



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Kajszfajták fagyűrése és virágzásbiológiai jellemzői

Doktori (PhD) értekezés

Bakos József László

Budapest
2026

Doktori Iskola: Agrár- és Élelmiszertudományok Doktori Iskola

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	JELÖLÉSEK, RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE.....	4
2	BEVEZETÉS	5
3	CÉLKITŰZÉSEK	6
4	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
4.1	A KAJSZI SZÁRMAZÁSA, GENETIKAI FEJLŐDÉSE.....	7
4.2	A KAJSZITERMESZTÉS TÖRTÉNETE	8
4.3	KAJSZITERMESZTÉS A VILÁGBAN ÉS HAZÁNKBAN, FAJTAHASZNÁLAT	8
4.4	KAJSZINEMESÍTŐ KÖZPONTOK, NEMESÍTÉSI IRÁNYOK.....	11
4.5	A TÉLI NYUGALMI ÁLLAPOT A MÉRSÉKELT ÉGÖVI GYÜMÖLCSTERMŐ NÖVÉNYEKNÉL	12
4.5.1	<i>A kajszi generatív rügyei és azok fejlődése.....</i>	<i>12</i>
4.5.2	<i>A nyugalmi állapot végének és a virágzás kezdetének feltételei.....</i>	<i>13</i>
4.6	A KAJSZIFAJTÁK VIRÁGZÁSI IDEJE	15
4.7	FAGYKÁROK ÉS A FAGYTŰRÉS VIZSGÁLATA.....	15
4.7.1	<i>Szabadföldi fagykár vizsgálatok</i>	<i>16</i>
4.7.2	<i>Mesterséges fagyasztásos kísérletek.....</i>	<i>16</i>
4.8	FAGYVÉDELMI MÓDSZEREK.....	16
5	ANYAG ÉS MÓDSZER.....	18
5.1	VIZSGÁLT NÖVÉNYEK	18
5.2	FAGYTŰRÉS VIZSGÁLATOK MÓDSZEREI	18
5.2.1	<i>Mesterséges fagyasztás</i>	<i>19</i>
5.2.2	<i>Szabadföldi fagykár felvételezések.....</i>	<i>20</i>
5.3	VIRÁGRÜGY FEJLŐDÉSÉNEK VIZSGÁLATAI	20
5.3.1	<i>Mikrosporogenezis vizsgálata</i>	<i>20</i>
5.4	A VIRÁGZÁSI IDŐ VIZSGÁLATA.....	22
5.5	TERMŐRÉSZEK VIRÁGRÜGY-BERAKÓDOTTSÁGÁNAK VIZSGÁLATA.....	23
6	EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE.....	24
6.1	KAJSZIFAJTÁK VIRÁGRÜGYEINEK FAGYTŰRÉS VIZSGÁLATAI	24
6.1.1	<i>Mesterséges fagyasztásos vizsgálatok eredményei</i>	<i>24</i>
6.1.2	<i>A mesterséges fagyasztásos vizsgálatok eredményeinek megvitatása.....</i>	<i>36</i>
6.1.3	<i>Szabadföldi fagykár vizsgálatok eredményei</i>	<i>38</i>
6.1.4	<i>A szabadföldi fagykár vizsgálatok eredményeinek megvitatása.....</i>	<i>41</i>
6.1.5	<i>A mesterséges fagyasztásos vizsgálatok és a szabadföldi fagykár felvételezés eredményeinek összehasonlítása</i>	<i>42</i>
6.2	KAJSZIFAJTÁK MIKROSPOROGENEZIS VIZSGÁLATÁNAK EREDMÉNYEI	43
6.2.1	<i>A mikrosporogenezis vizsgálatok eredményeinek megvitatása</i>	<i>49</i>
6.3	KAJSZIFAJTÁK VIRÁGZÁSI IDEJE.....	50
6.3.1	<i>Virágzási idő eredményeinek megvitatása.....</i>	<i>52</i>
6.4	KAJSZIFAJTÁK VIRÁGRÜGY-BERAKÓDÁSA	53
6.4.1	<i>Fajtahatás vizsgálata.....</i>	<i>54</i>
6.4.2	<i>Évjáráthatás vizsgálata</i>	<i>59</i>
6.4.3	<i>A termőrész-típusok hatásának vizsgálata.....</i>	<i>62</i>
6.4.4	<i>A virágrügy-berakódás eredményeinek megvitatása.....</i>	<i>65</i>
7	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	67
8	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	69
9	ÖSSZEFOGLALÁS	70
10	SUMMARY	73
11	MELLÉKLETEK.....	76
M.1	IRODALOMJEGYZÉK	76
12	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	97

1 JELÖLÉSEK, RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

ANOVA	varianciaanalízis (Analyze of Variance)
BBCH	Biologische Bundesantalt Bundessortenamt and chemische industrie
CDP	sejtelhalási határérték (cell death point)
ESFY	fitoplazma
FAO	Egyesült Nemzetek Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezete (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
FAOSTAT	az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezetének statisztikai adatbázisa
FV	fővirágzás
GPS	Global Positioning System
LT ₅₀	50%-os fagykárt okozó hőmérséklet (Lethal Temperature ₅₀)
MANOVA	többváltozós varianciaanalízis (Multivariate Analyze of Variance)
MATE	Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
NÉBIH	Nemzeti Élelmiszerbiztonsági Hivatal
OMSZ	Országos Meteorológiai Szolgálat
PPV	Plum Pox Vírus
UAV	pilóta nélküli légi jármű (Unmanned Aerial Vehicle)
VK	virágzás kezdete
VR	virágrügy
VV	virágzás vége

2 BEVEZETÉS

A kajszi (*Prunus armeniaca* L.) melegigényes csonthéjas gyümölcsfaj, a világon sokfelé termesztik, Magyarországon is régi időkre visszanyúló hagyománya van a termesztésének. A világ össztermelése a 2000-es évek óta fokozatosan növekszik, az elmúlt huszonöt évben 3 millió tonna körüli értékről 4 millió tonna közelébe emelkedett. Törökország a legnagyobb termelő a világon, 803.000 tonna termést szüreteltek 2022-ben, emellett a közel-keleti régió több országában és Nyugat-Európa egyes országaiban, Olaszországban, Spanyolországban és Franciaországban kiemelkedő még az éves termés mennyiség. Gyümölcse alacsony energiatartalom mellett magas rosttartalommal bír, jelentős mennyiségben tartalmaz vitaminokat (A, C, E), mikro- és makroelemeket (kálium, kalcium, foszfor, magnézium), valamint magas karotinoid- és flavonoidtartalommal rendelkezik. Egészségvédő értékei is jelentősek, segít megőrizni a szemek és a látás épségét, elősegíti a bőrkárosító hatások elleni védelmet, segíti az immunrendszer működését. Számos felhasználási területe van, Európában főként friss fogyasztásra, lekvárkészítésre és ivólé készítésre használják, a közel-keleti országokban elsősorban aszalványt készítenek belőle, Kínában pedig kifejezetten a magjáért termesztett fajták is léteznek, így feldolgozott formában egész évben fogyaszthatjuk.

A kajszi elsődleges géncentruma Kína, ahol ötezer éve ismert és termesztett, innen terjedt el Ázsia más részeire, majd később Európába, ahol a termesztése kb. 2000 évvel ezelőtt kezdődött. Eredeti élőhelye Kína észak-keleti hegyvidéki területei, ahol elsősorban a kontinentális éghajlat a jellemző, hideg telekkel és meleg, de csapadékban gazdag nyarakkal. A régmúltba nyúló termesztés, az egyes termesztőkörzetekben végzett szelekciós munka, majd később a nemesítési tevékenység során a kajszifajták átalakultak, de eredeti élőhelyükön kialakult tulajdonságaikból is sokat megőriztek. A kajszit ma már elsősorban mediterrán éghajlatú területeken termesztik, enyhe telekkel és meleg, csapadékszegény nyarakkal, így az újabban nemesített fajták jelentős részét ehhez a klímához próbálták alakítani, így olyan tulajdonságokkal rendelkeznek, mint például a korai virágzás, amelyek az adott fajta hazai termesztetőségét megnehezítik.

Korábban a gyümölcsminőség javítása volt a legfontosabb nemesítési cél világszerte, aminek következtében nagyon sok olyan fajta került be a termesztésbe, amely betegségekre fogékony és a fagyokkal szemben érzékeny volt. Ennek hatására napjainkra a nemesítők legfontosabb célkitűzése az ellenállóság fokozása lett. Emellett a különböző régiók nagyban eltérő nemesítési célokat tűznek ki. Ilyenek a nagyon korai virágzás és érés a fagyoktól mentes termesztőkörzetekben a koraiság fokozása végett, vagy ezzel ellentétben a nagyon késői virágzású és érésű fajták előállítását a fagyveszélyes területeken, ahol a termésbiztonság alapvető feltétele a fagykarak elleni védekezés minden lehetséges módon. Emellett nemesítési célok még a biotikus rezisztencia kialakítása, az abiotikus rezisztencia fokozása, a gyümölcsminőség és termőképesség fokozása, stb.

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

3 CÉLKITŰZÉSEK

Kísérleti munkánk céljaként külföldön nemesített kajszifajták fagyűrésének, 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 fagyűrésének meghatározása mesterséges fagyasztásos kísérletekkel.
2. Kajszifajták fagyűrésének meghatározása szabadföldi fagykár felvételezéssel.
3. A virágrügyek fagyűrését 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.

4 IRODALMI ÁTTEKINTÉS

4.1 A kajszi származása, genetikai fejlődése

A "kajszi" szó a kajszibarackot (*Prunus armeniaca*) jelöli magyarul. A szó maga török eredetű, és a török "kayısı" szóból származik, amely törökül kajszibarackot jelent. Ez a kifejezés a török nyelv közvetítésével került a magyar nyelvbe, és a mai napig a kajszibarack nevéként használatos. Az európai (többnyire latin eredetű) nyelvekben (pl. angol: apricot, spanyol: albaricoque, olasz: albicocca, francia: abricot, német: aprikoze) a szó eredete az arab "al-barquq"-ra vezethető vissza. A *Prunus armeniaca* elnevezés Örményországra utal, de az elsődleges géncentrum ettől keletebbre keresendő (Hormaza et al., 2007). Termesztésbe vonása több ezer éve kezdődött meg ázsiában (Faust et al., 1998).

A termesztett kajszifajták többségét a *Prunus armeniaca* L. faj adja, amely rendszertanilag a Rosaceae család, Prunoideae alcsalád, *Prunus* L. nemzetségébe tartozik, azonban szintén kajszinak nevezünk több más közeli rokon fajt is: a tibeti kajszit (*Prunus holosericea* Batal.), a mandzsúriai kajszit (*Prunus mandshurica* (Maxim) Koehne), a japán kajszit (*Prunus mume* (Sieb.) Sieb. & Zucc.), a szibériai kajszit (*Prunus sibirica* L.), valamint az alpesi kajszit (*Prunus brigantina* Vill.) (Faust et al. 1998; Bortiri et al. 2001). További három gyakran kajsziként említett fajta, amelyek vélhetően fajhibridek: *Prunus* × *dasycarpa* Ehrh., *Prunus armeniaca* var *ansu* (Maxim.) Kost., és *Prunus sibirica* var *davidiana* (Carrière) (Layne 1996; Mehlenbacher et al., 1990). Szintén fajhibrid a *Prunus armeniaca* L. × *Prunus salicina* Lindl., mely a kajszi és a japán típusú szilva keresztezésével jött létre (Manganaris et al., 1999; Ahmad et al., 2004).

A kajszi eredete alapvetően három ázsiai régióra vezethető vissza (Vavilov, 1951; Faust et al., 1998). Az elsődleges géncentrum Kína, melyhez a kajszi termesztésbe vonása is köthető (Janick és Moore, 1996). Szintén innen származnak a japán fajták is (Yoshida, 1998). A második régió Közép-Ázsia, míg a harmadik régió a közel-keleti, azon belül is az iráni-kaukázusi területek, amelyet a kajszi második géncentrumának is neveznek (Hagen et al., 2002). Az európai kajszik is ez utóbbi területről eredeztethetőek, feltételezhetően két útvonalon keresztül: Észak-Afrikán át Dél-Európába tengeri úton, valamint Kelet- és Közép-Európán keresztül Nyugat-Európába szárazföldön (Bourguiba et al., 2012).

A kínai, közép-ázsiai és az iráni-kaukázusi területeken természetes környezetükben a mai napig sok vad fajt és fajtát találhatunk (Li et al., 2013), ellentétben az európai területekkel (Akpınar et al., 2010; Yılmaz és Gurcan, 2012). A kajszi genetikai változatossága fokozatosan csökken ahogy a Közel-Kelet irányából Európa felé közelítünk (Bourguiba et al., 2012). Ennek a genetikai háttere feltételezhetően ahhoz köthető, hogy az Európában termesztett fajták kevés számú fajtától eredeztethetőek, és a legtöbbjük öntermékeny (Pedryc et al., 2009). Szintén gyenge genetikai változatosság figyelhető meg az észak-afrikai területeken, ahol a kajszi háziasítása több hullámban történt (Bourguiba et al., 2013).

A legújabb kutatások szerint az európai és észak-amerikai tájfajták és kereskedelmi fajták diverzitásához viszonyítva az újabb nemesítési programok kajszifajtái nagyobb genetikai változatosságot mutatnak. Ez meglepően hangozhat, ennek oka alapvetően az lehet, hogy az észak-amerikai nemesítési programokban olyan ázsiai genotípusok is megjelennek, amelyek eddig teljesen hiányoztak az európai fajtákból. Ennek ellenére a nemesítési programok mellett a tájfajták megőrzése is fontos feladat, mert a nemesítő központokból kikerülő fajták ugyanazon szülőket használva előbb-utóbb genetikai zsákutcába vezetnek, és a tájfajták nyújtotta genetikai variabilitás fontos lehet majd az értékes genetikai állomány megőrzésében és a genetikai erózió megakadályozásában (Herrera et al., 2021).

4.2 A kajszitermesztés története

A kajszit először Kínában kezdték termesztani, ennek írásos bizonyítékai az i. e. III. évezred végéről származnak (De Candolle, 1886). Közép-Ázsiában a kajszi termesztését i. e. I-II. évezred körül vezették be (Sinskaya, 1969). Ezzel összhangban a dél-türkmenisztáni és üzbegisztáni ásatások nem tudták bizonyítani, hogy a kajszit i. e. 1500 előtt termesztésbe vonták volna (Miller, 1999). A mai Törökország Anatólia régiójába több mint kétezer évvel ezelőtt, Nagy Sándor ázsiai hódításai nyomán (i.e. 334), vagy a selyemút mentén kajszimagokkal házaló kínai és közép-ázsiai kereskedők közvetítésével, vagy pedig a Római Birodalom közel-keleti hódításaival (Szíria, Irán és a kaukázusi területeken) került (Yilmaz és Gurcan, 2012).

