

# **Doktori (PhD) értekezés tézisei**

**Bakos József László**

**Gödöllő**

**2026**





**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

# **Kajszfajták fagytűrése és virágzásbiológiai jellemzői**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Bakos József László

Budapest  
2026

**Doktori Iskola:** Agrár- és Élelmiszertudományok

**Tudományága:** Növénytermesztési és kertészeti tudományok

**Doktori Iskola vezetője:** Prof. Dr. Kovács Melinda  
egyetemi tanár, az MTA rendes tagja

**Témavezető(k):** Dr. Szalay László  
Egyetemi tanár, DSc  
MATE Budai Campus  
Kertészettudományi Intézet  
Gyümölcsstermesztési Tanszék

.....  
Az iskolavezető jóváhagyása

.....  
A témavezető(k) jóváhagyása

## 1 A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

A kajszi hazánkban a nehezen termesztető gyümölcsfajok közé tartozik, csak egyes termőhelyeken tudjuk gazdaságosan termesztetni, elsősorban rossz ökológiai alkalmazkodó képessége, fagyérzékenysége miatt. Termésbiztonságát nagyban meghatározzák a fagykárak, amelyeket manapság már kevésbé a téli, sokkal inkább a tavaszi fagyok okoznak. Ezért az áttelelő szervek, ezen belül is elsősorban a virágrügyek fagytüró képessége a kajszifajták értékelésének egyik legfontosabb szempontja. Magyarországon az ültetvények termőhelyének helytelen megválasztása és a fajtások nem megfelelő összetétele miatt gyakori a termés kiesés és az éves össztermés mennyiségének évenkénti ingadozása nagyon nagy.

Kísérleti munkánk céljaként külföldön nemesített kajszifajták fagytürésének, mikrosporogenezisének és virágzásbiológiai jellemzőinek meghatározását tűztük ki, ezáltal igazolva vagy cáfolva azok hazai termesztésre való alkalmasságát. Kontrollként két régóta termesztett hazai klónfajtát választottunk. A hagyományos vizsgálati módszerek mellett korszerű laboratóriumi módszereket is alkalmaztunk.

Részletes célkitűzéseink:

1. Kajszifajták fagytürésének meghatározása mesterséges fagyasztásos kísérletekkel.
2. Kajszifajták fagytürésének meghatározása szabadföldi fagykár felvételezéssel.
3. A virágrügyek fagytürését befolyásoló évjáráthatás kimutatása statisztikai vizsgálatokkal.
4. Kajszifajták csoportosítása fagyérzékenységük alapján statisztikai módszerekkel.
5. Kajszifajták mikrosporogenezis ütemének és sorrendjének meghatározása.
6. Kajszifajták virágzási sorrendjének és idejének meghatározása.
7. Kajszifajták termőrészeinek vizsgálata, a fajták virágrügy-berakódottságának meghatározása.
8. A fajták csoportosítása a termőrészek berakódottsága alapján statisztikai módszerekkel.

Új kutatási eredményeinkkel a vizsgált kajszifajták hazai termesztési környezetben való alkalmasságát és a termésbiztonságukat befolyásoló fenológiai jellemzőiket kívántuk meghatározni, és ezekkel az információkkal bővíteni a hazai kajszitermesztési ismereteket.

## 2 ANYAG ÉS MÓDSZER

### 2.1 Vizsgált növények

A kísérleteket a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Gyümölcsstermesztési Tanszékének soroksári kísérleti ültetvényében (GPS koordináták: 47.398820, 19.149270) végeztem, illetve a kísérletekhez szükséges mintákat is innen gyűjtöttem, 2019 és 2023 között.

Soroksár területén az elmúlt 20 év átlagos éves csapadékmennyisége 586 mm volt (OMSZ, 2023), a napsütéses órák száma átlagosan 1988 óra, az uralkodó szélirány északnyugati. A terület a Duna öntésterületén helyezkedik el, így a talajok nagy része a Duna meszes homokhordalékan képződött öntéstalaj. Humusztartalma 0,5% és 1,4% közé esik, a talaj pH-ja viszonylag magas (7,6 - 8,1), mésztartalma 2% körüli, az Arany-féle kötöttsége ( $K_A$ ) 24. A kísérleti ültetvényt 2013-ban létesítették, a fákat 5 m x 3 m térállásban ültették, a sorközök füvesítettek. Minden oltványt mirobalán magonc alanyra szemeztek. Az ültetvényben integrált termesztéstechnológiát alkalmaztak, a fákat kompakt váza koronaformára metszték, illetve a fák növényvédelemben részesültek. A területen öntözés nem volt. A kísérletekhez kiválasztott fajtákat az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Vizsgált fajták és eredetük

Fajta neve	Származás (szülők) [tulajdonos]	Szinonimák, márkanév (sorozat)
Aurora	USA, 1995 (RR17-62 x NJA13)	Early Blush
Bergarouge	Franciaország (Bergeron x Orange Red)	
Bhart	USA (Lasgerdi Mashhad x NJA2)	Orange Red
Farbaly	Franciaország [New Cot]	IPS 2.4.37 (Carmingo)
Goldrich	USA, 1954 (Sun Glo x Perfection)	Sungiant, Jumbo Cot
Hargrand	Kanada, 1972 (V51092 x NJA1)	
Harlayne	Kanada, 1970 (V51092 x Sun Glo)	
Harogem	Kanada, 1971 (Rouge de Roussillion x NJA 2)	
Kurezia	Németország, 1999	Kuresia
Magyar kajszai C.235	Magyarország, 1976	
Petra	Olaszország	
Pinkcot	Franciaország [New Cot]	Cotpy (Carmingo)
Primaya	Franciaország [New Cot]	(Carmingo)
Rózsakajszai C.1406	Magyarország, 1955	
Sweet Red	Franciaország [Escande]	Red Sylver

Tsunami	Franciaország [Escande]	
---------	-------------------------	--

## 2.2 Fagytűrés vizsgálatok módszerei

A kiválasztott fajták virágrügyeinek fagytűrőképességét mesterséges fagyasztással vizsgáltuk 2019 és 2023 között három évjáratban, amelyből kivétel 2020-2021 tele volt, amikor technikai okok miatt a vizsgálatokat nem tudtuk elvégezni. Szabadföldi fagykár felvételezést 2021, 2022 és 2023 tél végén/tavasza végeztünk.

### 2.2.1 Mesterséges fagyasztás

Októbertől februárig havonta egy alkalommal végeztünk mesterséges fagyasztást, Rumed 3301 (Rubarth Apparate GmbH) típusú klímakamrában, a tanszéken kidolgozott protokoll alapján (Szalay et al. 2010). Minden kezeléshez legalább öt különböző fáról (ahol lehetséges volt) gyűjtöttünk gallyakat, nyársakkal és középhosszú termővesszőkkel berakódva. Minden kezelés után fajtánként legalább 100 virágrügyet vizsgáltunk, amelyeket hosszanti irányban felvágtuk, majd a szövetek elszíneződése alapján értékeltük azokat.

A fagykárosodás mértéke alapján, az összes kezelési hőmérséklet eredményét figyelembe véve smooth spline regressziós modellel meghatároztuk a fajtára jellemző  $LT_{50}$  értéket az adott fenológiai stádiumra, majd Hierarchikus klaszterelemzést (Ward módszer, négyzetes euklideszi távolság) alkalmaztunk a kajszfajták osztályokba sorolásához.

### 2.2.2 Szabadföldi fagykár felvételezések

A fajtagyűjteményben mindegyik vizsgálati évben voltak olyan mértékű lehülések, amelyek fagykárosodást okoztak a kajszifák generatív szerveiben. A virágzási időszak előtt, a fagykárt okozó hőmérsékletű napok elmúltával, a dolgozatunkban szereplő 16 fajtán a 2021 és 2023 közötti három évben elvégeztük a természetes fagykár felvételezését. A virágrügyek fagykárosodását vizsgáltuk három különböző termőrész típuson, a nyársakon, a középhosszú termővesszőkön és a hosszú termővesszőkön. Fajtánként 5-5 középhosszú és hosszú termővesszőt, valamint 5 nyársakkal berakódott gallyat gyűjtöttünk a fákról a vizsgálatához.

A virágrügyek függőleges elmetésése után, a belső szövetek elszíneződése alapján határoztuk meg a fagykárosodásuk mértékét. A statisztikai elemzés során egy-egy vesszőt, illetve gallyat tekintettünk egy ismétlésnek. A vizsgálati eredményekből átlagot és szórást számoltunk, és egytényezős varianciaanalízissel határoztunk meg a homogén csoportokat.

## 2.3 Virágrügy fejlődésének vizsgálatai

A virágrügyek fejlődésének ütemét 2020 és 2022 között három évjáratban vizsgáltuk, és a mikrosporogenezis vizsgálatának módszerével határoztuk meg fajtánként a virágrügyek mélynyugalmi állapotának végét.

### **2.3.1 Mikrosporogenezis vizsgálata**

A téli nyugalmi időszak során, január elsejétől a virágzás kezdetéig gyűjtöttük mintákat a fákról, kezdetben hetente, majd a fejlődési folyamatok felgyorsulásával két-három naponta. Mintaként termővesszőket gyűjtöttünk, lehetőség szerint külön-külön fákról, 1,5 m és 2 m közötti magasságban, felváltva napos és árnyékos oldali elhelyezkedéssel a fa koronájában, és a rajtuk elhelyezkedő virágrügyeket vizsgáltuk. Kivettük belőlük a portokokat, azokat tárgylemezre helyeztük, majd különböző festékekkel (pelikán kék vagy kármin ecetsav) festettük, végül fedőlemezzel lezártuk. Ezután a fedőlemez enyhe nyomásával a portokokat összetörtük, láthatóvá téve azok belső szövetállományát, melyet mikroszkóppal vizsgáltunk.

Minden alkalommal fajtánként 8-10 virágrügyből kinyert portokokat vizsgáltunk. Feljegyeztük, hogy a mikrosporogenezis folyamatának mely fejlődési stádiumai, és milyen arányban láthatóak. A mikrosporogenezis egyes fejlődési fázisainak időbeli kialakulását grafikonon ábrázolva szigmoid görbéket kaptunk. A fenológiai stádiumok fokozatosan mentek át egymásba. A statisztikai elemzés során a szigmoid görbék 50%-os értékhez tartozó kvantilisét tekintettük az átmenet időpontjának a mikrosporogenezis folyamatában. A mélynyugalom végét az a dátum jelöli, amikor az adott fajta portokjaiban már 50%-ban a füzér stádium látható (Szalay et al., 2006; Julian et al., 2009; Hajnal et al., 2013).

