>
7.	<b>Szalay, L.,</b> Molnár, Á., Kovács, Sz. 2017. Frost hardiness of flower buds of three plum ( <i>Prunus domestica</i> L.) cultivars. Scientia Horticulture. 214:228-323. <b>IF: 1,760; Q1 Horticulture</b>
8.	<b>Szalay, L.,</b> Keleta, B.T., Bakos, J.L., Békefi, Zs. 2022. Frost hardiness of flower buds of three Hungarian almond cultivars during dormancy. Acta Agriculturae Slovenica, 118(1):1-9. <b>Q3 Agriculture</b>
9.	<b>Szalay L.,</b> Papp J., Pedryc A, Szabó Z. 2006a. Diversity of apricot varieties based on traits determining winter hardiness and early spring frost tolerance of floral buds. Acta Hortic. 701:131-134. <b>Q3 Horticulture</b>
10.	<b>Szalay L.,</b> Pedryc A., Szabó Z., Papp J. 2006b. Influence of the changing climate on flower bud development of apricot varieties. Acta Hortic. 717:75-78. <b>Q3 Horticulture</b>
11.	<b>Szalay, L.,</b> Timon, B., Végvári, G. 2008. Modelling the phenological process of dormancy in frost-sensitive stone fruit species in the central part of the Carpathian Basin. Acta Hortic. 803:117-122. <b>Q3 Horticulture</b>
12.	<b>Szalay L.,</b> Németh S. 2010. Phenological process of dormancy in apricot genotypes in the central part of the Carpathian Basin. Acta Hortic. 862: 251-255. <b>Q3 Horticulture</b>
13.	<b>Szalay L.,</b> Németh Sz., Timon B., Végvári Gy. 2012a. Frost hardiness of peach and apricot flower buds. Acta Hortic. 962:291-296. <b>Q3 Horticulture</b>
14.	<b>Szalay L.,</b> Gyökös I.G. 2016. Őszibarackfajták virágainak fagyűrőképessége. Kertgazdaság. 48(3): 35-40.
15.	<b>Szalay L.,</b> Bakos J., Tósaki Á., Froemel-Hajnal V. 2021b. Kajszi fajták virágrügyeinek és virágainak fagyűrése a természetes fagykárak felmérése alapján. Kertgazdaság. 53(2):3-15.
16.	<b>Szalay L.,</b> Tósaki Á., Bakos J., Gyökös I.G. 2021c. Őszibarackfajták virágrügyeinek fagyűrése szabadföldi körülmények között, a mély- és kényszernyugalmi időszakban. Kertgazdaság. 53(3):3-17.

Budapest, 2024. június 14.

SZALAY LÁSZÓ