A kajszi elterjedését az első termesztési központjaiból Faust és munkatársai (1998) részletesen tárgyalták. A Földközi-tenger medencéjében számos ókori régészeti lelőhelyen jellegzetes nagy kajszimagokat találtak (Zohary et al., 2012). Néhány száz évvel később a kajszi ismert és népszerű gyümölcsfaj lett Szíriában, Törökországban, Görögországban és Olaszországban. A kajszi Közel-Keletről való elterjedésével kapcsolatban számos utat azonosítottak:

1. A legdélebbi fekvésű útvonal Örményországból kiindulva, Egyiptomon keresztül Észak-Afrika országaiba, egészen a mai Marokkóig eljutva, később pedig innen Spanyolországba vezetett. Ezen az afrikai útvonalon a legkisebb hidegigényű, melegigényes fajták szelektálódtak ki. A tunéziai kajszifajták hasonlósága és genetikai állománya a közép-ázsiai és az iráni-kaukázusi fajtákhoz megerősítette ezt az elterjedési útvonalat (Khadari et al., 2006).
2. A középső útvonal a Közel-Kelet irányából a Fekete-tenger déli partvidéke mentén, a mai Törökországon és Görögországon keresztül, majd a Földközi-tenger északi partvidékén Közép- és Dél-Európa országaiba vezetett. Valószínűleg a dél-európai fajták ezen útvonal mentén alakultak ki.
3. A legészakibb útvonal a Fekete-tenger északi partvidéke mentén, a mai Ukrajna területén keresztül eljutott a Kárpát-medencébe és a Balkánra, majd innen tovább nyugatabbra is, a Duna-völgybe és Németországba. Ezen útvonal mentén szelektálódtak ki a legfagyűrőbb genotípusok, sok fajtának a *P. sibirica* lehetett az őse. A római katonák és a közel-keleti kereskedők nagymértékben hozzájárultak az ezen az útvonalon történő terjesztéshez. Valószínűleg a Duna-völgyben az európai fajtákat eredetileg méretük és az új környezethez való alkalmazkodásuk alapján választották ki. Az európai kajszifajták első, öntermékenységet biztosító genotípusai is itt keletkeztek (Halász et al., 2007).

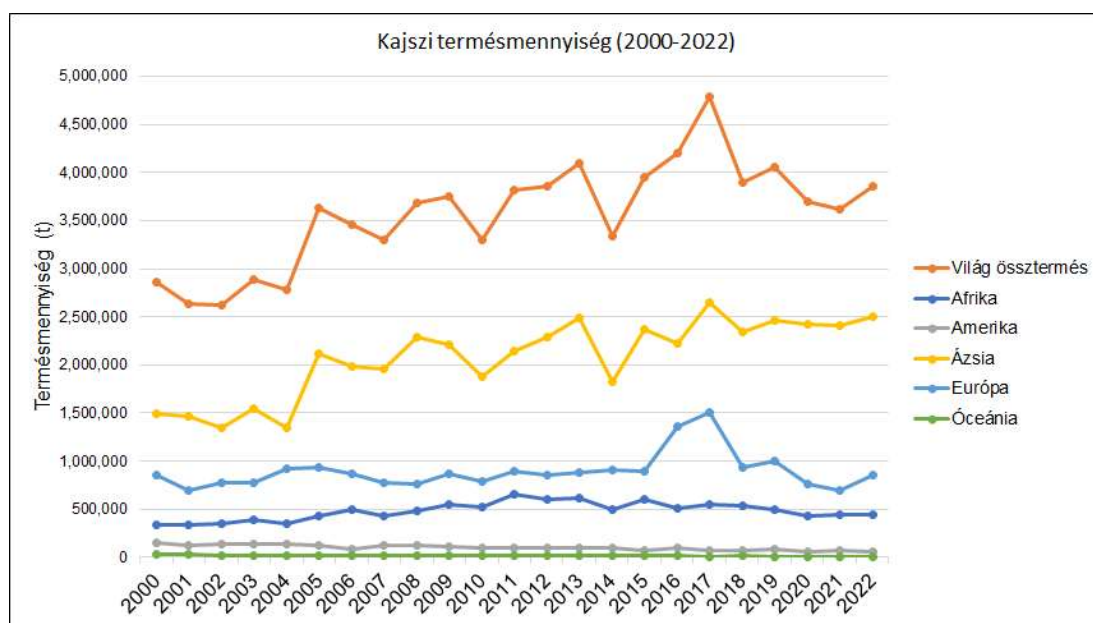
A Római Birodalom korában a kajszit sokfelé termesztették a birodalom határai belül, így Pannónia és Gallia területén is. Európában a kajszi termesztésének jelentősége a középkorban lecsökkent, az ázsiai területeken azonban mindig is a hegyvidéki lakosság egyik fontos élelmezési forrása volt. A kajszi a többi kontinensre csak az újkorban, az elmúlt néhány évszázadban jutott el, és kezdték meg a termesztését, mára már azonban nagy területeken vannak kajsziültetvények Ausztráliában, Új-Zélandon, az Egyesült Államokban és Dél-Afrikában is (Nyujtó és Surányi, 1981; Faust et al., 1998; Surányi, 2011).

4.3 Kajszitermesztés a világban és hazánkban, fajtahasználat

2000 és 2022 között a világ összes kajszitermése 2,86 millió tonnáról 3,86 millió tonnára nőtt (1. ábra), és egyes kiugró évektől eltekintve egyenletes növekedést mutatott. Ázsia országai adják az össztermés több mint felét, növekvő részesedést mutatva az elmúlt 20 évben. Míg a 2000-es években a világ össztermésének fele érkezett Ázsiából, addig ez az arány az elmúlt három évben 65% körülire nőtt. Európa

a második legnagyobb termelő világviszonylatban, 850 ezer tonna körüli termésmennyiséggel, ami az elmúlt két évtizedben nem változott számottevő mértékben, így a világtermelés növekedését figyelembe véve a részesedése az össztermésből 30%-ról 25% alá esett vissza. Az afrikai kontinensen 500 ezer tonna körül alakult a kajszi termés az elmúlt húsz évben, kisebb-nagyobb ingadozásokkal, lassú ütemű növekedést mutatva, míg Amerika és Óceánia országaiban a kajszi termesztés erős visszaesést mutat a termésmennyiségek alapján, Amerikában 5%-ról 2% alá, Óceániában pedig 1%-ról 0,25%-ra esett a részesedés a világtermelésből (FAOSTAT, 2022).

A teljes termőterület nagyságát világviszonylatban nézve is megfigyelhető a termésmennyiségre jellemző növekedés, az évszázad kezdetén 435 ezer hektár volt a regisztrált termőterület, ami 2022-ben már 558 ezer hektár volt (FAOSTAT, 2022).



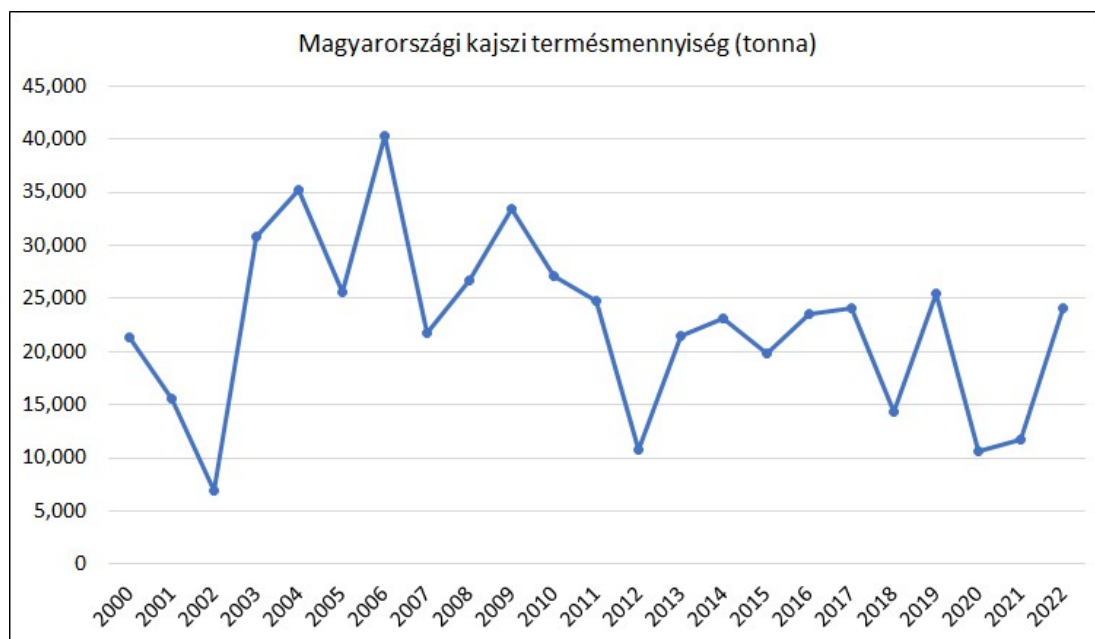
1. ábra: Kajszi éves termésmennyiség a világon és kontinensenként, a 2000 és 2022 közötti időszakban

Ázsia és Európa határán a kajszi termesztésben kiemelkedő a közel-keleti régió, amely a világ össztermésének közel felét adja. Törökország kimagaslóan a világ vezető kajszi termesztő országa, 2022-ben 803 ezer tonna kajszi termelt itt (FAOSTAT, 2022), és ezt a pozícióját várhatóan a közeljövőben is megőrzi (Uzundumlu et al., 2021). A termés 80-90%-ából aszalványt készítenek, a világ szárított kajszi exportjának 74%-át ők adták 2020-ban (Poyraz és Gul, 2022). Az erre legalkalmasabb fajtájuk a 'Hacihaliloglu' és a 'Kabaasi', de minden törökországi régióknak saját kedvelt fajtája van, ilyenek például a 'Hasanbey', a 'Shalak' és a 'Tokaloglu' (Ercisli, 2009). Szintén ennek a régióknak tagjai még Üzbegisztán, Irán, Afganisztán, Pakisztán és Örményország, egyenként 80-450 ezer tonna közötti éves termésmennyiséggel. Jellemzően ezekben az országokban is helyi fajtákat termesztnek legnagyobb mennyiségben (Rakhimov et al., 2021; Salari et al., 2020; Mirnezami et al., 2020).

Az Európai Unió országai közül Olaszország a legnagyobb kajszi termesztő, a betakarított termés mennyisége 2022-ben 230.000 tonna volt (FAOSTAT, 2022). A termés 53%-át friss fogyasztásra, míg 38%-át feldolgozóipari célra, elsősorban gyümöleszlé készítésre használják (Bassi és Foschi, 2013). Szintén jelentős európai kajszi termesztő országok még Franciaország, Spanyolország (friss fogyasztásra) és Görögország (befőtt készítésre), 80.000 tonna feletti éves termésmennyiséggel (FAOSTAT, 2022; Poyraz és Gul, 2022). Az európai országokra jellemző, hogy minden körzetnek megvannak a kedvelt, régi hagyományos fajtái. Olaszország négy

legjelentősebb termesztőkörzete Emilia-Romagna, Piemont, Campania és Basilicata, melyekben továbbra is megtalálhatjuk termesztésben a régi olasz fajtákat, mint a 'San Castrese', 'Portici' és 'Pisana' (Bassi és Foschi, 2013). Franciaország kajszitermesztése az ország déli részéhez kötődik, három legjelentősebb termesztőkörzete a Rhone völgye, Occitanie és Provence, ahol továbbra is kiemelkedő szerepe van a 'Bergeron', 'Rouge de Rousillon' és az 'Orangé de Provence' fajtáknak. Spanyolország két legnagyobb termesztőkörzete Murcia és Valencia tartományok, az előbbiben a 'Bulida', míg utóbbiban a 'Canino' a fő fajta (Szalay, 2013). Görögországban pedig a fő fajták között van a 'Bebecou' és a 'Diamantopoulou' (Kafkaletou et al., 2019). Ezek mellett azonban mindegyik európai országban egyre nagyobb szerepet kapnak külföldi, elsősorban amerikai és kanadai nemesítésű fajták, vagy azok nemesítési programokban előállított utódai, melyek valamekkora rezisztenciával rendelkeznek a kajszis legfontosabb kórokozóival, a Sharka vírussal (PPV), a Csonthéjasok európai sárgasága fitoplazmával (ESFY), a Xanthomonas és Pseudomonas baktériumos fertőzésekkel szemben. Ilyen jelentősebb fajták például a 'Harlayne', 'Orange Red', 'Harcot', 'Goldrich', 'Spring Blush', 'Pinkcot', 'Kioto', 'Farbaly' (Bassi és Foschi, 2013; Krška, 2018; Auvinet et al., 2020; Al-Suwaid et al., 2022).

Magyarországon az éves termésmennyiség erősen ingadozó, az utóbbi két évtizedben 10-25 ezer tonna között mozgott (2. ábra).



2. ábra: Kajszis éves termésmennyiség Magyarországon, a 2000 és 2022 közötti időszakban

A kajszis termőterülete hazánkban 2013 és 2020 között dinamikus növekedést mutatott, 4000 hektárról 5700 hektárra emelkedett, majd az utóbbi néhány évben, elsősorban az egyes években drasztikus termés kieséseket okozó fagykárak miatt, a kajszisültetvények területe csökkent, jelenleg mintegy 5000 hektárt foglal el. A legjelentősebb termesztőkörzetek hazánkban: Borsod-Abaúj-Zemplén vármegye (1100 hektár), Pest és Bács-Kiskun vármegyék (együtt 1350 hektár), Somogy és Tolna vármegyék (együtt 900 hektár), valamint Fejér vármegye (500 hektár).

Magyarországon tájegységekre jellemző fajtakörök alakultak ki, mint például a Magyar kajszis, a Bóborkajszis, az Óriás-, valamint a Mandulakajszis fajtakörök. Az Európai Bizottság 2011-ben bejegyezte a "Gönci kajszibarack" elnevezést az oltalom alatt álló eredetmegjelölések és földrajzi jelzések nyilvántartásába. Az elnevezés használatára jogosult fajták a 'Gönci magyar kajszis', a 'Magyar kajszis C. 235', a

'Mandulakajszi', a 'Bergeron', a 'Ceglédi Piroska', a 'Ceglédi bíborkajszi', a 'Ceglédi óriás' és a 'Pannónia'. Ezek a többségében hagyományos magyar fajták adják a hazai termesztés 60-65%-át. A földrajzi árujelzőt azonban kizárólag Borsod-Abaúj-Zemplén megye négy meghatározott járásának 41 településéről származó kajsziira használhatják a gazdák (Surányi, 2008; Pleszkó, 2014). Magyarországon jelenleg 47 államilag elismert kajszi fajta van nyilvántartva, ebből 10 külföldi eredetű (NÉBIH Nemzeti Fajtajegyzék, 2025).

4.4 Kajszinemesítő központok, nemesítési irányok

1980-tól 2007-ig közel 600 új nemzetközileg bejegyzett kajszi fajta került forgalomba világszerte. A legtöbb fajtát az Egyesült Államok (74), Franciaország (70), Olaszország (62), Kína (47), Csehország (29) és Spanyolország (26) állította elő, de a nemesítési folyamatok felgyorsulását mutatja, hogy ezen fajták 60%-át az utolsó hét évben, 2000 után jelentették be. Az újonnan bejelentett fajták 63%-a még a közsférához, a kutatóállomásokhoz és egyetemekhez köthető, de a magánszektor aránya egyre növekszik világszerte. A profitorientált nemesítő cégek alapvetően négy nyugati országhoz (USA, Franciaország, Olaszország, Spanyolország) köthetőek (Fideghelli és Della Strada, 2010).

Kínában az 1970-es évek végén, a gazdasági reformok jegyében indult meg a kajszinemesítés. Addig kereskedelmi célú kajsziültetvények nem is voltak. Első lépésként tájszelekcióval választottak ki értékes jelölteket, majd a nyugati országokból hoztak be érdekes fajtákat, végül ezek keresztezésével indult meg a Kínai kajszinemesítés újhulláma. 2012-ben nyolc kajszinemesítési program futott, ebből hét különböző állami intézetekben, egy pedig magánintézményben. A keresztezéses nemesítésben a helyi fajták közül a 'Chuanzhihong' a legkedveltebb, jó termőképessége, aromája, pirosas színeződése és késői érése miatt, míg a külföldi fajták közül a 'Sungold' a legnépszerűbb a húskeménysége és jó termőképessége miatt (Liu et al., 2012).