### **2.4 A virágzási idő vizsgálata**

A kajszifajták virágzási idejének meghatározását a kísérleti ültetvényben vizuális szemrevételezéssel végeztük négy évben, 2020 és 2023 között. A virágzás hat stádiumát különítettük el (zárójelben megjelölve a csonthéjas gyümölcsökre vonatkozó BBCH fenológiai skála szerinti állapotot):

- pirosbimbós állapot (BBCH51)
- pattanó csészelevél (BBCH53)
- hólyagbimbó (BBCH59)
- virágzás kezdete: amikor a virágok 5%-a kinyílt (BBCH61)
- fővirágzás: amikor a legtöbb kinyílt virág található a fán (BBCH65)
- virágzás vége: amikor a virágok 95%-a elnyílt és szirmleveleik lehulltak (BBCH66)

A virágzási időszakában kétnaponkénti felvételezéssel határoztuk meg a virágzás állapotát. Fajtánként 5-10 fát vizsgáltunk, és ezek fenológiai állapotának átlagával határoztuk meg az aktuális, fajtára jellemző fenológiai fázist. A virágzási időt a virágzás kezdete és a virágzás vége között eltelt időszakokkal jellemeztük.

### **2.5 Termőrészek virágrügy-berakódottságának vizsgálata**

A termőrészek vizsgálata során három különböző hosszúságú termőrész típust különböztettünk meg egymástól:

- termőnyárs: 0-20 cm közötti hosszúságú
- középhosszú termővessző: 20-40 cm közötti hosszúságú
- hosszú termővessző: 40 cm feletti hosszúságú

A termőrészek virágrügy-berakódottságát három kísérleti évben vizsgáltuk, 2021-től 2023-ig, minden évben március elején, a virágzási időszak előtt. Minden fajtánál termőrész típusonként 5-5 db mintát gyűjtöttünk. A mintavételhez használt fákat, illetve a termőrészek fán való elhelyezkedését is véletlenszerűen választottuk ki a gyűjtéskor. A termővesszőkön az alábbi méréseket végeztük:

- teljes hossz (megmértük a termőrészek hosszát)
- nóduszok száma (vizuális szemrevételezéssel)
- virágrügyek száma (vizuális szemrevételezéssel)

A vizsgálatok során a különböző termőrészek hossz méreteit, a virágrügyek és a nóduszok számát táblázatban rögzítettük, majd ezekből az adatokból számoltuk ki a fajták jellemzésére alkalmas virágrügy-berakódottsági paramétereket.

### 3 EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE

#### 3.1 Kajszifajták virágrügyeinek fagyűrés vizsgálatai

##### 3.1.1 Mesterséges fagyasztásos vizsgálatok eredményei

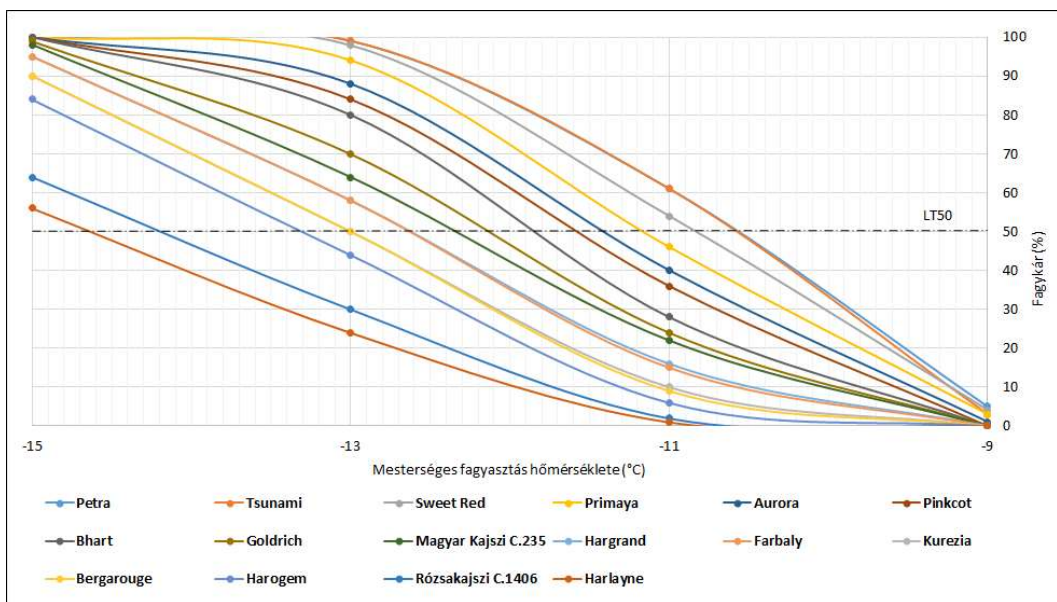
Az egyes fajták fagyűrésének, avagy fagyérzékenységének jellemzésére alkalmas  $LT_{50}$  értékeket mesterséges fagyasztásos kezeléssel határoztuk meg mindhárom kísérleti évben. Minden évben öt kezelést végeztünk, októbertől februárig, havonta egy alkalommal, lehetőség szerint a hónap közepén. A fajtákra jellemző  $LT_{50}$  értékeket spline regressziós módszerrel számítottuk ki, majd az eredmények alapján vázoltuk fel a fajtára jellemző fagyűrési profilt, minden évben külön.

A fagyűrési profil meghatározásának módszerét a 2019/2020-as év eredményeivel mutatjuk be. Ebben a nyugalmi időszakban az első mintavétel és mesterséges fagyasztási kezelések október közepén történtek. A kezelési hőmérsékleteket és a fagykár mértékét a 2. táblázat tartalmazza:

2. táblázat: Mesterséges fagyasztásos kezelések hőmérséklet adatai és a fagykár mértéke az egyes fajták esetében 2019 októberében

Fajta	Kezelési hőmérséklet (°C)				LT50 érték (°C)
	-9	-11	-13	-15	
	Fagykár mértéke (%)				
Petra	5	61	99	100	-10.6
Tsunami	3	61	99	100	-10.6
Sweet Red	4	54	98	100	-10.8
Primaya	3	46	94	100	-11.2
Aurora	1	40	88	100	-11.4
Pinkcot	0	36	84	100	-11.6
Bhart	0	28	80	100	-11.8
Goldrich	0	24	70	99	-12.1
Magyar Kajszi C.235	0	22	64	98	-12.4
Hargrand	0	16	58	95	-12.6
Farbaly	0	15	58	95	-12.6
Kurezia	0	10	50	90	-13
Bergarouge	0	9	50	90	-13
Harogem	0	6	44	84	-13.3
Rózsakajszi C.1406	0	2	30	64	-14.2
Harlayne	0	1	24	56	-14.6

Az első kezelési hőmérsékletünk  $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$  volt, ezen a hőmérsékleten a vizsgált fajták közül a legtöbb még egyáltalán nem szenvedett fagykárt, és a károsodott fajták esetében is a fagykár mértéke alacsony maradt, a legnagyobb mértékben károsodott fajta a 'Petra' volt 5%-os fagykárral. A következő kezelési hőmérséklet  $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$  volt, ezen a hőmérsékleten már minden vizsgált fajtánál találtunk elhalt rügyeket, azonban a károsodás mértéke rendkívül széles skálán mozgott. A két legérzékenyebb fajtának a 'Petra' és a 'Tsunami' bizonyult 61%-os fagykárral, míg a legkevésbé érzékeny fajta a 'Harlayne' volt 1%-os rügyvesztéssel. Tovább csökkentettük a kezelési hőmérsékletet  $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra, amelynek hatására a fagykár mértéke 24% ('Harlayne') és 99% ('Petra' és 'Tsunami') között alakult. A hónapban az utolsó kezelési hőmérsékletünk  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  volt, ezen a hőmérsékleten minden fajta legalább 50%-os fagykárt szenvedett el, a legkevésbé érzékeny fajta itt is a 'Harlayne' volt 56%-kal, míg 7 fajta totális (100%) fagykárt szenvedett.



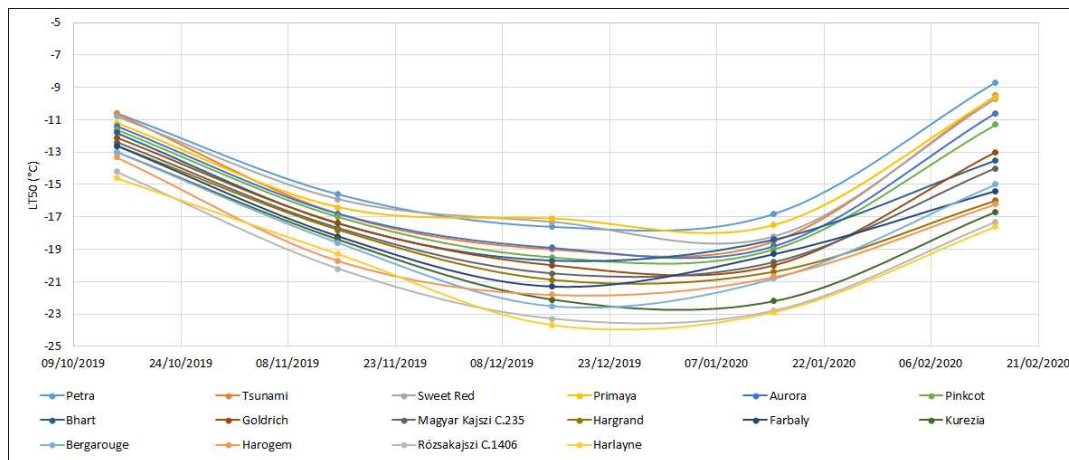
1. ábra: Kajszifajták virágrügyeinek fagykára mesterséges fagyasztásos kezelés után 2019 októberben

A négy kezelés során mért fagykár értékekből smooth spline regressziós módszerrel határoztuk meg a fajtára jellemző  $LT_{50}$  értéket, amely megmutatta nekünk, hogy az adott időszakban mi volt az a hőmérséklet, amely 50%-os fagykárt okozott. Az októberi eredmények alapján a 'Petra' és a 'Tsunami' fajták voltak a legérzékenyebbek, ezek  $LT_{50}$  értéke  $-10,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  volt, míg a 'Harlayne' bizonyult a leginkább fagyűrőnek, ennek  $LT_{50}$  értéke  $-14,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  volt. Az összes vizsgált fajta októberi fagykár értékeit az 1. ábra mutatja.

A fagyűrés profil első szakasza az edződés (hardening), amely már a lombhullás előtt megkezdődik, az egyre rövidülő nappalokra és a csökkenő hőmérsékletre való válaszreakcióként, felkészülve a téli nyugalmi időszakra. Ez a szakasz a tél közepéig tart, amely időszak alatt a növény virágrügyei fokozatosan

egyre ellenállóbbak lesznek a téli fagyokkal szemben. A második szakasza a profilnak a virágrügyek felkészülése a virágzásra, amely során az edzettségüket fokozatosan veszítik el (dehardening), a téli és majd a tavaszi fagyokkal szemben az ellenállóképességük folyamatosan csökken. A két időszak között a fordulópont jellemzően december végén vagy január elején következik be, az aktuális tél klimatikus viszonyainak függvényében.

A fagyűrési profilt az októbertől februárig tartó vizsgálati időszak eredményei alapján rajzoltuk fel minden vizsgált fajta esetében. A 2019/2020-as évhez tartozó fagyűrési profilokat a 2. ábra tartalmazza.



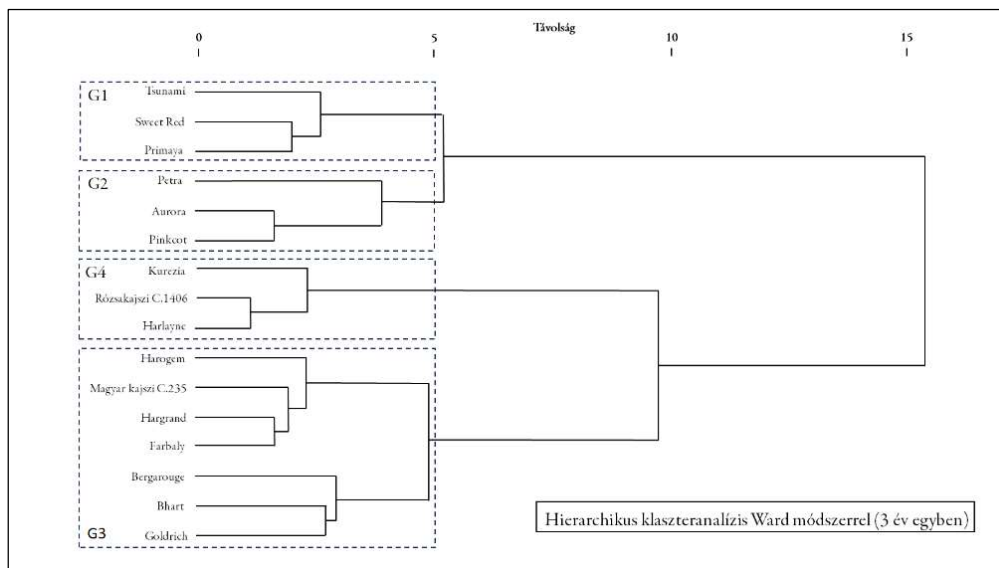
1. ábra: Kajszifajták fagyűrési profilja az LT<sub>50</sub> értékek alapján 2019-2020 nyugalmi időszakában

A 2019/2020-as nyugalmi időszakban megfigyelhettük, hogy fajtától függően változott az edződés folyamata és az edződési időszak hossza is. Egyes fajták (pl. 'Harlayne', 'Harogem', 'Bergarouge') edződése teljesen fokozatosan ment végbe, a kezdeti erősödő fagyűrési értékek fokozatosan csökkentek, míg végül elérték a fordulópontot, ahonnan fokozatos, egyre gyorsuló ütemű fagyérzékenység jellemző rájuk egészen a virágzás kezdetéig. Más fajtáknál (pl. 'Primaya', 'Sweet Red', 'Tsunami') azt tapasztaltuk, hogy a kezdeti gyors edződési folyamat átmenetileg lelassult, majd újra erősödni kezdett, míg végül elérték a fordulópontot, ahonnan aztán gyorsuló ütemben veszítették el edzettségüket a virágrügyek.

Szintén megfigyelhettük, hogy az edződési szakasz hossza és az annak végét jelző fordulópont is fajtától függően változott. Egyes fajták (pl. 'Bhart', 'Farbaly') 2019 december közepére elérték a rájuk jellemző maximális LT<sub>50</sub> értéket, azaz a maximális edzettségüket, míg más fajtáknál (pl. 'Kurezia', 'Goldrich', 'Sweet Red') a fordulópont valamikor január első hetében következett be.

A következő két vizsgálati periódus 2021/2022, illetve 2022/2023 nyugalmi időszaka volt. Ezekben az években is hasonlóképp végeztük a mesterséges fagyasztásos vizsgálatainkat, októbertől februárig havonta egy mintavétellel, és 4-6 hőmérsékleti kezeléssel, majd a kapott eredmények alapján elkészítettük a fajtákra jellemző fagyűrési profilt.

A vizsgált fajtákat a mesterséges fagyasztásos vizsgálatok eredményei alapján a fagyűrésük szerint osztályokba soroltuk. Az osztályba sorolást hierarchikus klaszter analízissel (Ward módszer) végeztük, minden évre külön-külön is, valamint a három év adatait egyben kezelve is. A klaszter analízis dendrogramja a 3. ábrán látható.



3. ábra: Kajszfajták csoportosítása fagyűrésük szerint hierarchikus klaszteranalízissel (Ward módszer; 3 vizsgálati év egyben)

A dendrogramon négy csoport (G1-G4) különböztethető meg. A G1 csoportba tartoznak azon kajszfajták, melyek virágrügyei a legérzékenyebbek a fagyokra, míg a G4 csoportba azon kajszfajták tartoznak, melyek a leginkább ellenállóak a fagyokkal szemben. A tizenhat vizsgált kajszfajta fagyűrés szerinti csoportosítását a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: Vizsgált kajszfajták fagyűrés szerinti osztályozása hierarchikus klaszteranalízissel (évenként külön és a három év egyben)

fajta	2019/20	2021/22	2022/23	3 év együtt	fagyűrés besorolás
Primaya	G1	G1	G1	G1	G1 - nagyon gyenge
Tsunami	G1	G1	G1	G1	
Sweet Red	G1	G1	G1	G1	
Aurora	G1	G2	G1	G2	G2 - gyenge
Pinkcot	G1	G2	G1	G2	
Petra	G1	G2	G2	G2	
Bhart	G2	G2	G2	G3	
Goldrich	G2	G2	G2	G3	

Bergarouge	G3	G2	G2	G3	
Magyar Kajszi C.235	G2	G3	G3	G3	G3 - jó
Hargrand	G2	G3	G3	G3	
Farbaly	G2	G3	G3	G3	
Harogem	G3	G3	G3	G3	
Kurezia	G3	G4	G4	G4	G4 - kiváló
Rózsakajszi C.1406	G4	G4	G4	G4	
Harlayne	G4	G4	G4	G4	

### 3.1.2 A mesterséges fagyasztás eredményeinek megvitatása

Az edzettség kialakulására és az edzettség elvesztésének folyamatára, és ezáltal az áttelelő szervek fagyűrűsére gyakorolt hatás tekintetében a hőmérséklet a legfontosabb környezeti tényező (Quinones et al., 2020), azonban számos más tényező is hatással lehet erre, mint például a fajta genotípusa (Dumanoglu et al., 2019), az alany (Lichev et al., 2006), a fák egészségi állapota, az öntözés vagy az alkalmazott agrotechnológiai módszerek (Bálo et al., 2005). A virágrügyek a fagyűrűségeket a hideghez való akklimatizáció során, az alacsony, de fagypont feletti hőmérsékletekre adott válaszként érik el (Chinnusamy et al., 2007). Ez az összetett folyamat a génkifejeződés változásaival, a sejtmembránok módosulásával (Orvar et al., 2000), az oldható cukrok (Ma et al., 2009), aminosavak és antioxidánsok felhalmozódásával, valamint a víztartalom csökkenésével jár. Az őszi és kora téli hőmérséklet emelkedése azonban deakklimatizációt válthat ki, ami a fagyűrűsítés elvesztéséhez vezet (Vyse et al., 2019). Ezen anyagcsere-folyamatokhoz kapcsolódóan számos környezeti tényező, mint például a hőmérséklet-ingadozás, a talaj tápanyagtartalma, a csapadék mennyisége, az öntözés, az előző évi termésmennyiség okozta terhelés, vagy a napfény mennyisége módosító hatással lehet egy fajta tényleges fagyűrűsítésére egy adott nyugalmi időszakban. Ezen összetett háttér miatt az egyes fajták fagyűrűsítése évről évre változik. Ezért több éves vizsgálatokra van szükség egy adott fajta fagyűrűző képességének meghatározásához.

Jelen munkánkban tizenhat kajszifajtát vizsgáltunk virágrügyeik fagyűrűsítésének meghatározására három év nyugalmi időszakban. Kísérletünkben a fajták genetikai képességein kívül minden egyéb tényezőt igyekeztünk kizárni, a kísérletet egyetlen helyszínen végeztük, a talajviszonyok és az időjárási körülmények azonosak voltak, minden fajtát azonos alanyra oltottunk, és a teljes kísérleti ültetvény területén azonos integrált termesztéstechnológiát alkalmaztunk, beleértve a fenntartó metszést, a trágyázást és a növényvédelmet, a fák jó egészségi állapotának megőrzése érdekében. Azon ritka esetekben, amikor túlkötődött egy-egy növény, gyümölcsritkítást alkalmaztunk, bár az évek többségében komoly fagykár érte a kajszifákat. Mindegyik fajtára meghatároztunk egy fagyűrűsési profilt a mesterséges fagyasztásos vizsgálatok során kapott  $LT_{50}$  értékek alapján.

Az áttelelő szervek fagyűrőse fokozatosan erősödött az edződés időszakában, és december végére, január elejére érte el a maximumát, majd a kényszernyugalmi időszakban fokozatosan csökkent. A fajták fagyűrőseben mutatkozó különbségek októberben voltak a legkisebbek (3,43 °C különbség volt a legkevésbé és a leginkább fagyűrő fajták között három év átlagában), majd ezt követően minden hónapban kismértékben nőtt ez a különbség (3,97 °C, 4,43 °C és 5,07 °C), végül a legnagyobb különbséget februárban mértük (6,03 °C). Az egyes fajták virágrügyeinek LT<sub>50</sub>-értékei minden vizsgálati évben eltérőek voltak, ami a hőmérséklet jelentős szerepét mutatja az edződés és az edzettség elvesztésének alakulásában, és így a fajták fagyűrő képességének változásaiban. Az egyes fajták LT<sub>50</sub> értékeinek külön-külön történő összehasonlítása a három évet tekintve havi bontásban azt mutatta, hogy a fajtákon belüli eltérések októberben 2,8 °C ('Petra') és 5,1 °C ('Bergarouge'), novemberben 2,3 °C ('Kurezia') és 6,3 °C ('Harogem'), decemberben 0,6 °C ('Primaya') és 5,8 °C ('Bergarouge'), januárban 3,0 °C ('Petra') és 8,1 °C ('Bergarouge'), februárban pedig 1,9 °C ('Petra') és 7,2 °C ('Harlayne', 'Goldrich') között voltak. Az enyhe téli időjárás hatására a fajták virágrügyei, más gyümölcsfajokhoz hasonlóan (Szalay et al., 2017; Vitasse et al. 2018), nem érték el a genetikailag lehetséges fagyűrési szintet. Számos szerző beszámolt arról, hogy a kajszi virágrügyei képesek túlélni a nagyon alacsony hőmérsékletet, akár -25 °C alatt is, ehhez azonban nagyobb hőmérséklet-ingadozások nélküli kemény télre van szükség, ami alkalmas a virágrügyek fokozatos, erős edződéséhez (Istrate et al., 2013; Szymajda et al., 2013; Korzin et al., 2021). Kísérletünkben a legalacsonyabb mért LT<sub>50</sub> hőmérséklet 2019 decemberében -23,7 °C volt a nagyon fagyűrő 'Harlayne' fajtánál. Ugyanebben az időszakban a legmagasabb mért LT<sub>50</sub> hőmérséklet -17,5 °C volt a fagyérzékeny 'Primaya' fajtánál. A kísérlet három évéből ez volt a legzordabb tél, ami a legnagyobb különbséget (-6,2 °C) eredményezte a fajták fagyűrőseben. A kísérlet másik két évében a tél enyhébb volt, ami kisebb különbségeket eredményezett a legfagyérzékenyebb és a legfagyűrőbb fajták LT<sub>50</sub> értékei között (-3,1 °C és -3,6 °C). Hasonlóképpen az októberi időszakban, az edződési folyamat első felében, akár csak a február végi időszakban, az edzettségi állapot elvesztése során is azt tapasztaltuk, hogy az LT<sub>50</sub> értékek különbségei kisebbek az enyhe teleken.