Törökországban az Inönü Egyetemen, Malatya tartományban folyik kajszinemesítő munka. Korábbi céljak korai és kései érésű fajták előállítására, a szárítási hatékonyság növelése és a sarka vírussal szemben rezisztens fajták előállítása volt, újabb nemesített fajták többek között a korai érésű 'Dilbay' (Asma, 2012) és a kései érésű 'Eylul' (Asma et al., 2018). Jelenlegi legfőbb céljuk a tavaszi fagyoknak jobban ellenálló, kései érésű, de emellett jó minőségű, nagygyümölcsű fajták előállítására (Asma, 2024).

A Csehországi Lednice-ben 1981 óta folyik nemesítési program, ahol az elsődleges cél a gyümölcsminőség megőrzése az adaptációs képesség és a termésbiztonság mellett (Krska, 2016). Négy újabb fajtájuk mindegyike Sharka rezisztens, közülük a legkorábban érő a tetszetős és ízletes gyümölcsű 'Adriana', a Gönci magyar kajsziival egyidőben érnek az ízletes, de kemény húsu, sötétpiros fedőszínű 'Betinka', valamint a szintén tetszetős és ízletes gyümölcsű 'Candela', a legkésőbb érő pedig a nagyon jó termőképességű 'Sophia' (Krska, 2015).

Romániában a Fekete-tenger partján, a Konstancai Gyümölcskutató Állomáson 1970 óta foglalkoznak kajszinemesítéssel. Céljaik jelenleg a dél-romániai viszonyokhoz jól alkalmazkodó, friss fogyasztásra és ipari feldolgozásra alkalmas, nagyon korai vagy nagyon késői fajták létrehozása. Legújabb fajtáik az 'Amiral', 'Augustin', 'Elmar', 'Ovidius' és a 'Ceres', amelyek mindegyike kiváló gyümölcsminőségű, és a friss fogyasztási szezonat ezekkel a fajtákkal három hónap hosszúságúra ki tudták tolni (Oprita et al., 2020).

Hazánkban a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE) Ceglédi Gyümölcsstermesztési Kutatóközpontjában folyik kajszinemesítés. A legújabb fajtáik a 'Ceglédi szilárd' (2011), a 'Ceglédi gömbölyű' (2011), a 'Ceglédi zamatos' (2015),

és a 'Ceglédi bájós' (2019), valamint a 2025-ben fajtaminősítést kapott 'Gönci 83' és 'Mária Magdolna' (NÉBIH Nemzeti fajtajegyzék, 2025).

4.5 A téli nyugalmi állapot a mérsékelt égövi gyümölcsstermő növényeknél

A mérsékelt égövi gyümölcsstermő fák, mint a kajszi is, az őszi hőmérsékletcsökkenés és rövidülő napfénytartam hatására nyugalmi állapotba kerülnek, melynek célja az egyre kedvezőtlenebbé váló környezeti viszonyok átvészélése (Fadón et al., 2020a; Herrera et al., 2022). A téli hideghez való alkalmazkodás következményeként, bár a tél folyamán életben maradnak a fák, de növekedési folyamataik megállnak (Nilsson, 2022). Ezt az állapotot nevezzük téli nyugalomnak. A növény fiziológiailag aktív marad, és a rügyek anyagcsere folyamatai sem állnak le teljesen, de a víz és tápanyagfelvétel drasztikusan lecsökken (Fadón et al., 2018; Viti et al., 2013; Lawrence, 2018). A nyugalmi állapot tulajdonképpen egy túlélési mechanizmus, ami a kivirágzás számára kedvező környezeti feltételek bekövetkeztéig megakadályozza a növekedési folyamatokat (Prudencio et al., 2020). A nyugalmi időszak végét alapvetően két faktor, a környezeti hatások, legfőképpen a hőmérséklet (Bartolini et al., 2020a), valamint a genetikai kód határozza meg (Balogh et al., 2019), ezen belül is a genotípus hideg- és melegigénye (Fadón et al., 2020b; Zhuang et al., 2016), amely öröklötten rögzített.

Az áttelelő szervek fejlődése (Savage et al., 2021), a következő évi kihajtás (Xu et al., 2021), virágzás és a termés kinevelése sérülhet (Ruml et al., 2015; Campoy et al., 2019; Parkes et al., 2020), ha az adott termőhelyen a genotípus az általa igényelt hidegigényt nem kapja meg. Ha a hidegigény túl korán teljesül, és utána az időjárási viszonyok kedvezőtlenül alakulnak, az pedig az áttelelő szervek, elsősorban a virágrügyek károsodásával járhat (Guo et al., 2014; Niu et al., 2025). A fajok élettani folyamatai hosszú idő alatt alakultak ki és rögzültek az evolúció során, így ezeket a tulajdonságokat az adott faj elsődleges géncentrumának környezeti viszonyai határozzák meg. A gyümölcsstermő fajok globális szintű termesztésbe vonása során azonban sok esetben eredeti termőhelyükhöz képest nagymértékben eltérő környezeti feltételek mellett folyik a termesztésük, ez a helyzet a kajszi termesztésével is hazánkban (Kállay, 2014).

4.5.1 A kajszi generatív rügyei és azok fejlődése

A csonthéjas gyümölcsfajokat kétféle rügytípus jellemzi, a vegetatív hajtásrügyek és a generatív virágrügyek (termőrügyek). A vegetatív rügyek rügypikkelyekből, levélkezdeményekből és a hajtáscsúcs merisztémájából állnak. A virágrügyek összetettebb szerkezetűek.

A virágrügyeknek is van egy kezdeti fejlődési szakasza, amikor a szöveti felépítésük megegyezik a vegetatív rügyekével. Ekkor még a csúcsmerisztéma kúp alakú a rügykezdeményen belül, amelynek szélein oldalmerisztémák (primordiumok) alakulnak ki, az egész virágrügyet pedig rügypikkelyek fedik. A virágrügy kialakulása az indukcióval kezdődik. Ez hormonálisan programozott folyamat, ekkor még nem történik változás a rügyek szöveti struktúrájában, csak biokémiai változások jelzik, hogy a virágrügy-differenciálódás megkezdődött. Ahhoz, hogy egy rügyből termés képzésére alkalmas virágrügy fejlődjön ki, számos feltételnek kell teljesülnie. A virágrügy-differenciálódás akkor kezdődhet meg, ha a hajtásnövekedés majdnem teljesen megáll, és ezzel párhuzamosan a primordiumok kialakulása egyre gyorsabb ütemben zajlik. Szintén szükséges feltétel még, hogy megfelelő számú primordiumnak kell már lennie ahhoz, hogy az indukció, a rügy generatívvá válása végbe mehessen.

A következő szakasz az iniciálódás. Ennek során az eddig még vegetatív jellegű tenyészőcsúcs szövettanilag is átalakul, generatívvá válik. Ennek az első,

mikroszkóp alatt már jól látható jele a csúcsmerisztéma ellaposodása, ezért gyakran ennek az időpontját adják meg a virágrügy-differenciálódás kezdeteként. Ezután kialakul a „kocka” vagy „pflock” stádium, majd kívülről befelé haladva kialakulnak a virágszervek kezdeményei, a csészelevelek, szíromlevelek, porzók és végül a termő (Szalay, 2003). A kajszi esetében ez nyár közepére-végére fejeződik be (Nyéki és Soltész, 1996; Bubán, 2003; Szalay, 2009).

A differenciálódástól a következő évi virágnylásig virágrügyek fejlődése folyamatos, de egyes szakaszokban más-más ütemben történik. A teljes folyamatot klasszikusan három szakaszra szokták osztani, melyek az előnyugalom, amit endogén tényezők szabályoznak, a mélynyugalom, amit fiziológiai tényezők határoznak meg, és a kényszernyugalom, amit a környezeti tényezők befolyásolnak (Lang, 1996; Lang et al., 1987).

A hőmérséklet, napsugárzás, csapadék mennyisége (Viti et al., 2013; Bartolini et al., 2020b), a metszés ideje és módja (Karimi et al., 2017; Liu et al., 2021), a művelési rendszer (Dhillon és Thakur, 2014), a termésmennyiség okozta terhelés (Kofler et al., 2019), a tápanyagellátás (Chawla és Khumar Sharma, 2025) hatással vannak a virágrügyek differenciálódására és fejlődésére (Fadón et al., 2015; Banjare et al., 2023; Szot et al., 2025). A korona napos oldalán kedvezőbbek a feltételek a virágrügyképződésre (Peavey et al., 2020), míg a korona kedvezőtlen megvilágítottága negatív hatással van a virágrügyképződésre, az árnyékos oldalon lévő hajtásokon kevesebb virágrügy képződik (Bartolini et al., 2013). Szintén negatív hatással van a virágrügyek képződésére és a csírázási képességeikre az optimális tartománytól eltérő hőmérséklet (Distefano et al., 2018).

4.5.2 A nyugalmi állapot végének és a virágzás kezdetének feltételei

Az őszi lombhullás után a kajszi fák téli nyugalomba vonulnak, kialakul a virágrügyek mélynyugalmi állapota. Az áttelelő szervek mélynyugalma csak akkor ér véget, amikor egy bizonyos hidegmennyiséget megkaptak. A mélynyugalom megszűntetéséhez szükséges hidegmennyiség öröklött tulajdonság, így genotípusonként eltérő. A mélynyugalmi időszakban a portokokon belül differenciálatlan szövetállomány található, ennek neve archespórium. A termőkezdemény belsejében sincs szöveti differenciálódás. A virágszervek további fejlődése csak a következő szakaszban, a kényszernyugalom alatt történik meg. Ebben az időszakban a virágrügyek már nem a hideg, hanem a melegegységeket regisztrálják (Lloret et al., 2018; Fadón et al., 2020a,b; Drogoudi et al., 2023). A kivirágzáshoz genotípusonként rögzített mennyiségű melegmennyiségre van szükségük. A kényszernyugalom alatt a portokokban több fejlődési fázison keresztül alakulnak ki a kész pollenszemek. Az archespórium differenciálódásának első jele a füzér állapot. Ekkor a pollen anyasejtek összetapadva, füzerekben láthatók a mikroszkóp alatt. Ez biztos jele annak, hogy a virágrügyek már kényszernyugalomban vannak, mélynyugalmuk véget ért. Ezután a pollen anyasejtek szétválnak, megtörténik bennük a redukciós osztódás, és kialakul a következő stádium, a tetrad állapot. Minden pollen anyasejt négy részre osztódott, majd az anyasejt burkából kiszabadulva ezekből lesznek a pollenszemek. Kezdeti állapotukat mikrospórának nevezzük, majd a sejtfalvastagodás révén alakulnak ki a genotípusra jellemző pollenszemek. A kész pollenszemek jelenlétét a virágzás előtt 10-15 nappal észlelhetjük. A fejlődési stádiumok egy növényen belül időben fokozatosan mennek át egymásba (Tromp et al., 2005; Szalay, 2008; Sansavini et al., 2019).

A mélynyugalom megszűnéséhez szükséges hidegigény, és a kivirágzáshoz szükséges melegigény meghatározásával régóta foglalkoznak a kutatók. Ezeket alapvetően a genotípus öröklött tulajdonságai határozzák meg, de szerepük van a földrajzi hely klimatikus tényezőinek, a művelési rendszernek, az alanynak, a

termesztéstechnológiának, a fa korának és sok más tényezőnek is (Faust, 1989; Lang, 1996; Tromp et al., 2005; Bartolini et al., 2020a,b).

A mérséklet égővi gyümölcsfajok körében a hidegigény meghatározására először az őszibarackfajták vizsgálatával készített modellek szolgáltak, ezekben a 45 °F (+7,22 °C) alatti hőmérsékleteken eltöltött órák számát tekintették mértékadónak (Weinberger, 1967). Később kiderült, hogy a fagypon alatti hőmérsékletek nem járulnak hozzá a mélynyugalom megszüntetéséhez. Új számítási modellt dolgoztak ki (Utah Modell), amelyben a +2,5 °C és +9,1°C közötti hőmérsékleteket tekintik leginkább hatékonynak. Az alacsonyabb vagy magasabb hőmérsékleten eltöltött órákat 1-nél kisebb szorzóval számolják (Richardson et al., 1974, 1975). A Utah Modell módosított változatait is kidolgozták (Linvill, 1990; Linsley-Noakes és Allan, 1994; Linsley-Noakes et al., 1995). A szubtrópusi termőhelyeken egy külön modellt (Dinamikus Modell) dolgoztak ki a fajták hidegigényének meghatározására, szintén az őszibarackfajtákra (Fishman et al., 1987a,b; Erez és Fishman, 1998). A kajszifajták hidegigényének meghatározásához is sokan ezeket a modelleket használták (Guo et al., 2015a,b; Bartolini et al., 2020a,b; Mesterházy et al., 2022; Pantelidis és Drogoudi, 2023). A számítási modellek azonban sok bizonytalansággal rendelkeznek. Az egymás utáni fenológiai fázisokba való átmenet időben elhúzódó, ezért nem tudjuk sem a mélynyugalom kezdetének, sem a végének pontos időpontját. A hidegigény számítási módszerek csak a hőmérsékleteket veszik számításba, azonban a mélynyugalom megszűnését sok más tényező is befolyásolja (a helyszín klímája és fotoperiodizmusa, napsütés, szél, alany, víz- és tápanyag-ellátás, termesztési technológia, stb.) Nem tudjuk azt sem pontosan, hogy mi az a hőmérsékleti tartomány, amely a leghatékonyabb a mélynyugalom megszüntetéséhez (Ramirez et al., 2010; Viti et al., 2010; Campoy et al., 2012; Fadón et al., 2020a).

A kényszernyugalmi időszakban az áttelelő szervek már nem a hideg-, hanem a melegegységeket regisztrálják. A kivirágzáshoz a fajtára jellemző melegmennyiségnek kell összegyűlni (Faust, 1989; Lang, 1996; Lang et al., 1987; Dennis, 1994; Tromp et al., 2005). A szükséges melegegységek meghatározására a 'Redhaven' és az 'Elberta' őszibarackfajták vizsgálata alapján dolgoztak ki a „Growing degree hour” (GDH) modellt (Richardson et al. 1975). A mai napig ennek módosított változatai a melegegység számítási módszerek alapjai a csonthéjas gyümölcsfajoknál (Bailey et al., 1978, 1982; Logan et al., 1990; Valentini et al., 2006; Maulión et al., 2014; Kwon et al., 2020; Atagul et al., 2022). Ezeknek ugyanaz a legfontosabb hiányosságuk, mint a hidegigény modelleknek, hogy csak a hőmérsékletet veszik figyelembe (Tromp et al., 2005; Ramirez et al., 2010; Gao et al., 2012; Benmoussa et al., 2017; Bertolotto et al., 2021). A hideg és a melegigényt azért sem könnyű szétválasztani, mert időben átfedésben van a hideg- és a melegegységek gyűjtése egyes szakirodalmi források szerint (Luedeling, 2012; Guo et al., 2014), az átmeneti időszakot „feloldódó mélynyugalom”-ként definiálják (Faust et al., 1997).

A virágrügyek téli fejlődési ütemét többféle módszerrel vizsgálhatjuk. A legegyszerűbb a termővesszők hajtatása. A szobahőmérsékleten vízbe állított vesszőkön, gallyakon a virágrügyek addig nem hajtanak ki ameddig mélynyugalomban vannak. A fajta mélynyugalmának végeként egyes források azt a mintavételi időpontot adják meg, amikor a virágrügyek 50%-a kihajt (Lang, 1996; Valentini et al., 2006; Kwon et al., 2020). Mások 30%-os kihajtásnál határozzák meg a mélynyugalom végét (Viti et al., 2010; Campoy et al., 2012; Andreini et al., 2014). A virágrügyek tömege és víztartalma a mélynyugalom alatt nem változik, majd a kényszernyugalomban fokozatosan növekszik. Ezeket vizsgálva is meghatározhatunk becsült időpontot a mélynyugalom végeként, de ez nem könnyű, mert kezdetben nagyon vontatott a tömeg és a víztartalom növekedése (Guerriero et al., 2006; Bassi et al., 2006; Milech et al., 2022). A kényszernyugalom kezdetén a termők lassú, majd

egyre gyorsuló hosszirányú növekedése figyelhető meg. Ez is szolgáltathat adatokat a mélynyugalom végének időpontjáról (Molnár és Vágó, 1999).

A virágrügyek téli fejlődéséről a mikrosporogenezis vizsgálatával kapjuk a legpontosabb információkat. Hazánkban Nyujtó és Banainé (1975), Banainé (1981) valamint Sebők (1993) vizsgálták először a kajszifajták mikrosporogenezisének folyamatát. Később szélesebb fajtakörben és több termőhelyen is folytak ezzel kapcsolatos vizsgálatok (Szalay, 2001, 2006, 2008; Szalay et al., 2006, 2008, 2019; Szalay és Németh, 2010; Németh, 2012; Hajnal et al., 2013; Hajnal, 2015). A mediterrán térségben is vizsgálták a kajszifajták mikrosporogenezisét (Scalabrelli et al., 1991; Bartolini et al., 2006a,b, 2020a; Julian et al., 2009, 2014; Viti et al., 2013; Herrera et al., 2022). A vizsgálati eredmények azonban nehezen hasonlíthatók össze, mert különböző termőhelyeken más-más fajtákat vizsgáltak. Összességében azonban elmondható, hogy nagy a genetikai változatosság a kajszifajták között a téli virágrügyfejlődés tekintetében, és a környezeti tényezők nagymértékben befolyásolják annak időbeni lefolyását.

4.6 A kajszifajták virágzási ideje

A virágzási idő, mint a többi fenológiai folyamat is, alapvetően genetikailag meghatározott, de a környezeti tényezők azt nagymértékben befolyásolják. A virágzást a virágrügyfejlődés előzi meg, amely során főként a nappalhossz és a hőmérséklet irányítja fejlődési folyamatokat (Szabó, 2002; Rodrigo és Herrero, 2002; Nava et al., 2009; Cook et al., 2012; Guo et al., 2015a,b; Wang et al., 2020; Cirilli et al., 2021). Sok más tényező is befolyásolja azonban a virágzási időt, a fák kora és egészségi állapota, az előző évi gyümölcssterhelés, a fák víz- és tápanyag-ellátottsága, valamint más abiotikus stresszhatások (Faust, 1989; Soltész, 1996; Tromp et al., 2005; Milosevic et al., 2010; Lawrence és Melgar, 2020).

A kajszii virágzási idejének tudományos igényű megfigyelése hazánkban már a 19. században elkezdődött. Túrkevéen 1892 és 1916 között a Magyar kajszii csoporthoz tartozó tájfajta virágzáskezdeté átlagosan április 6-án volt (Hegyföky, 1926). Egy Alföldi termőhelyen 1953 és 1958 között a megfigyelt kajszifajták virágzáskezdeté március 26 és április 19 közé esett (Nyujtó és Tomcsányi, 1959). Cegléden 20 éves vizsgálatok alapján (1960-80) a 'Magyar kajszii C.235' fajta virágzáskezdeté átlagosan április 9-én volt (Nyujtó és Surányi, 1981). Szigetcsépen 200-nál több fajtát vizsgáltak, 1986 és 1992 között a virágzáskezdet március 11 és április 11 között volt (Pedryc, 1992).

A földrajzi hely befolyásolja a virágzási időt, a déli vidékeken korábbi a virágzás, mint északon. A különbség lehet akár több hét is. Egy-egy termőhelyen az évszámok között is nagy különbségek vannak az eltérő időjárás miatt (Brózik és Nyéki, 1975; Pedryc, 1992; Szalay és Szabó, 1999; Szalay et al., 2000; Kozma et al., 2003; Surányi, 2011).

Hazánkban a kajszifajtákat a virágzási idejük alapján általában három csoportba sorolják (Pedryc 1992; Szabó et al., 2003; Halász és Pedryc, 2008; Surányi, 2011). Tőlünk délebbre fekvő országokban a virágzási idő korábbi, a fajták között nagyobbak a különbségek, gyakran háromnál több csoportot alakítanak ki (Guerriero et al., 1988; Della Strada et al., 1989; Guerriero és Bartolini, 1995; Bellini, 2007).

4.7 Fagykárak és a fagyűrész vizsgálata

A mérsékelt égövi gyümölcsösökben a termés hozam csökkenésének egyik legjelentősebb oka a tavaszi fagyok okozta fagykár (Snyder és de Melo-Abreu, 2005). 2025 április 7.-én és 8.-án Magyarország területének jelentős részén -2 °C és -9 °C közötti hőmérsékletet mértek a kora reggeli órákban, amely a legsúlyosabb károkat a

kajszi- és őszibarack ültetvényekben okozta. A FruitVeB felmérése alapján a kajsziültetvények 60%-ában, míg az őszibarackültetvények 46%-ában okozott teljes fagykárt ez a lehülés (FruitVeB, 2025). Egyetlen fagyos éjszaka 2017. április 19-én 24%-kal kevesebb alma- és 12%-kal kevesebb körtetermést eredményezett Európában (WAPA, 2018), a 2021-es tavaszi fagyok pedig 24–30%-os károkat okoztak a franciaországi szőlőültetvényekben (Trompiz, 2021).

4.7.1 Szabadszíri fagykár vizsgálatok

Az 1950-es években kezdődtek szabadszíri fagykár vizsgálatok a hazai ültetvényekben, amelyekben a kajszi-fajták különböző szerveinek fagykárosodását vizsgálták alacsony hőmérsékletek után (Nyujtó és Surányi, 1981). Mivel a virágrügyek télen a legérzékenyebbek, a felvételezéseknél elsősorban ezek elfagyását nézték. 1979/80 telén a vizsgált kajszi-fajták virágrügyei 20% és 69% közötti fagykárt szenvedtek (Nyujtó, 1981). A virágzási időszakban már a -4 °C-os hőmérséklet is 80% fölötti fagykárt okozott (Szabó és Nyéki, 1988, 1991a,b; Szabó et al., 1995; Szabó, 2002). 1950 és 2000 között a Duna-Tisza közén 12 alkalommal volt súlyos, és 14-szer közepes fagykár a hazai kajsziültetvényekben (Surányi, 2011). A MATE Kertészettudományi Intézet, Gyümölcstermesztési Tanszék soroksári fajtagyűjteményében 2007 és 2020 között végzett vizsgálatok során 10 alkalommal volt olyan alacsony hőmérséklet, amely jelentős fagykárt okozott (Szalay et al., 2021). Ezekben az időpontokban a fajtagyűjtemény fajtáin elvégzett szabadszíri fagykár felvételezések eredményei is azt mutatták, hogy a fajták között jelentős különbség van a fagyűrésben.

4.7.2 Mesterséges fagyasztásos kísérletek

Mesterséges fagyasztásos kísérletekkel meg tudjuk határozni az áttelelő szervek fagyűrésének változását. A klímakamrás kísérletekben a természetes hideghatást kell modelleznünk, a hőmérséklet csökkentésének és a kezelés után az emelésének fokozatosnak kell lenni. Emellett nagy mintaszámmal kell dolgozni a megbízható eredmények elérése érdekében (Kang et al., 1998; Pedryc et al., 1999; Gusta et al., 2003). Hogy az adatok jól összehasonlíthatók legyenek, főként az LT_{50} értékeket érdemes meghatározni. Ez azt a hőmérsékletet jelenti, ami a vizsgált fajta áttelelő szerveiben 50%-os fagykárt okoz (Proebsting et al., 1966; Quamme, 1974; Bittenbender és Howell, 1974; Faust, 1989; Layne és Gadsby, 1995; Tromp et al., 2005). Ennek neve a hazai szakirodalomban fagyűrési középérték (Szalay, 2001). A hőmérséklet és a fagykár összefüggését szigmoid grafikon írható le, amelynek a 20%-os és 80%-os fagykárosodás közé eső szakasza jó közelítéssel lineárisnak tekinthető (Bittenbender és Howell, 1974; Hewett, 1976; Lindén et al., 1996; Gu, 1999). A szigmoid görbe lineáris szakaszának dőlésszöge is jellemző érték, ezt Gu (1999) „lethal temperature coefficient”-nek nevezte. Hasznos lehet az LT_{50} érték mellett az LT_{10} és LT_{90} , vagy az LT_{20} és LT_{80} értékek meghatározása is (Guerriero, 1982; Miranda et al., 2005; Szalay, 2008).

4.8 Fagyvédelmi módszerek

A fagyvédelmi módszereket alapvetően két kategóriába sorolhatjuk, lehetnek passzív (indirekt) vagy aktív (direkt) (Bagdonas et al., 1978; Kalma et al., 1992).

A passzív módszerek azok, amelyeket jóval a fagy bekövetkezése előtt alkalmaznak, megelőzés céljával. Ezek közé tartoznak az ültetvény tervezéséhez és kialakításához kapcsolódó módszerek, mint a megfelelő termőhely kiválasztása és a fajtaválasztás, valamint az ültetvény üzemeltetéséhez kapcsolódó módszerek, mint az

ültetvény talajának gondozása, a talajtakarás, a metszési műveletek és a fák tápanyagellátásának és egészségi állapotának felügyelete (Striegler, 2007).

Az aktív eljárások jellemzője, hogy alkalomszerűen, a fagy bekövetkeztekor alkalmazzák őket, és jellemzően munka- és/vagy energiaigényesek. Alapvetően három aktív módszert alkalmaznak a gyakorlatban. A légkeverés során ventilátorokkal vagy akár helikopterrel keverik össze a melegebb felső réteg levegőjét a hidegebb talajközeli levegővel (Heusinkveld et al., 2020; Boekee et al., 2023). A fagyvédelmi öntözés a növények felületén megfagyó víz látens hőjének felszabadulását használja ki, így a szövetek hőmérséklete $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ közelében marad (Pan et al., 2024). A fűtéses rendszerekkel pedig különböző hőforrások felhasználásával a hőenergiát közvetlenül az ültetvény levegőjének felmelegítésére használják (Atam et al., 2021; Wu et al., 2023).

Ezek mellett léteznek alternatív fagyvédelmi megoldások, amelyek ugyan átmeneti hatásúak, de a fagyok bekövetkezte előtt alkalmazzuk őket, és nem igényelnek folyamatos energiafelhasználást. Ilyen módszerek a biostimulánsok vagy krioprotektánsok alkalmazása (Centinari et al., 2016; Torres és Miarnau, 2024), amivel a növények fagystressz toleranciáját fokozhatjuk, anti-transpiránsok alkalmazásával (Faralli et al., 2022) csökkenthetjük a növények evaporációs lehülését, illetve a növényi részeket valamilyen szigetelőanyaggal vonhatjuk be (Drogoudi et al., 2006), amely fizikailag akadályozza meg a lehülésüket.

Az egyre gyakoribb fagykárok okozta termés kiesés és gazdasági veszteségek miatt szükség van fagyvédelmi rendszerek hatékonyságának és környezeti fenntarthatóságának növelésére, és az üzemeltetési költségek csökkentésére. Az erőfeszítéseknek az energia- és vízfogyasztás minimalizálására kell törekedniük, miközben egyidejűleg csökkentik a zaj- és légszennyezést (Pecl et al., 2017). Az innovatív technológiák, mint a távvezérelt légi járművek (UAV) és a szenzoros hálózatok kiépítése számos előnyös lehetőséget kínál a pontosabb, adatvezérelt fagyvédelmi stratégiák kidolgozására, lehetővé téve a célzott beavatkozásokat és minimalizálva a szükséges erőforrásokat (Qiao et al., 2024). Létfontosságú megérteni a különböző fagyvédelmi módszerek együttes alkalmazásának egymást erősítő hatásait, és kidolgozni az adott mikroklímához, növényfajhoz, gazdasági lehetőségekhez igazított fagyvédelmi rendszereket a fagykárokkal szembeni ellenálló képesség fokozása érdekében (Liu et al., 2025).

5 ANYAG ÉS MÓDSZER

5.1 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 homokhordalékán 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 mirobáln magonc alanyra szemezték. Az ültetvényben integrált termesztéstechnológiát alkalmaztak, a fákat kompakt váza koronaformára metsztették, illetve a fák növényvédelemben részesültek. A területen öntözés nem volt.

A kísérletekhez kiválasztott fajtákból a telepítéskor 10-10 fát ültettek a kísérleti ültetvényben. Egyes fajtákból a számottevő fapusztulás miatt a kísérleti években már csak kevés egyed maradt, míg más fajtákból megmaradt mind a tíz fa. 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 kajszi C.235	Magyarország, 1976	
Petra	Olaszország	
Pinkcot	Franciaország [New Cot]	Cotpy (Carmingo)
Primaya	Franciaország [New Cot]	(Carmingo)
Rózsakajszi C.1406	Magyarország, 1955	
Sweet Red	Franciaország [Escande]	Red Sylver
Tsunami	Franciaország [Escande]	

5.2 Fagyűrész vizsgálatok módszerei

A kiválasztott fajták virágrügyeinek fagyűrőkéességét mesterséges fagyasztással vizsgáltuk 2019 és 2023 között három évjáratban, amelyből kivétel 2020-2021 tele volt, amikor technikai okok miatt a vizsgálatokat nem tudtuk

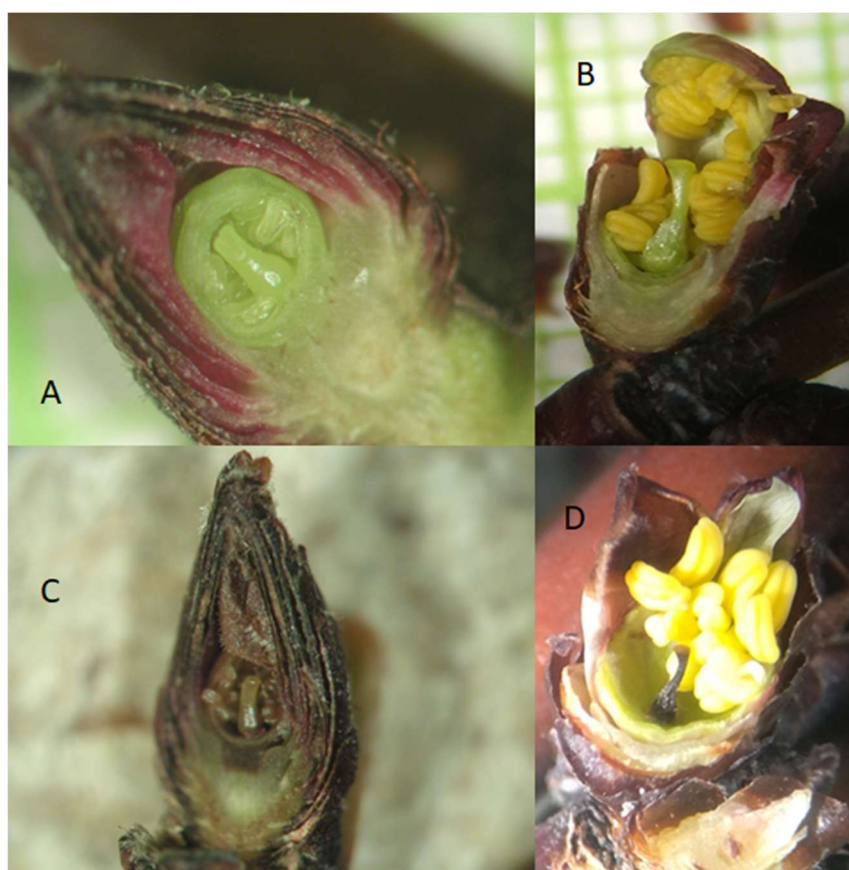
elvégezni. Szabadföldi fagykár felvételezést 2021, 2022 és 2023 tél végén/tavaszan végeztünk.