A hierarchikus klaszterezéssel végzett osztályozás alapján a tizenhat fajta közül nyolc mindhárom évben ugyanabba a csoportba tartozott. A 'Tsunami', a 'Sweet Red' és a 'Primaya' fajták nagyon fagyérzékeny (G1), a 'Bhart' és a 'Goldrich' fajták enyhén fagyérzékeny (G2), a 'Harogem' fajta enyhén fagyűrő (G3), míg a 'Rózsakajszi C.1406' és a 'Harlayne' fajták nagyon fagyűrőek (G4) voltak mindhárom vizsgálati évben. A fajták másik fele évről évre kisebb eltéréseket mutatott a fagyűrő képességében. A 'Petra', az 'Aurora' és a 'Pinkcot' fajták a nagyon fagyérzékeny (G1) és az enyhén fagyérzékeny (G2) között változtak, a 'Magyar kajszi C.235', a 'Hargrand', a 'Farbaly' és a 'Bergarouge' fajták az enyhén fagyérzékeny (G2) és az enyhén fagyűrő (G3) között váltakoztak, míg a 'Kurezia' fajta az enyhén fagyűrő (G3) és a nagyon fagyűrő (G4) között váltakozott. A három évre együttesen elvégzett osztályozás alapján a 'Tsunami', a 'Sweet Red' és a

'Primaya' fajták továbbra is a nagyon fagyérzékeny (G1), a 'Petra', az 'Aurora' és a 'Pinkcot' az enyhén fagyérzékeny (G2), a 'Magyar kajszi C.235', a 'Hargrand', a 'Farbaly', a 'Bergarouge', a 'Goldrich', a 'Bhart' és a 'Harogem' az enyhén fagyűrő (G3), míg a 'Kurezia', a 'Rózsakajszi C.1406' és a 'Harlayne' a nagyon fagyűrő (G4) kategóriába kerültek.

### 3.1.3 Szabadsföldi fagykár vizsgálatok eredményei

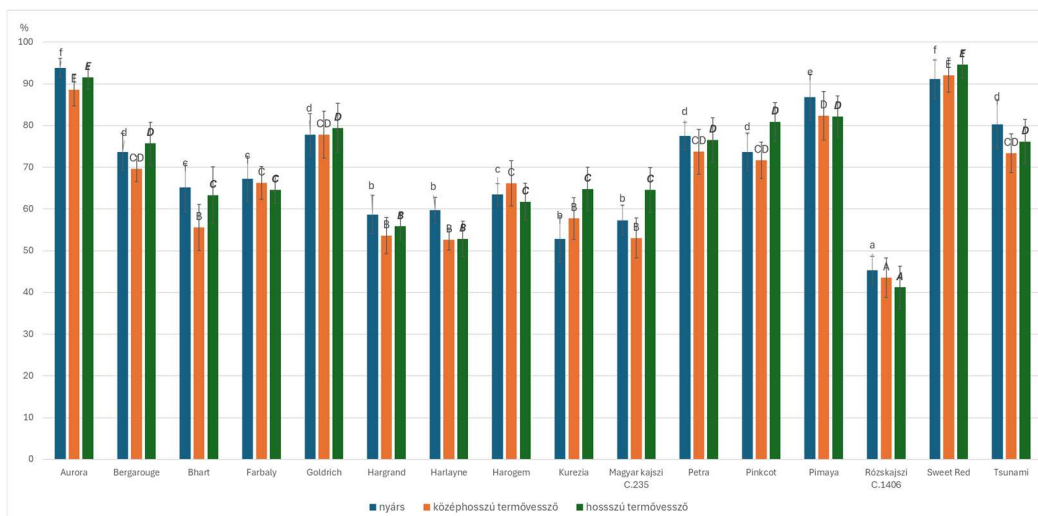
A virágrügek fagykárosodásának szabadsföldi felvételezését három évben végeztük el a fagykárt okozó lehülések után néhány nappal. A 4. táblázatban tüntettük föl, hogy mely időpontban voltak erőteljes lehülések, és azok milyen mértékűek voltak. A virágrügek mind a három vizsgálati időpontban már kényszernyugalmi állapotban voltak. A virágrügek természetes fagykárosodását három különböző termőrész típuson külön vizsgáltuk.

4. táblázat: A virágrügek szabadsföldi fagykár felvételezését megelőző legalacsonyabb hőmérsékletek és azok időpontjai Soroksáron

időpont	hőmérséklet (°C)	a virágrügek fejlődési szakasza
2021. február 14.	-11	kényszernyugalom
2022. március 12.	-12	kényszernyugalom
2023. február 11.	-9	kényszernyugalom

A fajták között jelentős különbségeket találtunk mindegyik vizsgálati időpontban, és termőrész típusonként is eltérő volt a virágrügek fagykárosodása. A fajták értékelését fagyűrés szempontjából a három év vizsgálati eredményeinek átlagai alapján végeztük el. A vizsgálati eredmények statisztikai értékelésének eredményeit az 4. ábra és az 5. táblázat mutatja be. A három termőrész típuson mért fagykár eredmények összevont értékelése alapján a csak a 'Rózsakajszi C.1406' fajta került a legjobb fagyűrési kategóriába. Jó fagyűrésűnek bizonyult két kanadai fajta, a 'Hargrand' és a 'Harlayne'. Közepes fagyűrést mutatott a 'Bhart', a 'Farbaly', a 'Harogem', a 'Kurezia' és a 'Magyar kajszi C.235' a virágrügek szabadsföldi fagykár felvételezései alapján. Gyenge fagyűrésűnek bizonyult a 'Bergarouge', a 'Goldrich', a 'Petra', a 'Pinkcot', a 'Primaya' és a 'Tsunami', míg a leggyengébb fagyűrés kategóriába került az 'Aurora' és a 'Sweet Red' fajta.

A termőrész típusok közötti különbségek csak a 'Bhart', a 'Harlayne', a 'Kurezia', a 'Magyar kajszi C.235', a 'Pinkcot' és a 'Tsunami' fajtáknál voltak jelentősek, fajtánként változó volt, hogy a rövidebb vagy a hosszabb termőrész típuson volt nagyobb a fagykár. A többi fajtánál a termőrész típusok közötti különbség nem volt szignifikáns.



4. ábra: Kajszifajták virágrügyeinek fagykárosodása a természetes fagykarak felvételezéseinek eredményei alapján, három év átlaga (Soroksár, 2021-2023)

Magyarázat: 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 kisbetűk a nyársakon, a szimpla nagybetűk a középhosszú termővesszőkön, a vastag dőlt nagybetűk a hosszú termővesszőkön mért vizsgálati eredmények alapján

5. táblázat: Kajszifajták fagyűrésének értékelése a virágrügyek természetes fagykárosodásának felvételezési eredményei alapján

sor-szám	fajta	nyárs	középhosszú termővessző	hosszú termővessző	fagyűrés besorolás
1	Aurora	93,8 f	88,6 E	91,6 E	1 (nagyon gyenge)
2	Bergarouge	73,7 d	69,6 CD	75,7 D	2 (gyenge)
3	Bhart	65,2 c	55,6 B	63,3 C	3 (közepes)
4	Farbaly	67,2 c	66,3 C	64,6 C	3 (közepes)
5	Goldrich	77,8 d	77,8 CD	79,4 D	2 (gyenge)
6	Hargrand	58,7 b	53,7 B	55,8 B	4 (jó)
7	Harlayne	59,7 b	52,6 B	52,8 B	4 (jó)
8	Harogem	63,5 c	66,2 C	61,8 C	3 (közepes)
9	Kurezia	52,8 b	57,8 B	64,8 C	3 (közepes)
10	Magyar kajszi C.235	57,3 b	53,1 B	64,6 C	3 (közepes)
11	Petra	75 d	73,7 CD	76,5 D	2 (gyenge)
12	Pinkcot	73,7 d	71,7 CD	80,9 D	2 (gyenge)
13	Primaya	86,8 e	82,4 D	82,2 D	2 (gyenge)
14	Rózsakajszi C.1406	45,3 a	43,5 A	41,2 A	5 (kiváló)
15	Sweet Red	91,1 f	92,1 E	94,6 E	1 (nagyon gyenge)
16	Tsunami	80,3 d	73,4 CD	76,2 D	2 (gyenge)

Magyarázat: A három év vizsgálati eredményeinek átlagai termőrész típusonként, a betűjelek a statisztikai elemzés alapján kimutatott homogén csoportokat jelentik.

### **3.1.4 A szabadföldi fagykár felvételezés eredményeinek megvitatása**

A MATE Gyümölcsstermesztési Tanszék soroksári fajtagyűjteményében 2007 és 2020 között sok hazai és külföldi fajta fagythurését vizsgálták szabadföldi fagykár felvételezésekkel (Szalay et al., 2021). Nagy különbségeket találtak a fajták között mindkét csoporton belül. A magyar fajták közül kiváló fagythurésű volt a 'Rózsakajszai C.1406' és a 'Budapest'. Jó fagythurést mutatott a 'Ceglédi arany' és a 'Mandulakajszai'. Közepes fagythurésű volt többek között a 'Gönci magyar kajszai', a 'Magyar kajszai C.235', a 'Pannónia' és a 'Ceglédi kedves'. A gyenge fagythurésű csoportba került a 'Ceglédi óriás', a 'Ligeti óriás' és a 'Ceglédi bíborkajszai'. A külföldiek közül a 'Bergeron' és a Kanadában nemesített fajták voltak a legfagythuróbbak, a 'Veecot' és a 'Harcot' kivételével. Az új divatos fajták közül csak a 'Kioto' mutatott jó fagythurést. A 'Bergarouge' a közepes, a többi mostanában nagyon divatos fajta ('Pinkcot', 'Spring Blush', 'Sylvercot', 'Sweet Red', 'Carmen Top') mind a kifejezetten fagyérzékeny fajták csoportjába tartozott (Szalay et al., 2021).