5.2.1 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 vizsgálat alkalmával négy-hat fagyasztási hőmérsékletet alkalmaztunk. Az első két kezelési hőmérsékletet a korábbi évek tapasztalatai alapján választottuk ki (pl. $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ októberben, vagy $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ decemberben), míg a további kezelési hőmérsékleteket ezek eredményei alapján határoztuk meg. Minden kezelés egy teljes napig tartott. A klímakamrában beállított kezdeti hőmérséklet mindig a kezelési hőmérsékletnél $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -al magasabb hőmérséklet volt. Kezdetben csökkentettük a klímakamrában a hőmérsékletet óránként $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -al, míg el nem értük a kezelési hőmérsékletet, majd ott tartottuk a mintákat négy órán keresztül. Ennek végétől elkezdtek emelni a hőmérsékletet óránként $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -al, míg az egynapos ciklus végére elértük a kezdeti hőmérsékletet. A kezelés végétől további 24 órán keresztül szobahőmérsékleten tartottuk a mintákat.

Minden kezeléshez legalább öt különböző fáról (ahol lehetséges volt) gyűjtöttünk gallyakat, nyársakkal és középhosszú termővesszőkkel berakódva. Ezeket a talajtól számított 1,5 m és 2 m közötti magasságból gyűjtöttük, a fák minden oldaláról, véletlenszerűen választva.

Minden kezelés után fajtánként legalább 100 virágrügyet vizsgáltunk. Ezeket hosszanti irányban felvagtuk, majd a szövetek elszíneződése alapján értékeltük azokat. Épnek minősítettük azon rügyeket, amelyek teljes szöveti állománya egészséges (zöld vagy sárga) volt, míg fagykárosodottnak minősítettük azokat, amelyeknek a rügyalapja, a termője vagy a teljes szöveti állománya megbarnult (3. ábra).



3. ábra: Egészséges (A és B) és fagykárosodott (C és D) kajszi virágrügyek

A fagykárosodás mértéke alapján, az összes kezelési hőmérséklet eredményét figyelembe véve meghatároztuk a fajtára jellemző LT_{50} értéket, ahol az LT_{50} az a hőmérsékleti érték, amelyen a rügyek 50%-os fagykárt szenvednek az adott fenológiai stádiumban. Az LT_{50} értékeket spline regresszióval határoztuk meg, és a teljes vizsgálati időtartam eredményei alapján felvázoltuk a fajták fagyűrési profilját. Különböző években a mintaszedések pontos dátuma kismértékben eltérő volt, míg a profil felvázolásához mindig a hónap közepét választottuk. Az ezekhez a dátumokhoz tartozó LT_{50} értékeket interpolációval határoztuk meg.

A fagykár statisztikai értékelését és az LT_{50} értékek meghatározását smooth spline regressziós modellel végeztük. Hierarchikus klaszterelemzést (Ward módszer, négyzetes euklideszi távolság) alkalmaztunk a kajszi-fajták osztályokba sorolásához a fagyűrésükre tekintettel. Minden statisztikai elemzést RStudio (2023.06.0 Build 421) szoftverrel végeztünk, 4.3.1-es R szoftver verzióval.

5.2.2 Szabadszíri fagykár felvételezések

A fajtagyűjteményben mindegyik vizsgálati évben voltak olyan mértékű lehűlések, amelyek fagykárosodást okoztak a kajszi-fák generatív szerveiben. A virágzási időszak előtt, a fagykárt okozó hőmérsékletű napok elmúltával, a dolgozatunkban szereplő 16 fajtan a 2021 és 2023 közötti három évben elvégeztük a természetes fagykárosodás 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 elhelyezése után, a belső szöveteik 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.

5.3 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.

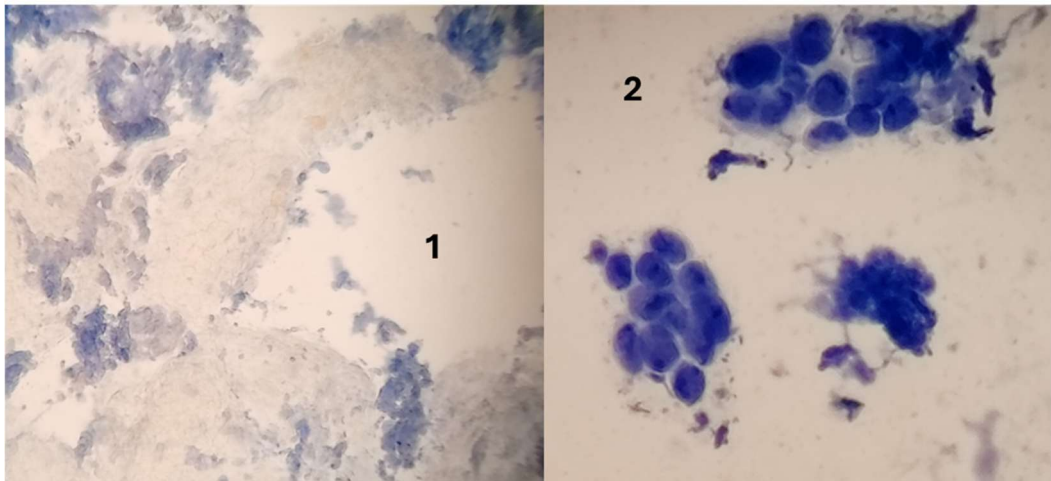
5.3.1 Mikrosporogenezis vizsgálata

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.

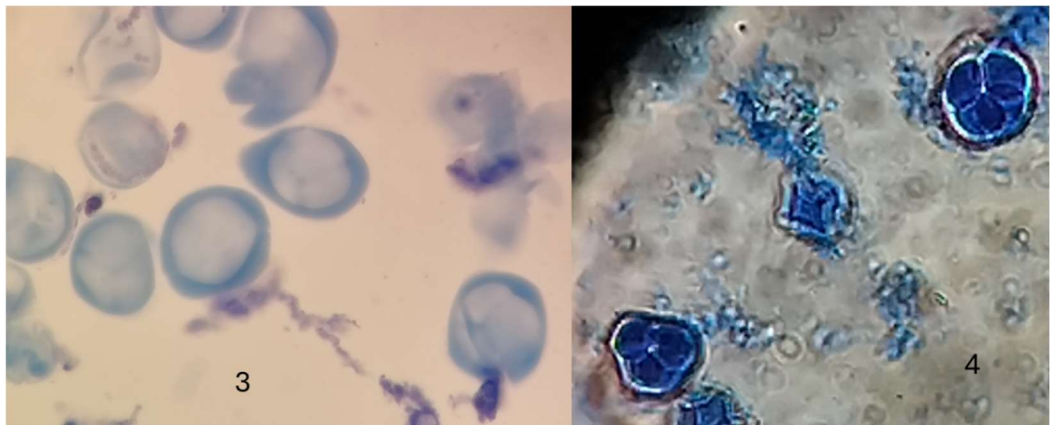
Minden alkalommal fajtánként 8-10 virágrügyből kinyert portokokat vizsgáltunk. Feljegyeztük, hogy a mikrosporogenezis folyamatának mely fejlődési stádiumai, és milyen arányban láthatóak. A mikrosporogenezis folyamatának hat fejlődési stádiumát (4.-6. ábra) különböztettük meg:

- (1) a kezdeti **archesporium** állapotban a portokban még differenciálatlan szövetállomány, az archesporium található

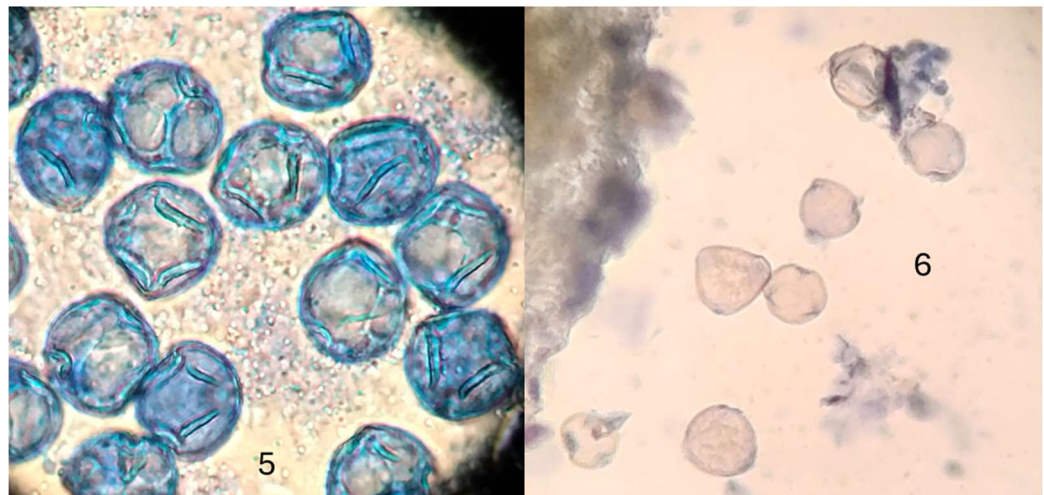
- (2) a mélynyugalom végén a portokban megkezdődik a szövetek differenciálódása, a kialakuló pollen anyasejtek még egymáshoz tapadva, füzérekben láthatóak, ezt nevezzük **füzér** állapotnak
- (3) a következő a **pollen anyasejt** állapot, ekkor a portokban az egymástól elszakadt, kialakult pollen anyasejtek találhatóak
- (4) a pollen anyasejtek redukciós osztódásával kialakulnak a **tetrádok**
- (5) melyekből négy **mikrospóra** képződik
- (6) végül kialakulnak a genotípusra jellemző alakú és mintázatú **érett pollenek**



4. ábra: Archespórium (1) és füzér (2) állapot mikroszkópos felvételei



5. ábra: Pollen anyasejt (3) és tetrád (4) állapot mikroszkópos felvételei



6. ábra: Mikrospóra (5) és érett pollen (6) állapot mikroszkópos felvételei

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).

Az eredmények statisztikai kiértékeléséhez IBM SPSS Statistics (version: 29.0.1.0 (171)) programot használtunk. A szigmoid görbék regressziós analíziséhez R (verzió: 4.5.0) illetve RStudio (verzió: 2025.05.0 Build 496) programot használtunk.

A mikrosporogenezis folyamatát szigmoid függvénnyel tudjuk meghatározni, melynek a képlete:

$$Y(X) = 100 / [1 + \text{EXP}(-s * (X - m))] + \varepsilon$$

ahol X: a Julianus napban meghatározott dátumot jelöli

m: a görbe inflexiós pontja, amely megegyezik a mediánnal (50 %-os kvantilis)

s: sebességi tényező (a görbe meredeksége az X=m pontban s/4)

ε : 0 várható értékű, normális eloszlású hibatermék

A szigmoid görbék modelljének normalitását Shapiro-Wilk teszttel ellenőriztük ($p > 0,05$), valamint ellenőriztük a hibatermek és a magyarázó változó függetlenségét.

Az egyes stádiumok kezdeti időpontjainak és időtartamának, valamint a stádiumok lefutását jellemző sebességi tényezők összehasonlítását egytényezős MANOVA modellel végeztük. A MANOVA eredmények esetén közöltük a Wilk-féle lambda értékeket, melyek a nem magyarázott varianciarányt adják meg, illetve ezek szignifikanciáját is megadtuk. Szignifikáns MANOVA-teszt eredmény esetén változónkénti ANOVA-tesztet végeztünk, majd szignifikáns ANOVA eredmények esetén további post-hoc tesztet végeztünk (Tukey illetve Games-Howell). A reziduumok normalitását Shapiro-Wilk teszttel ellenőriztük. A szórások homogenitását Levene-teszttel ellenőriztük. Amennyiben a szórás-homogenitás nem sérült, akkor a post hoc vizsgálatot Tukey-teszttel, a szórás-homogenitás sérülése esetén pedig Games-Howell-teszttel végeztük.

5.4 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 időszakkal jellemeztük.

5.5 Termőrészek virágrügy-berakódottságának vizsgálata

A kajszinál három különböző hosszúságú termőrészt különböztetünk 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 (mérőszalaggal megmértük a termőrészek hosszát)
- nóduszok száma (vizuális szemrevételezéssel)
- virágrügyek száma (vizuális szemrevételezéssel)

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

Az eredmények statisztikai kiértékeléséhez IBM SPSS Statistics (version: 29.0.1.0 (171)) programot használtunk.

A virágrügy-berakódottsági paramétereket (virágrügy/cm és virágrügy/nódusz) három termőrész típuson (termőnyárs, középhosszú termővessző és hosszú termővessző), három évben (2021, 2022, 2023), 13 fajtánál ('Aurora', 'Bergarouge', 'Bhart', 'Farbaly', 'Goldrich', 'Hargrand', 'Harlayne', 'Kurezia', 'Petra', 'Pinkcot', 'Primaya', 'Sweet Red', 'Tsunami') vizsgáltuk. A fajták, a termőrészek és az évjáratok összehasonlítására háromtényezős (fajta, év, termőrész) többváltozós MANOVA modellt használtunk. A változók közötti korrelációt Pearson-féle módszerrel ellenőriztük.

A MANOVA eredmények esetén közöltük a Wilk-féle lambda értékeket, melyek a nem magyarázott varianciarányadot adják meg, illetve ezek szignifikanciáját is megadtuk. Szignifikáns MANOVA-teszt eredmény esetén változónkénti ANOVA-tesztet végeztünk Bonferroni korrekcióval, majd szignifikáns ANOVA eredmények esetén további post-hoc tesztet végeztük (Tukey illetve Games-Howell).

A nagy mintaelemszám miatt a reziduumok normalitását a ferdeség és csúcsosság ellenőrzésével végeztük (nagy mintaelemszám esetén, ha a hibtagok ferdeségének abszolútértéke 2 alatt, illetve a csúcsosságának abszolútértéke 4 alatt van, akkor feltételezzük a reziduumok normalitását). A szórások homogenitását Levene-teszttel ellenőriztük. Amennyiben a szóráshomogenitás nem sérült, akkor a post hoc vizsgálatot Tukey-teszttel, a szóráshomogenitás sérülése esetén pedig Games-Howell-teszttel végeztük.

Az ábrákon a post hoc vizsgálatok eredményeit betűvel jeleztük. A betűk abc sorrendje a nagyság szerinti sorrendet jelzi, a különböző betűk a szignifikánsan különböző csoportokra vonatkoznak ($p < 0,05$).

6 EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE

6.1 Kajszi fajták virágrügyeinek fagyűrész vizsgálatai

6.1.1 Mesterséges fagyasztásos vizsgálatok eredményei

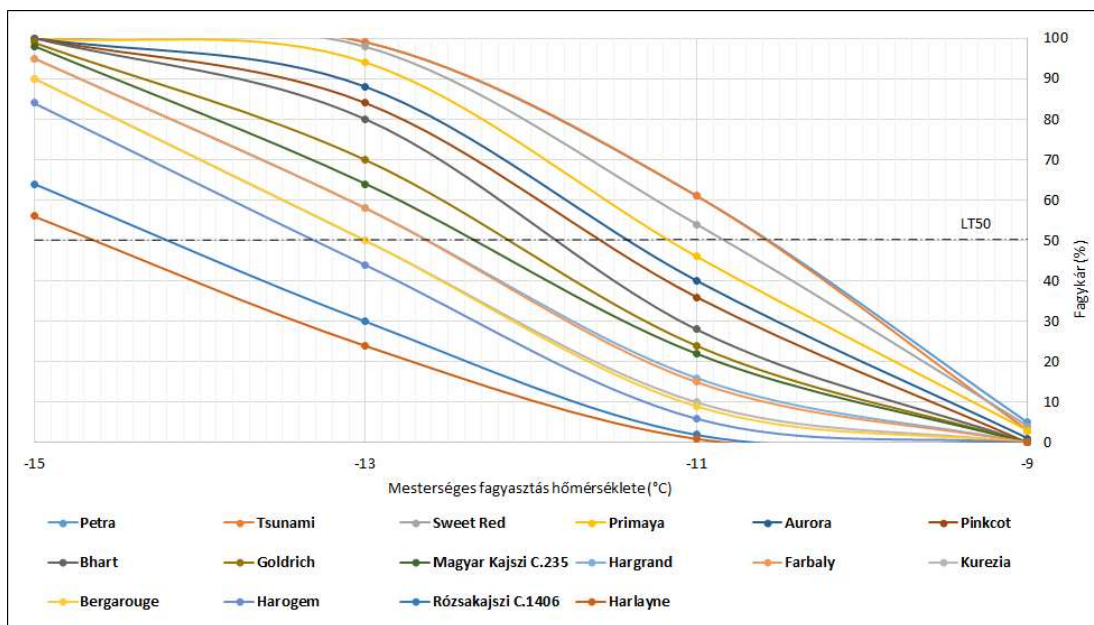
Az egyes fajták fagyűrészének, avagy fagyérzékenységének jellemzésére alkalmas LT_{50} értékeket mesterséges fagyasztásos kezeléssel határoztuk meg mindhárom kísérleti évben. Minden évben öt kezelést végeztünk, októbertől februárig, havonta egy alkalommal, lehetőség szerint a hónap közepén. A fajtákra 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 kezelésektől október közepén történtek. A kezelési hőmérsékleteket és a fagykár mértékét a 2. táblázat tartalmazza:

2. táblázat: Mesterséges fagyasztásos kezelésektől 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 °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 °C volt, ezen a hőmérsékleten már minden vizsgált fajtánál találtunk elhalt rügycet, 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 rügvesztéssel. Tovább csökkentettük a kezelési hőmérsékletet -13 °C -ra, amelynek hatására a fagykár mértéke 24% ('Harlayne') és 99% ('Petra' és 'Tsunami') között alakult. A hónapban az utolsó kezelési hőmérsékletünk -15 °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.



7. 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 $-10,6$ °C volt, míg a 'Harlayne' bizonyult a leginkább fagyűrőnek, ennek LT_{50} értéke $-14,6$ °C volt. Az összes vizsgált fajta októberi fagykár értékeit a 7. ábra mutatja.

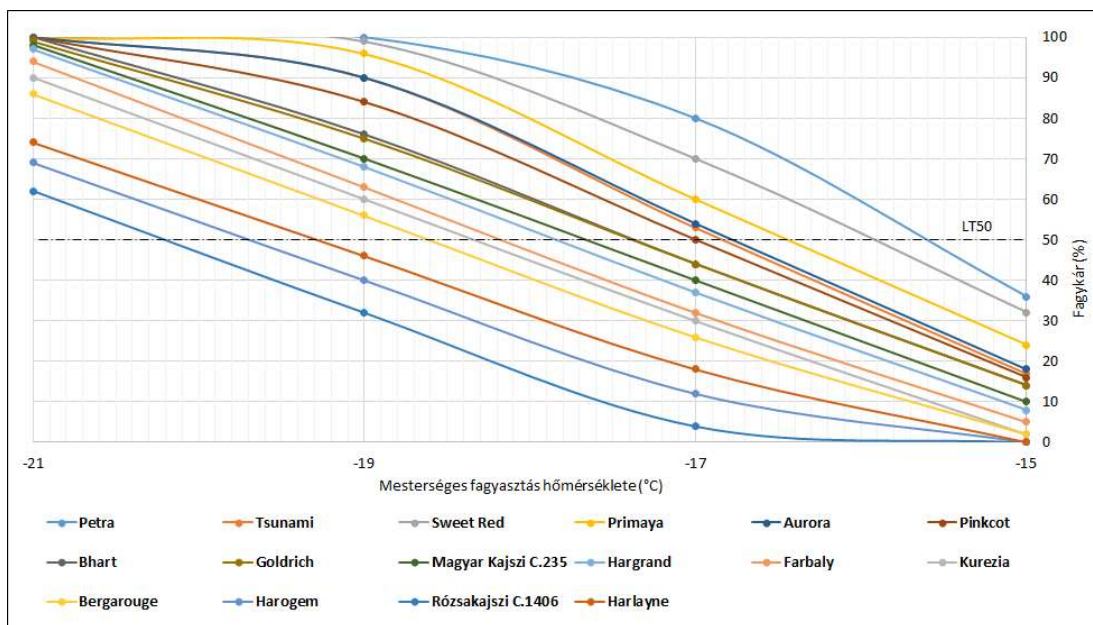
A második mintavétel és mesterséges fagyasztási kezelés november közepén történt, a kezelési hőmérsékleteket és a fagykár mértékét a 3. táblázat tartalmazza:

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

Fajta	Kezelési hőmérséklet (°C)				LT_{50} érték (°C)
	-15	-17	-19	-21	
	Fagykár mértéke (%)				
Petra	36	80	100	100	-15.6
Tsunami	17	53	90	100	-16.8
Sweet Red	32	70	99	100	-15.9
Primaya	24	60	96	100	-16.4
Aurora	18	54	90	100	-16.8
Pinkcot	16	50	84	100	-17
Bhart	14	44	76	100	-17.4
Goldrich	14	44	75	99	-17.4
Magyar Kajszi C.235	10	40	70	98	-17.7
Hargrand	8	37	68	97	-17.8
Farbaly	5	32	63	94	-18.2
Kurezia	2	30	60	90	-18.4
Bergarouge	2	26	56	86	-18.6
Harogem	0	12	40	69	-19.7
Rózsakajszi C.1406	0	4	32	62	-20.2
Harlayne	0	18	46	74	-19.3

Novemberben az első kezelési hőmérsékletünk -15 °C volt, ezen a hőmérsékleten a fagykár mértéke fajtától függően 0% ('Harogem', 'Rózsakajszi C.1406' és 'Harlayne') és 36% ('Petra') között változott. A következő kezelési hőmérséklet -17 °C volt, a fagykárt szenvedett virágrügyek aránya itt mutatta a legnagyobb különbséget a fajták között, a 'Rózsakajszi C.1406' virágrügyei mindössze 4%-ban károsodtak, míg a 'Petra' virágrügyei 80%-ban sérültek. A fajták

jelentős többsége, 11 fajta a 16-ból, ezen a kezelési hőmérsékleten közepes mértékben károsodott, 30-70% közötti fagykárrel. A kezelési hőmérsékletet tovább csökkentettük -19 °C-ra, amelynek hatására minden fajta 30% feletti fagykárt szenvedett, közülük 5 fajta virágrügyei 90% feletti mértékben károsodtak. A legalacsonyabb kezelési hőmérsékletünk novemberben -21 °C volt, ezen a hőmérsékleten minden fajta legalább 60%-os fagykárt szenvedett el, a legkevésbé érzékeny fajta a 'Rózsakajszai C.1406' volt 62%-kal, míg 7 fajta teljes, 100%-os fagykárt szenvedett.



8. ábra: Kajszi fajták virágrügyeinek fagykára mesterséges fagyasztásos kezelés után 2019 novemberében

A mesterséges fagyasztásos kezeléseik eredményei alapján a fajták LT_{50} értéke november közepén -15,6 °C ('Petra') és -20,2 °C ('Rózsakajszai C.1406') között változott. Az októberi LT_{50} értékekkel összehasonlítva a fajták virágrügyeinek fagyűrését azt figyelhetjük meg, hogy átlagosan 5–6 °C-al alacsonyabb hőmérsékleten fagytak el a virágrügök. Az összes vizsgált fajta novemberi fagykár értékeit a 8. ábra mutatja.

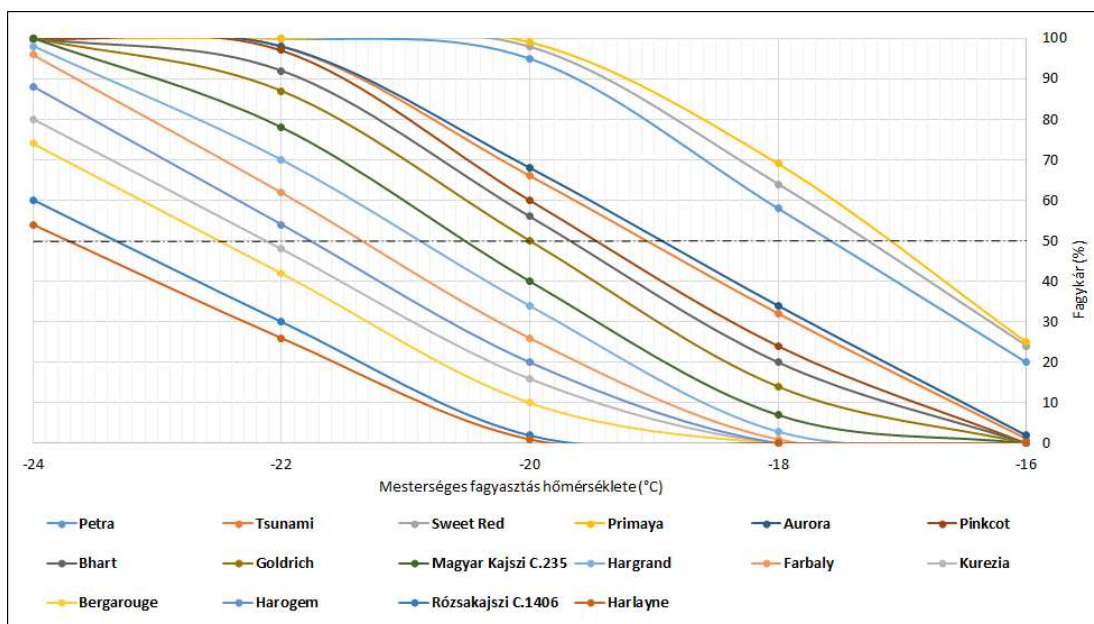
A harmadik mintavétel és mesterséges fagyasztási kezelés december közepén történt, a kezelési hőmérsékleteket és a fagykár mértékét az 4. táblázat tartalmazza.

Decemberben az első kezelési hőmérsékletünk -16 °C volt, ezen a hőmérsékleten a fagykár a legérzékenyebb fajta esetében sem haladta meg a 25%-ot ('Primaya'). A legnagyobb különbséget a fajták fagyérzékenységében a -20 °C-os kezelés után mértük, ezen a hőmérsékleten a 'Rózsakajszai C.1406' és a 'Harlayne' virágrügyei mindössze 1-2%-ban károsodtak, míg a 'Petra', a 'Sweet Red' és a 'Primaya' fajták 95% feletti fagykárt szenvedtek. Decemberben a legalacsonyabb kezelési hőmérsékletünk -24 °C volt, ennek hatására 9 fajta szenvedett teljes fagykárt, a legkevésbé érzékeny fajtának ismét a 'Harlayne' bizonyult 54%-os virágrügy veszteséggel.

Decemberben a fajták LT_{50} értéke -17,1 °C ('Primaya') és -23,7 °C ('Harlayne') között változott. Az előző hónapban mért értékekkel összehasonlítva azt figyelhetjük meg, hogy minden fajtánál tovább erősödött a virágrügök téli fagyokkal szembeni ellenállóképessége, de az edződés már kisebb mértékű volt, átlagosan 3–4 °C-al alacsonyabb hőmérsékleten fagytak el a virágrügök az előző hónaphoz képest. Az összes vizsgált fajta decemberi fagykár értékeit a 9. ábra mutatja.

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

Fajta	Kezelési hőmérséklet (°C)					LT50 érték (°C)
	-16	-18	-20	-22	-24	
	Fagykár mértéke (%)					
Petra	20	58	95	100	100	-17.6
Tsunami	1	32	66	98	100	-19
Sweet Red	24	64	98	100	100	-17.3
Primaya	25	69	99	100	100	-17.1
Aurora	2	34	68	98	100	-18.9
Pinkcot	0	24	60	97	100	-19.5
Bhart	0	20	56	92	100	-19.7
Goldrich	0	14	50	87	100	-20
Magyar Kajszi C.235	0	7	40	78	100	-20.5
Hargrand	0	3	34	70	98	-20.9
Farbaly	0	1	26	62	96	-21.3
Kurezia	0	0	16	48	80	-22.1
Bergarouge	0	0	10	42	74	-22.5
Harogem	0	0	20	54	88	-21.8
Rózsakajszi C.1406	0	0	2	30	60	-23.3
Harlayne	0	0	1	26	54	-23.7



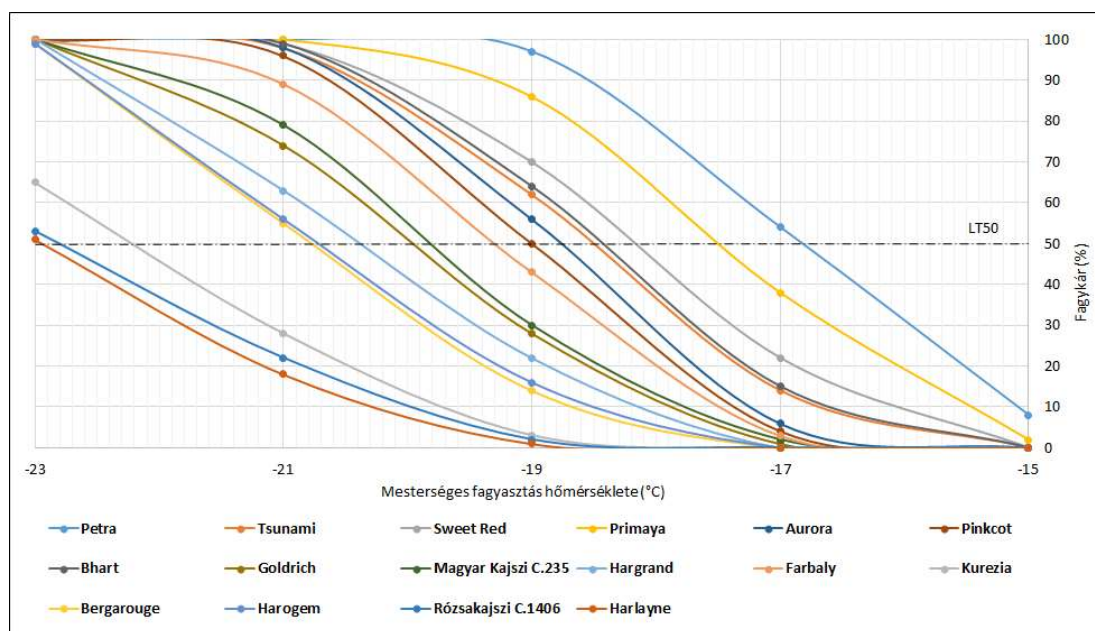
9. ábra: Kajszifajták virágrügyeinek fagykára mesterséges fagyasztásos kezelés után 2019 decemberében

A negyedik mintavétel és mesterséges fagyasztási kezelés 2020 január közepén történt, a kezelési hőmérsékleteket és a fagykár mértékét a 5. táblázat tartalmazza.