Kísérlet munkánk során 2021 és 2023 között három évjáratban végeztünk szabadföldi fagykár felvételezéseket, melyek eredményeit jelen dolgozatban közöljük. Ezidő alatt három alkalommal volt a virágrügyek kényszernyugalmi időszakában jelentős fagykárt okozó lehülés. A 16 vizsgált fajta közül az 'Aurora' és a 'Sweet Red' fajták virágrügyei károsodtak minden alkalommal a legnagyobb mértékben. A 'Bergarouge', a 'Goldrich', a 'Petra', a 'Primaya', a 'Pinkcot' és a 'Tsunami' fajtákat is gyenge fagythurésűnek találtuk. A legkisebb mértékben károsodott, így kiváló fagythurésűnek bizonyult a 'Rózsakajszai C.1406'. A többi fajta a közepes és a jó fagythurésű kategóriába került a szabadföldi vizsgálatok eredményei alapján.

### **3.1.5 A mesterséges fagyasztásos vizsgálatok és a szabadföldi fagykár felvételezés eredményeinek összehasonlítása**

A mesterséges fagyasztásos vizsgálatok egyik fontos kérdése az, hogy mennyire tudja modellezni az esetlegesen szabadföldön bekövetkező fagykár eseményeket, és mennyire kapunk általa pontos információt a fajták fagythuréséről. Ezért a két vizsgálatosorozat eredményeit összehasonlítottuk, amelynek eredményeit a 10. táblázat tartalmazza. A fajtákat a mesterséges fagyasztás eredményei alapján állítottuk sorba, ahol négy kategóriába soroltuk a fajtákat, kezdve a leginkább fagyérzékeny fajtával (1-es kategória) és haladva a legfagythuróbb kategória felé (4-es kategória), míg a szabadföldi fagykár felvételezés során öt kategóriába soroltuk a fajtákat fagythurésük alapján (1-es a legfagyérzékenyebb, 5-ös a legfagythuróbb). Összességében elmondhatjuk, hogy erős korrelációt tapasztaltunk a két vizsgálati módszer eredményeiben.

3. táblázat: Mesterséges fagyasztás és szabadföldi fagykár felvételezés eredményeinek összehasonlítása

<b>fagyűrés besorolás mesterséges fagyasztás alapján</b>	<b>fajta</b>	<b>fagyűrés besorolás szabadföldi fagykár eredmények alapján</b>
1	Sweet Red	1
1	Tsunami	2
1	Primaya	2
2	Aurora	1
2	Pinkcot	2
2	Petra	2
3	Bhart	3
3	Goldrich	2
3	Bergarouge	2
3	Magyar kajszí C.235	3
3	Hargrand	4
3	Farbaly	3
3	Harogem	3
4	Kurezia	3
4	Harlayne	4
4	Rózsakajszí C.1406	5

### 3.2 Kajszifajták mikrosporogenezis vizsgálatának eredményei

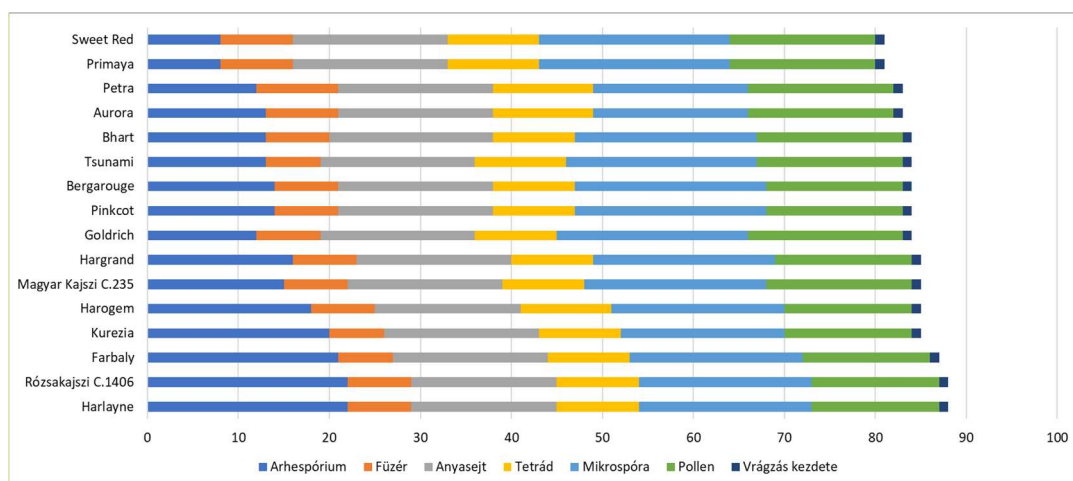
A tizenhat vizsgált kajszifajtánk mikrosporogenezisének folyamatát három vizsgálati évben, 2020 és 2022 között, január elsejétől virágzásig követtük nyomon. Meghatároztuk az egyes stádiumok átmenetét jellemző szigmoid görbék 50%-os értékéhez tartozó kvantilisét (m), valamint a görbe meredekségét jellemző sebességi tényezőt (s), oly módon, hogy a vizsgálati adatokra szigmoid regressziós modellt illesztettünk.

Az összes modell az F érték alapján szignifikáns volt ( $F(2;x) > 549,73$ ;  $p < 0,01$ ; x a mintaelemszám függvénye;  $R^2 > 0,96$ ), valamint minden becült paraméter szignifikáns volt a Student féle t teszt alapján ( $p < 0,05$ ).

A vizsgálati éveket az egyes fenológiai fázisok kezdeti időpontja, az egyes fenológiai fázisok időtartama, illetve a stádiumok átmenetét jellemző sebességi tényező szerint hasonlítottuk össze, melyhez egyváltozós MANOVA modellt használtunk. A fajtahasználat szintén megvizsgáltuk a fenológiai fázisok időtartamára, illetve a stádiumok átmenetét jellemző sebességi tényezőre nézve, melyhez

egyváltozós MANOVA modellt használtunk. Egyik paraméter esetében sem tudtunk szignifikáns fajtahaszt kimutatni.

A 2020-as évi vizsgálati eredményeket az 5. ábra mutatja. A diagram vízszintes tengelyén az időpontok Julián napban vannak kifejezve, tehát a január 1-től eltelt napok számát jelentik. Az arhesporium állapotból a füzerek kialakulásáig fajtától függően 8-22 napra volt szükség. A füzér állapot, amit a mikrosporogenezis folyamat kezdetének is tartunk, viszonylag rövid ideig tartott, a pollenanyasejtek leválása a füzerekről 6-9 nap alatt megtörtént. A tetrádok kialakulása 16-18 napig tartott fajtától függően, míg a mikropórák kifejlődése 9-11 napig tartott minden fajta esetében. A mikropórakból az érett pollenszemek további 17-21 nap alatt alakultak ki, míg a virágzás kezdetéig további 14-17 nap telt el fajtától függően. A 2020-as évben a virágzás kezdete, ami egyben a kényszernyugalmi állapot végét is jelöli, fajtától függően március 20. ('Sweet Red' és 'Primaya') és március 27. ('Rózsakajszsi C.1406' és 'Harlayne') közé esett.



5. ábra: Kajszifajták mikrosporogenezisének üteme (2020)

A három vizsgálati év eredményit összefoglalva azt figyeltük meg, hogy a portokokban található kezdeti differenciálatlan szövetállomány differenciálódása, a füzerek kialakulása a korai és kései virágzású fajták között igen nagy különbséget mutat, naptári napokban kifejezve ez mindhárom vizsgálati évben 14-16 nap különbséggel történt. Az ezután következő stádiumokba való átmenet időtartama már jóval kevésbé változékony, és az idő előrehaladtával a korai és kései virágzású fajták közötti fejlettségi különbségek mérséklődnek, az érett pollenszemek kialakulásával és a virágzás kezdetével a nagy időbeli különbség a felére csökken. A virágzás kezdete a legkorábban és a legkésőbb virágzó fajtákat összehasonlítva mindhárom vizsgálati évben 7-8 nap különbséggel következett be.

Bár a statisztikai elemzés szignifikáns fajtahaszt nem mutatott, de a fajtákat vizsgálva azt figyeltük meg, hogy mindhárom évben közel azonos sorrend volt az egyes fajták mikrosporogenezisének lefolyásában. A korai virágzású fajták esetében, mint a 'Sweet Red', 'Aurora', 'Petra' és 'Primaya', a mikrosporogenezis összes

stádiuma korábban kezdődött és korábban fejeződött be, mint a többi fajta esetében, és a késői virágzású fajtáknál ('Farbaly', 'Harlayne' és 'Rózsakajszi C.1406) ez éppen ellenkezőleg történt, az összes stádium időben később zajlott le.

### 3.2.1 A mikrosporogenezis vizsgálatok eredményeinek megvitatása

A virágrügyek fejlődése a téli nyugalmi időszak alatt a mikrosporogenezis folyamatának vizsgálatával jól nyomon követhető. A mikrosporogenezis lefolyása is genetikailag meghatározott módon zajlik, mint az összes fenológiai folyamat, de jelentős hatással vannak rá a környezeti tényezők, különös tekintettel a hőmérsékletre (Hajnal et al., 2013; Julian et al., 2014). Az egyes évjáratok közötti szignifikáns különbségek ebből adódnak, melyet kísérleti eredményeink is alátámasztottak. Az elmúlt három évtized vizsgálatai alapján az egyre enyhébb telek a mélynyugalmi időszak végét is késleltetik ugyan, a kényszernyugalom idején azonban a mikrosporogenezis folyamata felgyorsul, az átmenet az egyes stádiumok között lerövidül, és összességében korábbi virágzáshoz vezet (Szalay et al., 2019).

A MATE Gyümölcsstermesztési Tanszék, valamint előd intézményei kísérleti ültetvényeiben 1994 és 2020 között vizsgálták részletesen a kajszi fajta mikrosporogenezisét. (Szalay, 2006; Szalay et al., 1999, 2006, 2008, 2019; Szalay és Németh, 2010; Szalay, 2024). Szigetcsépen, majd Soroksáron 26 éven keresztül, számos fajtával végzett kísérletek eredményei alapján a fajta- és évjárat hatások jól kimutathatók voltak. A vizsgált 26 év alatt a füzér állapot fokozatosan egyre később, a tetrad állapot viszont fokozatosan egyre korábban kezdődött (Szalay, 2024). Ebbe a kutatási programba bekapcsolódva kísérleti munkámban 2020 és 2022 között három évjáratban 16 kajszi fajta mikrosporogenezisét vizsgáltam. Standard összehasonlító fajták mellett olyan fajtákat is vizsgálatba vontam, amelyek téli virágrügyfejlődéséről még nem voltak információk.

A hároméves vizsgálati időszakban a vizsgálatba vont 16 kajszi fajta mikrosporogenezisének időbeli alakulását vizsgáltuk a közepes fagy- és téltűrésű 'Magyar kajszi C.235' és a jó fagy- és téltűrésű 'Rózsakajszi C.1406' fajtát használva kontrollként. Vizsgálati eredményeink alapján sorrendbe állítottuk a vizsgált fajtákat mikrosporogenezisük üteme szempontjából. Mind a három évben hasonló sorrend alakult ki, ami egyben a termésbiztonságot jelző sorrendnek is tekinthető. A legkorábban mélynyugalomból kilépő fajták a 'Sweet Red', 'Aurora', 'Petra' és 'Primaya', emellett szintén a 'Magyar kajszi C.235'-nél korábbi fajták még a 'Pinkcot', 'Tsunami', 'Goldrich', 'Bhart' és 'Bergarouge' fajták, ezeknek a fajtáknak a termesztése nagyobb kockázattal jár Magyarországon a gyors téli virágrügyfejlődésük miatt. A 'Kurezia', 'Farbaly', 'Harlayne', 'Harogem' és 'Hargrand' fajták később lépnek ki a mélynyugalomból mint a 'Magyar kajszi C.235', ezek termésbiztonsága ezért kedvezőbb.

### 3.3 Kajszi fajta virágzási ideje

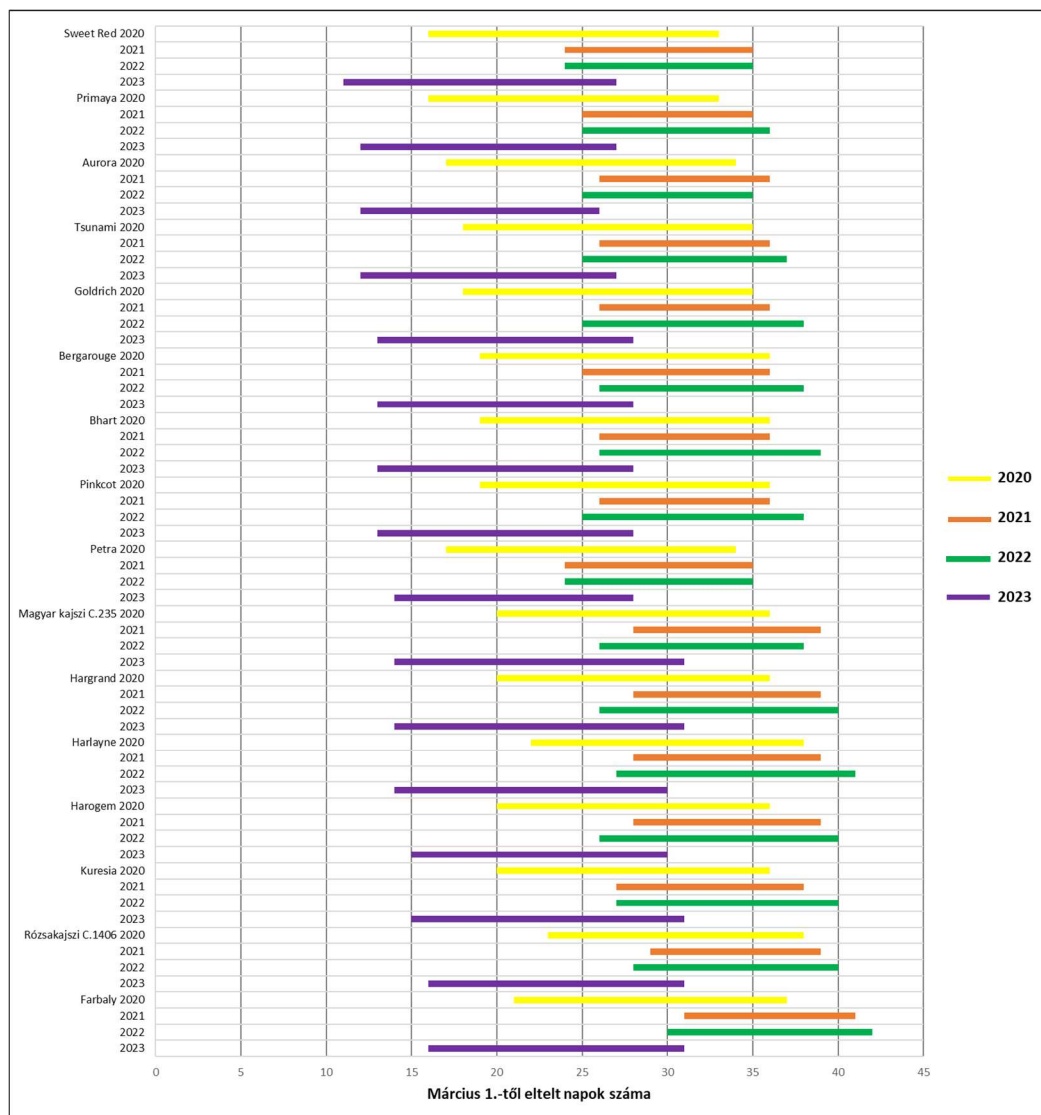
A vizsgált kajszi fajta virágzási idejét négy évben, 2020-tól 2023-ig vizsgáltuk, az eredményeket a 6. ábra tartalmazza. A virágzás kezdetét az az időpont

jelölte, amikor a fákon a virágok 5%-a kinyílt, a virágzás végét pedig az az időpont jelölte, amikor a fák virágainak 95%-a már elvirágzott és szirmleveleik lehullottak. A virágzás időtartamát a két időpont között eltelt idő jellemezte. Az ábrán a fajtákat a 2023-as év virágzásának kezdete alapján rendeztük sorba, de a másik három évben ez a sorrend kis mértékben váltakozott.

2020-ban a legkorábbi fajták ('Sweet Red' és 'Primaya') virágzása március 16.-án kezdődött és április 3.-án fejeződött be, míg a legkésőbb nyíló fajta ('Rózsakajsi C.1406') virágzása hét nappal később kezdődött, március 23.-án, és 5 nappal később fejeződött be, április 7.-én. Fajtától függően a virágzás teljes időtartama 15-17 napig tartott.

A fajtákat virágzási idő szerint sorba rendezve és a négy év virágzási idejét összehasonlítva azt tapasztaltuk, hogy a fajták virágzási idejének sorrendje évről-évre függően kis mértékben változott. A 'Sweet Red' virágzása minden évben a legkorábban kezdődött, de szintén korai virágzásúak voltak még minden évben a 'Primaya', 'Aurora', 'Goldrich' és 'Tsunami' fajták. A 'Petra' fajta 2020 és 2022 között nagyon korán virágzott, azonban 2023-ban a középidejű virágzású fajtákkal együtt kezdődött a virágzása. A 'Bergarouge', 'Bhart' és 'Pinkcot' fajtáknak évről-évre függően esetenként korán, máskor középidejűben nyíltak a virágaik. Stabilan középidejű virágzású fajták voltak a 'Magyar kajsi C.235', a 'Hargrand' és 'Harogem', míg középidejű vagy kései virágzásúak voltak évről-évre függően a 'Kuresia' és a 'Harlayne' fajták. Mindig kései virágzásúak voltak a 'Rózsakajsi C.1406' és a 'Farbaly' fajták.

A virágzás kezdete és a virágzás teljes időtartama között negatív korrelációt figyeltünk meg, abban a két évben (2020, 2023) amikor a virágzás korábban kezdődött, akkor a virágzás időtartama elhúzódó volt a másik két évhez képest.



6. ábra: Vizsgált fajták virágzási ideje a 2020-2023 közötti időszakban

### 3.3.1 Virágzási idő eredményeinek megvitatása

A MATE Gyümölcsstermesztési Tanszék kísérleti ültetvényeiben 26 évben nagy fajtakörön végzett vizsgálatok eredményei alapján 49 nap különbség volt a legkorábbi és a legkésőbbi virágzású év virágzáskezdeté között. Emellett kimutatták a virágzási idő fokozatos korábbra tolódását is, évente átlagosan 0,3 nappal kezdődött korábban a virágzás (Szalay, 2024).

Soroksáron négy évben 16 fajtán végzett vizsgálatok eredményei alapján ebben a rövid időszakban is jelentős különbségeket lehetett kimutatni az évjáratok között. A szakirodalmi adatok szerint a fajták virágzási idő sorrendje általában állandó, de ezt eredményeink nem erősítették meg. A különböző évjáratokban nem volt teljesen azonos a fajták virágnyílási sorrendje.

A virágzási idő ismerete egyaránt fontos a termőhelyi alkalmasság meghatározásához és a fajtatársítás tervezéséhez. Fagyveszélyes termőhelyekre ne telepítsünk korai virágzású fajtákat. Az önmeddő fajtákhoz pedig azonos virágzási idő csoportból kell pollenadó fajtát választani.

### **3.4 Kajszfajták virágrügy-berakódása**

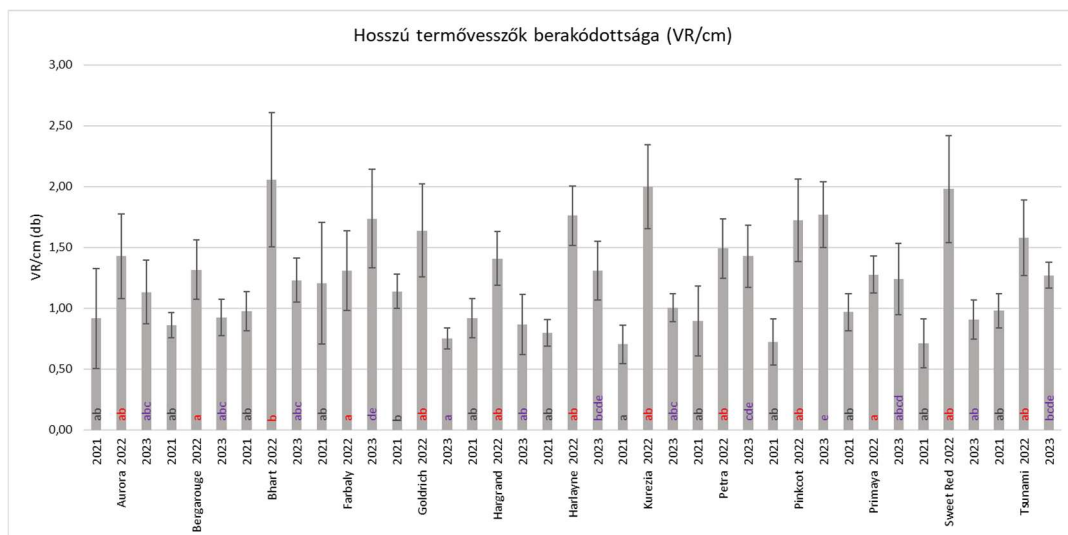
Vizsgálataink során három évben (2021, 2022, 2023), három különböző termőrész típuson (termőnyárs, középhosszú- és hosszú termővessző) határoztuk meg a vizsgálatba vont kajszfajták virágrügy-berakódottságát, amelyet két paraméterrel jellemeztük, a termővessző egy centiméterére eső virágrügyeinek darabszámával (továbbiakban VR/cm), valamint a termővessző egy nóduszára eső virágrügyeinek darabszámával (továbbiakban VR/nódusz).