Januárban az első kezelési hőmérsékletünk -15 °C volt, ezen a hőmérsékleten összesen két fajta, a 'Primaya' (2%) és a 'Petra' (8%) esetében tapasztaltunk kis mértékű fagy okozta rügylhalást. A kezelési hőmérsékletet 2 °C -onként csökkentve, egészen -23 °C -ig, a decemberi mérésekhez hasonló lefolyást tapasztaltunk. A középső kezelési hőmérsékleten, -19 °C -nál tapasztaltuk a legnagyobb különbséget a fajták fagyérzékenységében, ezen a hőmérsékleten a 'Rózsakajszi C.1406' (2%) és a 'Harlayne' (1%) virágrügyei alig károsodtak, míg a 'Petra' esetében ez az érték 97% volt. Januárban a legalacsonyabb kezelési hőmérsékletünk -23 °C volt, ezen a hőmérsékleten 11 fajta szenvedett teljes fagykárt, a legkevésbé érzékeny fajták, a 'Harlayne' (51%) és a 'Rózsakajszi C.1406' (53%) voltak.

5. táblázat: Mesterséges fagyasztásos kezelések hőmérséklet adatai és a fagykár mértéke az egyes fajták esetében 2020 januárjában

Fajta	Kezelési hőmérséklet (°C)					LT50 érték (°C)
	-15	-17	-19	-21	-23	
Fagykár mértéke (%)						
Petra	8	54	97	100	100	-16.8
Tsunami	0	14	62	98	100	-18.5
Sweet Red	0	22	70	99	100	-18.2
Primaya	2	38	86	100	100	-17.5
Aurora	0	6	56	98	100	-18.8
Pinkcot	0	4	50	96	100	-19
Bhart	0	15	64	99	100	-18.4
Goldrich	0	1	28	74	100	-20
Magyar Kajszi C.235	0	2	30	79	100	-19.8
Hargrand	0	0	22	63	100	-20.4
Farbaly	0	3	43	89	100	-19.3
Kurezia	0	0	3	28	65	-22.2
Bergarouge	0	0	14	55	99	-20.8
Harogem	0	0	16	56	99	-20.7
Rózsakajszi C.1406	0	0	2	22	53	-22.8
Harlayne	0	0	1	18	51	-22.9



10. ábra: Kajszifajták virágrügyeinek fagykára mesterséges fagyasztásos kezelés után 2020 januárjában

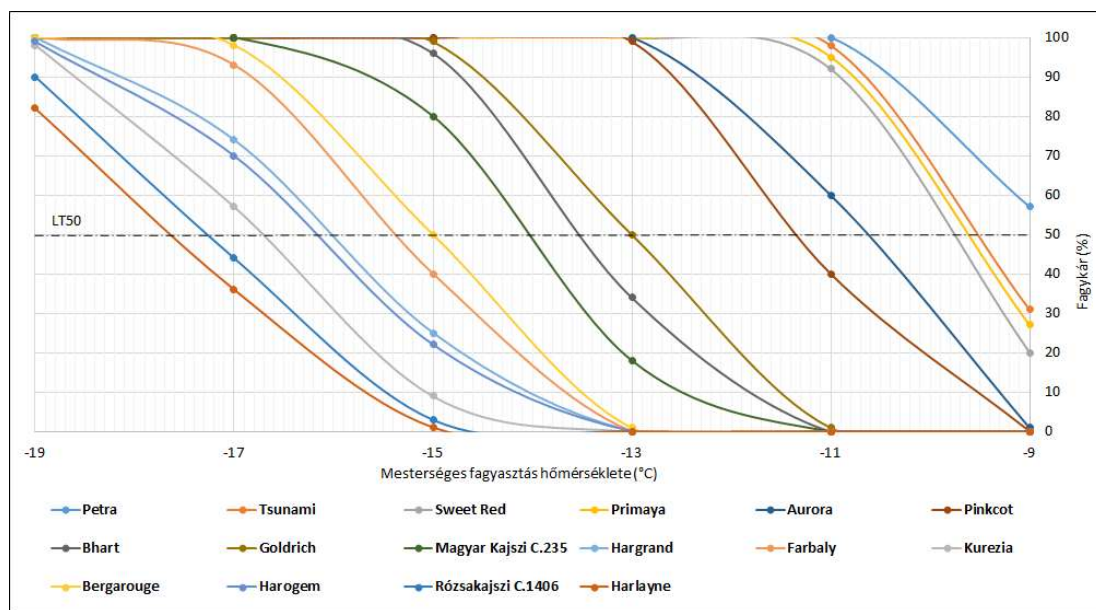
Januárban a fajták LT₅₀ értéke -16,8 °C ('Petra') és -22,9 °C ('Harlayne') között változott. A decemberben mért értékekkel összevetve azt tapasztaltuk, hogy 12 fajta esetében kis mértékben (0,1 - 1,7 °C) csökkent a fagyokkal szembeni ellenállóképesség, ami arra utal, hogy az edződés folyamata a visszájára fordult, és ezen fajtáknál véget ért a mélynyugalmi állapot. Egy fajta volt ('Goldrich') amelynél pontosan ugyanakkora értékeket mértünk mindkét hónapban, míg három fajtánál ('Sweet Red', 'Primaya', 'Kurezia') kis mértékben (0,1 - 0,9 °C) tovább erősödött a fagyűrűs. Az összes vizsgált fajta januári fagykár értékeit a 10. ábra mutatja.

A 2019/2020-as nyugalmi időszakban az utolsó mintavétel és mesterséges fagyasztási kezelés február közepén történt, a kezelési hőmérsékleteket és a fagykár mértékét a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat: Mesterséges fagyasztásos kezelések hőmérséklet adatai és a fagykár mértéke az egyes fajták esetében 2020 februárjában

Fajta	Kezelési hőmérséklet (°C)						LT50 érték (°C)
	-9	-11	-13	-15	-17	-19	
	Fagykár mértéke (%)						
Petra	57	100	100	100	100	100	-8.7
Tsunami	31	98	100	100	100	100	-9.5
Sweet Red	20	92	100	100	100	100	-9.7
Primaya	27	95	100	100	100	100	-9.6
Aurora	1	60	100	100	100	100	-10.6
Pinkcot	0	40	99	100	100	100	-11.3
Bhart	0	0	34	96	100	100	-13.5
Goldrich	0	1	50	99	100	100	-13
Magyar Kajszi C.235	0	0	18	80	100	100	-14
Hargrand	0	0	0	25	74	100	-16
Farbaly	0	0	0	40	93	100	-15.4
Kurezia	0	0	0	9	57	98	-16.7
Bergarouge	0	0	1	50	98	100	-15
Harogem	0	0	0	22	70	99	-16.2
Rózsakajszi C.1406	0	0	0	3	44	90	-17.3
Harlayne	0	0	0	1	36	82	-17.6

Februárban az első kezelési hőmérsékletünk -9 °C volt, a legérzékenyebb fajtának ezen a hőmérsékleten a 'Petra' bizonyult 57%-os fagykárral, míg 11 fajta esetében még nem tapasztaltunk fagy okozta károsodást a virágrügyeken. Ebben a hónapban tapasztaltuk a legnagyobb különbségeket az egyes fajták fagyérzékenységében. -13 °C -on kezelve öt fajtánál tapasztaltunk teljes fagykárt, míg hat fajta esetében ugyanezen a hőmérsékleten csak ép rügyeket találtunk. Tovább csökkentve a hőmérsékletet 2 °C -al már minden fajta esetében megfigyelhettünk fagykárt, míg a legalacsonyabb kezelési hőmérsékleten, -19 °C -on már minden vizsgált fajta 80% feletti fagykárt szenvedett.

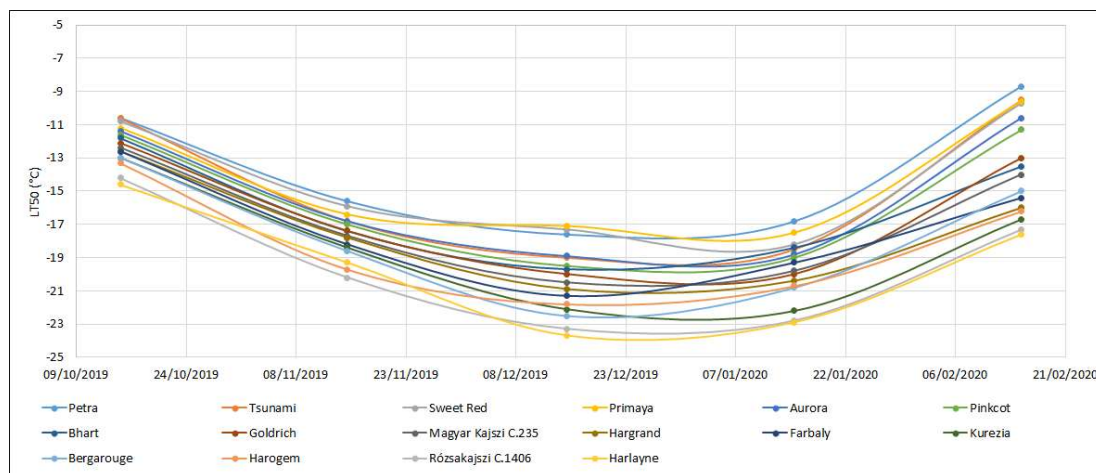


11. ábra: Kajszifajták virágrügyeinek fagykára mesterséges fagyasztásos kezelés után 2020 februárjában

Februárban a fajták LT_{50} értéke $-8,7\text{ °C}$ ('Petra') és $-17,6\text{ °C}$ ('Harlayne') között változott. Az előző hónapban mért értékekkel összehasonlítva azt figyelhettük meg, hogy minden fajtánál erősen csökken a virágrügyek téli fagyokkal szembeni ellenállóképessége, a virágrügyek gyors ütemben veszítik el edzettségüket. A legnagyobb csökkenést az LT_{50} értékben a 'Tsunami' fajtánál tapasztaltuk (9 °C), míg a legkisebb mértékű visszaesést a 'Hargrand' fajtánál mértük ($4,4\text{ °C}$). Az összes vizsgált fajta februári fagykár értékeit a 11. 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 fagyűrés profilekat a 12. ábra tartalmazza.



12. ábra: Kajszifajták fagyűrés profilja az LT_{50} értékek alapján 2019-2020 nyugalmi időszakában

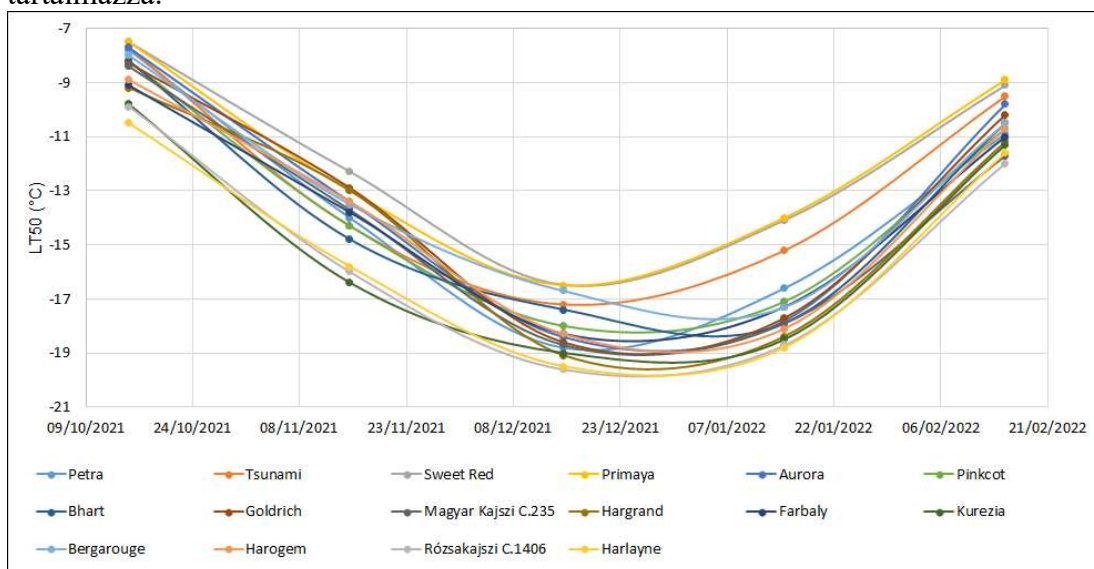
A 2019/2020-as nyugalmi időszakban megfigyelhettük, hogy fajtától függően változott az edződés folyamata és az edződési időszak hossza is. Egyes fajták (pl. 'Harlayne', 'Harogem', 'Bergarouge') edződése teljesen fokozatosan ment végbe, a kezdeti erősödő fagyűrés értékek fokozatosan csökkentek, míg végül 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_{50} értéket, azaz a maximális edzettségüket, míg más fajtáknál (pl. 'Kurezia', 'Goldrich', 'Sweet Red') a fordulópont valamikor január első hetében következett be.