Annak meghatározására, hogy a termőrészeken képzett virágrügyek számát és sűrűségét szignifikáns módon befolyásolja-e a genotípus, az évjárat hatása, valamint a termőrész típusa, háromtényezős kétváltozós varianciaanalízist végeztünk. A Wilk-féle lambda értékek alapján elmondható, hogy a virágrügy-berakódottsági paraméterekre szignifikánsan hat a fajta, a termőrész típusa, valamint az évjárat is. Emellett a faktorok közötti összes interakció is szignifikánsnak bizonyult. A szignifikáns MANOVA eredmények után változónként ANOVA tesztet végeztünk Bonferroni féle korrekcióval. Mindkét vizsgált paraméter (VR/cm; VR/nódusz) esetében a fajta, az évjárat, a termőrész típus, továbbá ezek összes interakciójának hatását is szignifikánsnak találtuk. A szignifikáns interakciók miatt a post-hoc analízis során a fajtahaszt évenként és termőrészenként, az évjárathaszt fajtánként és termőrészenként, a termőrészek hatását pedig fajtánként és évjáratonként külön-külön elemeztük.

#### **3.4.1 Fajtahaszt vizsgálata**

A Tukey-/Games Howell-féle post hoc tesztek alapján mindhárom évben, mindhárom termőrész típus esetén szignifikáns különbséget tudtunk kimutatni a virágrügy berakódottsági paraméterek tekintetében a fajták között, egyetlen kivétel ez alól a 2021. évben a hosszú termővesszők esetén a VR/nódusz paraméter, ahol nem tudtunk szignifikáns különbséget kimutatni a fajták között.

A hosszú termővesszők esetében a virágrügyek centiméterenkénti darabszáma 2021-ben 0,7 ('Kurezia') és 1,21 ('Farbaly') között, 2022-ben 1,28 ('Primaya') és 2,06 ('Bhart') között, míg 2023-ban 0,75 ('Goldrich') és 1,77 ('Pinkcot') között változott (6. ábra).



6. ábra: Hosszú termővesszők virágrügy berakódottsága (VR/cm). Az oszlopok magassága a mérések átlagát jelöli, a vonalak a szórást. A különböző betűk a szignifikánsan különböző csoportokat jelölik a Tukey/Games Howell féle post hoc tesztek alapján ( $p < 0,05$ ). (Fekete betűszínnel a 2021. évi mérések, piros betűszínnel a 2022. évi mérések, lila betűszínnel a 2023. évi mérések analízise alapján képzett csoportok láthatóak)

A centiméterenkénti virágrügyek számában a három év adatait és a három termőrész típust együttesen tekintve gyengébb fajtáknak találtuk az 'Aurora', 'Bergarouge', 'Primaya', Harlayne és 'Hargrand' fajtákat, illetve kiemelkedőnek bizonyultak a 'Petra', 'Bhart', 'Pinkcot' és 'Tsunami' fajták. A nódusonkénti virágrügyek számában a három év adatait és a három termőrész típust együttesen tekintve gyengébb fajtáknak találtuk a 'Primaya' és 'Hargrand' fajtákat, illetve kiemelkedőnek bizonyultak a 'Bhart', 'Farbaly', 'Goldrich' és 'Tsunami' fajták. A két vizsgált virágrügy-berakódottsági paramétert együttesen vizsgálva a fajtákat öt kategóriába soroltuk (6. táblázat).

6. táblázat: Vizsgált fajták virágrügy-berakódottsága a három év együttes értékelése alapján

	Virágrügy-berakódottsági kategória (VR/cm)	Virágrügy-berakódottsági kategória (VR/nódusz)	Virágrügy-berakódottsági kategória (összesített)
<b>Aurora</b>	gyenge	közepes	gyenge
<b>Bergarouge</b>	gyenge	közepes	gyenge
<b>Bhart</b>	jó	jó	<b>nagyon jó</b>
<b>Farbaly</b>	közepes	jó	jó
<b>Goldrich</b>	közepes	jó	jó
<b>Hargrand</b>	gyenge	gyenge	<b>nagyon gyenge</b>

Harlayne	gyenge	közepes	gyenge
Kurezia	közepes	közepes	közepes
Petra	jó	közepes	jó
Pinkcot	jó	közepes	jó
Primaya	gyenge	gyenge	nagyon gyenge
Sweet Red	közepes	közepes	közepes
Tsunami	jó	jó	nagyon jó

### 3.4.2 Évjáráthatás vizsgálata

A virágrügy képződésre számos olyan tényező hat, amely az adott évre jellemző. A gyümölcsök mennyisége a fán meghatározó, nagy mennyiségű gyümölcs kinevelése a fán ellentétesen hat a virágrügy-képződésre, erősen hátráltatja azt. Szintén negatív hatása lehet a szélsőséges időjárási körülményeknek, mint a nyári hőstressz vagy csapadékhiány. Káros hatása lehet adott évben az erősebben jelentkező növényegészségügyi problémáknak is, mint a monília fertőzés vagy a levéltetvek elszaporodása. A pontos okokat emiatt nehéz meghatározni, de a leíró statisztikák alapján jól látszik, hogy az egyes évjáratok között jelentős különbség mérhető a virágrügy-berakódottsági paraméterekben (7. táblázat).

7. táblázat: A három vizsgálati év virágrügy-berakódottsági értékei

év	minta darabszám	VR/cm (átlag)	VR/cm (szórás)	VR/nódusz (átlag)	VR/nódusz (szórás)
2021	195	1,11	0,44	1,49	0,44
2022	195	1,72	0,5	2,25	0,52
2023	195	1,24	0,47	1,84	0,61

Az eredményeket elemezve elmondható, hogy egyes fajták az évjáráthatásra eltérő mértékben reagálnak. Legkevésbé érzékenynek az 'Aurora' és a 'Primaya' fajtákat találtuk, emellett kisebb-nagyobb érzékenységet tapasztaltunk a 'Goldrich', a 'Tsunami', a 'Farbaly', a 'Bhart', a 'Petra', a 'Pinkcot' és a 'Hargrand' fajták esetében. A 'Bergarouge', a Harlayne, a 'Kurezia' és a 'Sweet Red' fajták esetében minden termőrész típusnál szignifikáns évjáráthatást mértünk, ezek a fajták voltak a legérzékenyebbek.

### 3.4.3 A termőrész-típusok hatásának vizsgálata

A vizsgált virágrügy-berakódottsági jellemzőkre a faktorok (évjárat, fajta, termőrész típus) interakciója szignifikánsnak bizonyult, így a post-hoc analízis során a termőrészek típusának hatását fajtanként és évjáratonként külön elemeztük.

A két virágrügy-berakódottsági jellemzőt tekintve összességében elmondható, hogy a termőrész típusának hatása mindkét jellemzőt hasonló mértékben érintette, a centiméterenkénti virágrügyek darabszámában az esetek 41%-ban, míg a nóduszonkénti virágrügyek darabszámában az esetek 49%-ban tapasztaltunk szignifikáns hatást.

#### **3.4.4 A virágrügy-berakódás eredményeinek megvitatása**

A kajszifajták virágrügy-berakódottsága kiemelkedő fontosságú a terméshozás, a termésbiztonság, valamint az esetleges fagykár mértékének szempontjából, és ezek által fontos tényező a fajta értékének megítélésében.

A kísérletünkben szignifikáns különbségeket találtunk az egyes kajszii genotípusok virágrügy-berakódottsági értékeiben, melyet korábbi kísérletekben hasonlóképpen kimutattak már kajszinál (Albuquerque et al., 2004), őszibaracknál és nektarinál (Okie és Werner, 1996), valamint cseresznyénél (Thurzó et al., 2006) is. A vizsgált kajszifajtáink közül a 'Goldrich'-ről találtunk korábbi kísérletekből információt, ezt hozzánk hasonlóan a „közepes” vagy „jó” virágrügy-berakódottsági kategóriába sorolták több esetben is (Albuquerque et al., 2004; Szabó et al. 2010). Cseresznye (Maguylo et al., 2002) és szilva (Radovic et al., 2016) kísérletekben szintén kimutatták az alany hatását a virágrügy-berakódottságra.

Szintén szignifikáns különbségeket mértünk az évjáratok között, valamint azt is megfigyeltük, hogy ez az évjárathatás egyes fajtákat jobban, másokat kevésbé érintett, amit korábbi kutatásokban mások is hasonlóképpen tapasztaltak (Szabó et al., 2010). Ezzel szemben Albuquerque és munkatársai számottevő évjárathatást nem mértek (Albuquerque et al., 2004), azzal a megjegyzéssel, hogy a kísérleti évek között minden évben gyümölcserítést végeztek.

A termőrészeket összehasonlítva korábbi kutatásokkal összhangban (Mészáros et al., 2020; Albuquerque et al., 2003) azt tapasztaltuk, hogy a rövid termőrészeken a centiméterenkénti rügyek száma általában magasabb, de egyes fajták esetében a hosszabb termővesszők rakódhatnak be jobban (Thurzó et al., 2006). Ha azonban nóduszokra vetítjük a virágrügyek darabszámát, akkor általában a hosszabb termővesszők esetében kapunk nagyobb értékeket.

## **4 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK**

A kajszitermesztés számára az egyik legnagyobb kockázatot a téli és tavaszi fagyok jelentik. A klímaváltozás hatására az őszi és téli hónapok sokszor melegebbek, enyhébb lefolyásúak és sokszor jelentős hőmérsékletingadozás jellemzi őket, kisebb-nagyobb felmelegedésekkel és lehülésekkel, ami a virágrügyek hidegre való felkészülését nagyban akadályozza. Az egyre gyakrabban előforduló fagykárok miatt növekszik a termés kiesés mértéke. Ezen okok miatt a fagyűrőség fontos szelekciós szempont a kajszinemesítésben, akár csak más mérsékelt égövi gyümölcsfajok esetében. Magyarország egyes területei alkalmasak a kajszitermesztésre, azonban a kajszii ültetvények tervezésénél ma már elengedhetetlen a kiválasztott fajták fagyűrőségének és a termőhelyi adottságoknak

a figyelembevétele és összehangolása. Ennek megfelelően nagyon fontos, hogy megfelelő információkkal rendelkezünk a különböző kajszifajták fagyűrőségről, amelyeket a fajtaleírásokba is be kell építeni.

A vizsgálatainkban szereplő fajtákat fagyűrő képességük szerint csoportosítva azt mondhatjuk, hogy az erős fagyérzékenyséjú 'Sweet Red', 'Tsunami' és 'Primaya' fajtákat, valamint az enyhén fagyérzékeny 'Petra', 'Aurora' és 'Pinkcot' fajtákat csak védettebb, fagymentes területekre javasoljuk telepíteni. A 'Magyar kajszi C.235', 'Hargrand', 'Farbaly', 'Bergarouge', 'Goldrich', 'Bhart' és 'Harogem' fajtákat enyhén fagyűrőnek találtuk, míg a 'Kurezia', 'Rózsakajszi C.1406' és 'Harlayne' fajták nagyon fagyűrőnek bizonyultak, így ezeket alkalmasnak látjuk kereskedelmi ültetvények létesítésére és nemesítési programok számára.

A virágrügyek fejlődésének vizsgálatára és a mélynyugalmi állapot végének meghatározására többféle biológiai módszer létezik, ezek közül mi a szakirodalmi adatok alapján a legmegbízhatóbbnak mondható mikrosporogenezis vizsgálati módszerét választottuk. Vizsgálati eredményeink alapján sorrendbe állítottuk a vizsgált fajtákat mikrosporogenezisük üteme szempontjából. Mind a három évben hasonló sorrend alakult ki, ami egyben a termésbiztonságot jelző sorrendnek is tekinthető. A mélynyugalomból leggyorsabban kilépő 'Sweet Red' fajta virágrügyei január 8 és 19 közötti időszakban fejlődésnek indultak, míg a leglassabb 'Farbaly' fajta virágrügyei csak január 21 és február 3 között. A vizsgált fajták közül a 'Sweet Red', 'Primaya', 'Petra', 'Tsunami', 'Goldrich', 'Pinkcot', 'Aurora', 'Bhart' és 'Bergarouge' fajtáknak korábban ért véget a mélynyugalma, és virágrügyeik fejlődése hamarabb elkezdődött, mint a kontrollként használt 'Magyar kajszi C.235' fajtáé, így ezeknek a fajtáknak a termesztését kockázatosabbnak véljük, és így kevésbé javasoljuk. A 'Magyar kajszi C.235'-nél később fejlődésnek induló fajták sorrendben a következők voltak: 'Hargrand', 'Harogem', 'Kurezia', 'Harlayne', 'Rózsakajszi C.1406' és 'Farbaly'. Ezek termésbiztonsága jobb, így ezeket termesztésre javasoljuk.

A virágzási idő vizsgálatai alapján azt tapasztaltuk, hogy a vizsgált fajták virágzásának kezdete az évjárattól függetlenül ugyanabban, a genotípus által meghatározott sorrendben történik. A kontroll fajtánk a 'Magyar kajszi C.235' volt, mely középidejű virágzásúnak mondható. A vizsgálatainkban ennél korábban virágzó fajták a legkorábbi virágzásúval kezdve sorrendben a következők voltak: 'Sweet Red', 'Primaya', 'Petra', 'Aurora', 'Goldrich', 'Tsunami', 'Bergarouge', 'Bhart' és 'Pinkcot'. Ezek a fajták korai virágzásuk miatt a tavaszi fagyokra érzékenyebbek, így termésbiztonságuk gyengébb a hazai termesztési viszonyok mellett. A 'Magyar kajszi C.235'-nél később virágzó fajták virágzási sorrendben a következők voltak: 'Hargrand', 'Harogem', 'Kurezia', 'Harlayne', 'Rózsakajszi C.1406' és 'Farbaly'. Ezek késői virágzásuk miatt kevésbé érzékenyek a tavaszi fagyokra, termésbiztonságuk jobbnak mondható.

A kajszifajták virágrügy-berakódottsága szintén fontos tényező a termésbiztonság szempontjából, és ezáltal a fajta értékének a megítélésében. Fagykár esetén a gazdagabban berakódó fajták a termésmennyiség tekintetében jobban

teljesíthetnek. Szintén érdemes a fajtákat a termőrész típusok berakódása alapján megvizsgálnunk, hogy a hajtásválogatás és metszés idején ezen ismeretek alapján jobb döntéseket tudjunk hozni. A virágrügy-berakódottságot három évjáratban mértük 13 fajta esetében, három termőrészt különböztetve meg. A fajtákat összehasonlítva nagyon gyengén berakódónak találtuk a 'Hargrand' és a 'Primaya' fajtákat, valamint gyengén berakódónak találtuk az 'Aurora', 'Bergarouge', és 'Harlayne' fajtákat, ezért ezeket gyengébb termésbiztonságuk miatt kevésbé javasoljuk telepítésre. Közepesen berakódónak találtuk a 'Kurezia' és 'Sweet Red' fajtákat, jól berakódónak találtuk a 'Farbaly', 'Goldrich', 'Petra' és 'Pinkcot' fajtákat, valamint nagyon jól berakódónak találtuk a 'Bhart' és 'Tsunami' fajtákat, ezeket jobb termésbiztonságuk miatt javasoljuk telepítésre. Az évjáratokat összehasonlítva a három év alapján találtunk az évjárathatásra kevésbé érzékeny fajtákat, ezek az 'Aurora' és a 'Primaya' fajták voltak, és találtunk fajtákat, amik kifejezetten érzékenyek voltak az adott évjárat eltérő hatásaira, ezek a 'Sweet Red', 'Kurezia', 'Bergarouge' és 'Harlayne' fajták voltak. Ez utóbbiaknál számolnunk kell az évjáratonként jelentősebb mértékben változó virágrügy-berakódottsággal, ami kevésbé kiszámítható termesztési feltételeket biztosít. A különböző termőrész típusokat vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a legrövidebb termőnyársak (20 cm alatti hosszúságú) virágrügyekkel jobban berakódtak, azonban az ennél hosszabb termővesszőknél a berakódottság mértéke hasonló volt, függetlenül a termővessző hosszától. A fajtákat összehasonlítva azt tapasztaltuk, hogy egyes fajták esetében a termőrészek berakódottságának különbsége jellemzően nem szignifikáns, ilyen fajták voltak a 'Petra' és a 'Primaya'. Ezeknél a fajtáknál a hosszabb termővesszőket érdemes előnyben részesíteni, jobb tápanyagszállítási kapacitásuk, és a hosszabb termőrészeken később induló virágnyílás miatt. Más fajták esetében ('Kurezia', 'Pinkcot', 'Tsunami') jelentős berakódottságbeli különbségeket mértünk a termőrész-típusok között, így ezeknél a fajtáknál a termőnyársakat érdemes előnyben részesítenünk jobb terméshezadási képességük miatt.

Összességében tekintve a vizsgálati eredményeinket, a fajták termésbiztonságát befolyásoló tényezők, a fagyűrési profil, a mélynyugalom megszűnésének ideje, a virágzási idő és a virágrügy-berakódottság mértéke alapján kiemelkedő fajtának találtuk a 'Farbaly' fajtát. A mélynyugalomból legkésőbb lép ki, a legkésőbbi virágzású, és fagyűrési értékeit is jónak találtuk. Emellett a fagyűrő fajták között a virágrügy-berakódottsági paramétereit a legjobbnak találtuk. Jó termésbiztonságúnak találtuk még a 'Kurezia', 'Rózsakajsi C.1406' és 'Harogem' fajtákat, ezek értékei is minden vizsgált paraméter tekintetében megfelelőnek bizonyultak. A vizsgálati eredmények alapján a telepítésre nem javasolt fajták fokozott fagyérzékenységük, rövidebb mélynyugalomuk és korai virágzásuk miatt a 'Sweet Red', 'Tsunami', 'Primaya' és 'Aurora' fajták. A többi vizsgált fajta telepítését fokozott körültekintés mellett javasoljuk.

## 5 ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Mesterséges fagyasztásos eljárással, smooth spline regressziós modellel határoztam meg tizenhat kajszi fajta (tizennégy külföldi és kettő hazai) virágrügyeinek fagyűrését a nyugalmi időszakban, és négy érzékenységi csoportba soroltam a fajtákat.
2. Szabadföldi fagykárvizsgálattal is meghatároztam a kajszi fajták virágrügyeinek fagyűrését, és öt érzékenységi csoportba soroltam őket.
3. A virágrügök nyugalmi állapotban való fejlődésének és a virágzásnak a vizsgálatai alapján meghatároztam a kajszi fajták mikrosporogenezisének és virágzásának sorrendjét, valamint meghatároztam a mikrosporogenezis ütemét és a virágzási idők kezdetét és végét a közép-magyarországi régióra vetítve.
4. Meghatároztam a kajszi fajták virágrügy-berakódottsági paramétereit, és öt csoportba soroltam őket. Igazoltam a kajszi fajták eltérő érzékenységét az évjáráthatásra.
5. Vizsgálataink eredményeinek összegzésével igazoltam egy hazai ('Rózsakajsi C.1406') és három külföldi ('Kurezia', 'Farbaly', 'Harogem') kajszi fajta termesztésre való alkalmasságát fagyérzékenységi és virágzásbiológiai szempontok szerint, a hazai ökológiai viszonyok között.

## 6 A SZERZŐNEK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓI

Folyóirat cikkek:

[1] Bakos József L., Ladányi Márta, Szalay László: Frost hardiness of flower buds of 16 apricot cultivars during dormancy. *FOLIA HORTICULTURAE* (0867-1761 2083-5965): 36 1 pp 81-93 (2024)

[2] Szalay László, Bakos József László, Froemel-Hajnal Veronika, Németh Szilvia, Karsai Ildikó: Changes in apricot microsporogenesis, flowering and ripening time based on 26 years of field observations in Hungary. *SCIENTIA HORTICULTURAE* (0304-4238 1879-1018): 336 Paper 113357. 13 p. (2024)

[3] Szalay László, Bakos József, Tósaki Ágnes, Froemel-Hajnal Veronika: Kajszfajták virágrügyeinek és virágainak fagyűrése a természetes fagykárok felmérése alapján. *KERTGAZDASÁG* (1998-) (1419-2713 3003-9959): 53 2 pp 3-15 (2021)

[4] Szalay László, Bakos József, Tósaki Ágnes, Keleta Belay Teweldemedhin, Froemel-Hajnal Veronika, Karsai Ildikó: A 15-year long assessment of cold hardiness of apricot flower buds and flowers during the blooming period. *SCIENTIA HORTICULTURAE* (0304-4238 1879-1018): 290 Paper 110520. 12 p. (2021)

[5] Szalay László, Froemel-Hajnal Veronika, Bakos József, Ladányi Márta: Changes of the microsporogenesis process and blooming time of three apricot genotypes (*Prunus armeniaca* L.) in Central Hungary based on long-term observation (1994–2018). *SCIENTIA HORTICULTURAE* (0304-4238 1879-1018): 246 pp 279-288 (2019)

[6] Mendelné Pászti Edina, Bakos József László, Szalay László, Mendel Ákos: Kajszfajták virágrügyeinek fagyűrés- és fagykár vizsgálati eredményei. *KERTGAZDASÁG* (1998-) (1419-2713 3003-9959): 54 4 pp 14-23 (2022)

Konferencia összefoglalók (abstract):

[7] Bakos József László, Szalay László: Kajszfajták terméshozásának biztonsága a tavaszi fagykárok fényében. In: XXVIII. Növénynevelési Tudományos Napok: Összefoglaló kötet. Keszthely: Magyar Növénynevelők Egyesülete, pp 96-96 (2022). ISBN: 9789632699875