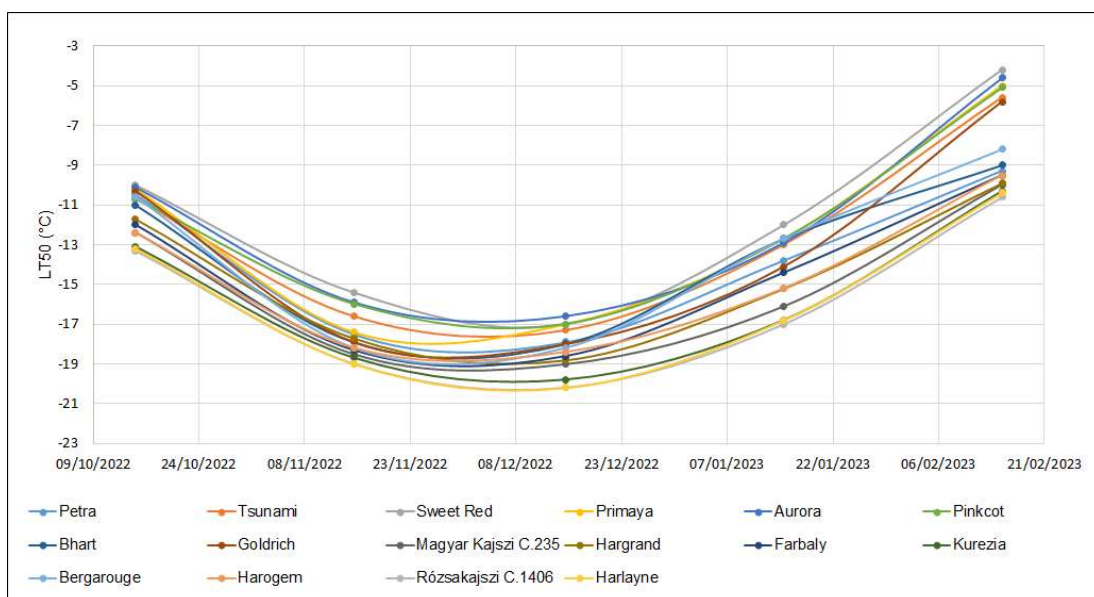
Az edződés kezdeti periódusának részletesebb vizsgálatakor azt állapítottuk meg, hogy az egyes fajták fagyűrésében alapvetően a fajtára jellemző különbségek megfigyelhetőek, a kísérletünkben októberben a legérzékenyebb ('Petra' és 'Tsunami'; $-10,6$ °C) és a legfagyűrőbb ('Harlayne'; $-14,6$ °C) fajták LT_{50} értékei között 4 °C különbséget tapasztaltunk. Ugyanakkor az edződés folyamata hasonló ütemben ment végbe minden fajta esetében, az októberi és novemberi LT_{50} értékeket elemezve a legkisebb különbség a fajtákat külön-külön vizsgálva $4,7$ °C volt ('Harlayne'), míg a legnagyobb $6,4$ °C ('Harogem'). Az első szakasz vége minden vizsgált fajta esetében december közepétől január elejéig tartó időszakra esett, ebben

a periódusban a fajtákra jellemző LT_{50} értékek változása szintén kisebb mértékű volt, a legnagyobb mértékben a 'Bergarouge' fagyűrése csökkent (+1,7 °C) míg a legnagyobb mértékben a 'Sweet Red' LT_{50} értéke növekedett (-0,9 °C). Ezzel szemben a januártól februárig tartó időszakban a fagyűrés elvesztésének üteme jelentősebb különbséget mutatott. A leglassabb ütemben a 'Farbaly' veszítette el a fagyokkal szembeni ellenállóképességét (+3,9 °C), míg a leggyorsabban a 'Tsunami' (+9 °C).

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 2021/2022-es és a 2022/2023-as nyugalmi időszakok vizsgálati eredményei alapján a vonatkozó fagyűrés profilt a 13. és 14. ábra tartalmazza.



13. ábra: Kajszifajták fagyűrési profilja az LT_{50} értékek alapján 2021-2022 nyugalmi időszakában



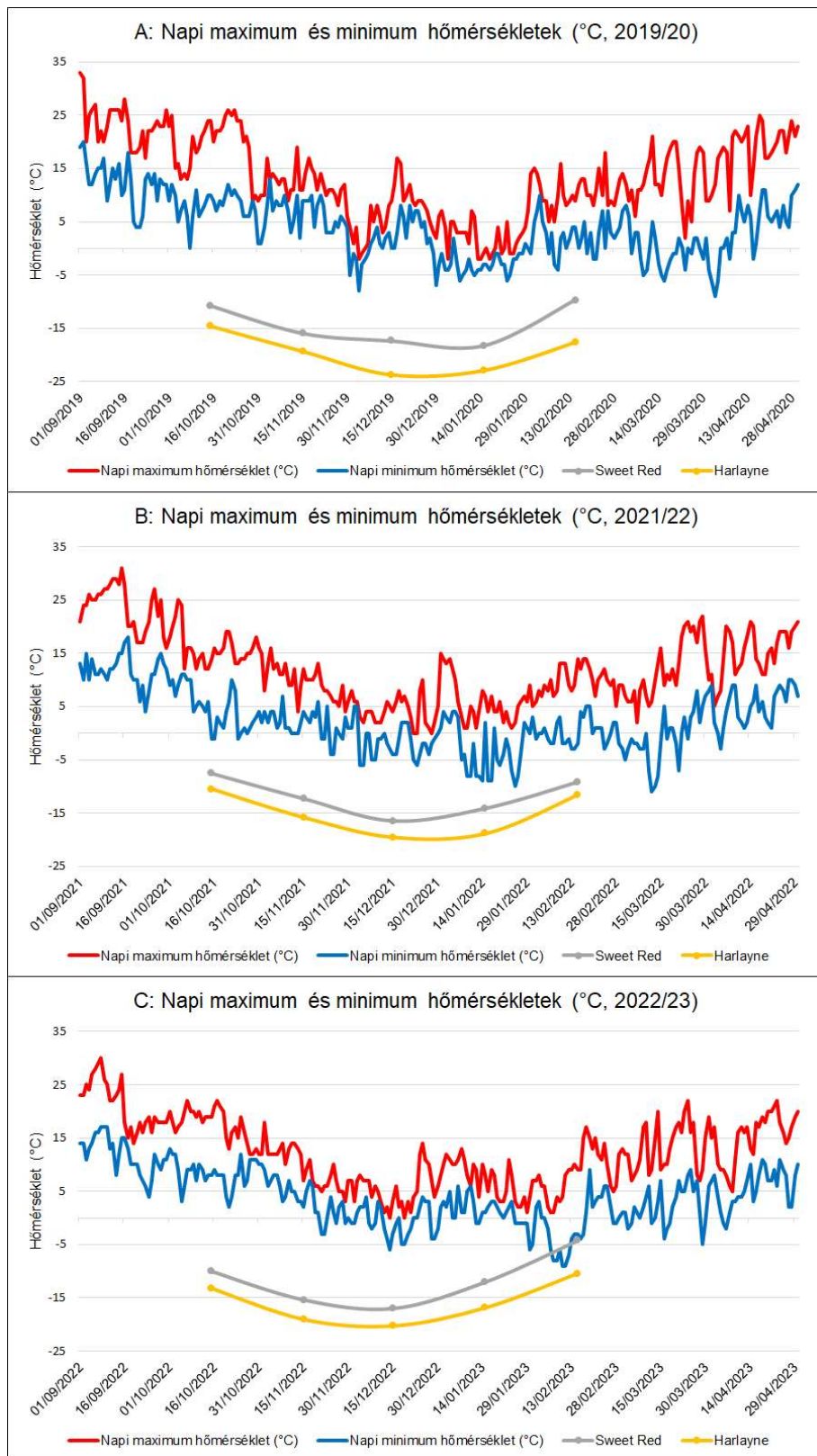
14. ábra: Kajszifajták fagyűrési profilja az LT_{50} értékek alapján 2022-2023 nyugalmi időszakában

A 2021/2022-es nyugalmi időszak alatt a virágrügyek LT_{50} értékei október közepén mérve -7,5 °C ('Sweet Red', 'Primaya') és -10,5 °C ('Harlayne') között változtak. A legfagyűrőbbnek decemberben bizonyultak, két fajta kivételével ('Bhart'

és 'Bergarouge') ekkor érték el a legalacsonyabb LT_{50} értéküket, amely $-16,5\text{ °C}$ ('Sweet Red', 'Primaya') és $-19,6\text{ °C}$ ('Rózsakajszai C.1406') között alakult. Februárban a mért LT_{50} értékek $-8,9\text{ °C}$ ('Primaya') és -12 °C ('Rózsakajszai C.1406') közé estek.

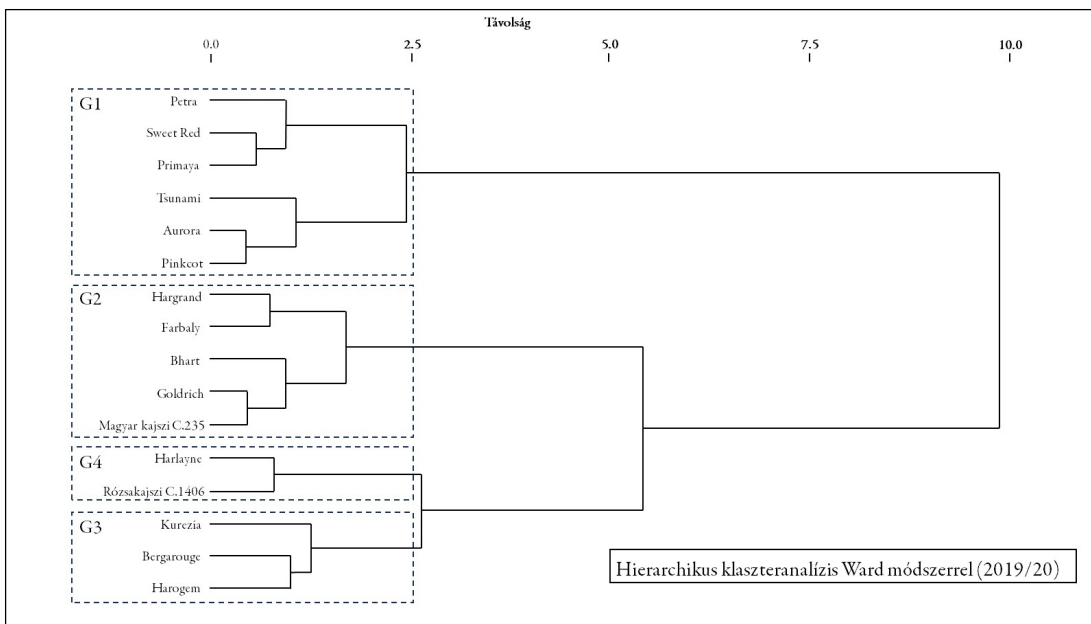
Hasonlóképpen, a 2022/2023-as időszakban a vizsgált kajszifajták virágrügyeinek LT_{50} értéke októberben -10 °C ('Sweet Red') és $-13,3\text{ °C}$ ('Rózsakajszai C.1406') között változott. A fagytűrés tetőzése ezen a télen minden fajtánál koránra, december első felére esett, a mért LT_{50} értékek $-16,6\text{ °C}$ ('Aurora') és $-20,2\text{ °C}$ ('Rózsakajszai C.1406', 'Harlayne') közé estek. Az utolsó vizsgálat február közepén történt, ekkor $-4,2\text{ °C}$ ('Sweet Red') és $-10,6\text{ °C}$ ('Rózsakajszai C.1406') közötti LT_{50} értékeket mértünk.

Minden évben szeptember elejétől április végéig feljegyeztük a soroksári kísérleti terület napi minimum és maximum hőmérsékleteit, az adatokat az OMSZ honlapjáról gyűjtöttük. A hőmérsékleti adatokat a 15. ábra (A – 2019/2020, B – 2021/2022, C – 2022/2023) mutatja. Az ábrán feltüntettük a legfagyérzékenyebb és a legfagytűrőbb fajta fagytűrés profilját is.

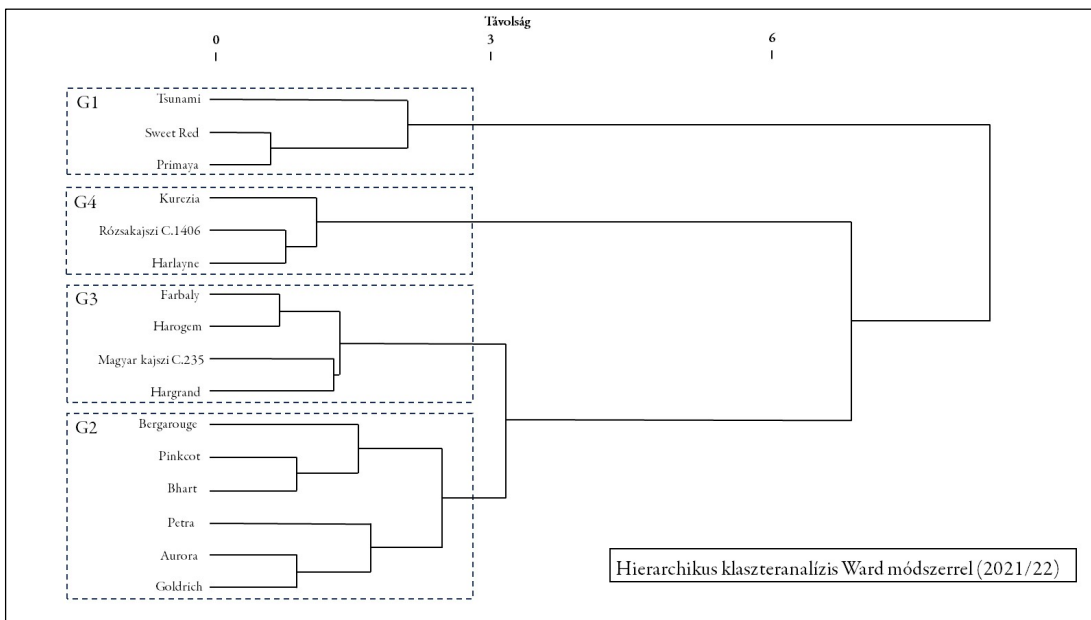


15. ábra: Napi maximum és minimum hőmérsékleti adatok, valamint két fajta fagyűrész profilja a vizsgálatok mindhárom évében

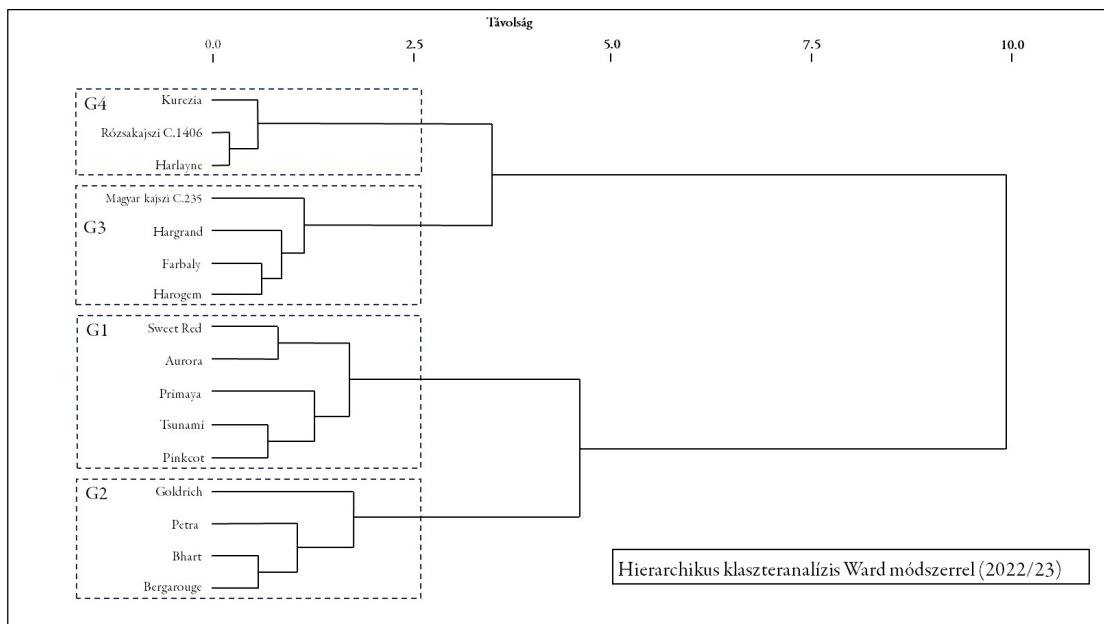
A vizsgált fajtákat a mesterséges fagyasztásos vizsgálatok eredményei alapján a fagyűrészük szerint osztályokba soroltuk. Az osztályba sorolást hierarchikus klaszter analízissel (Ward módszer) végeztük, minden évre külön-külön is, valamint a három év adatait egyben kezelve is. A klaszter analízis dendrogramjai a 16-19. ábrán láthatóak.



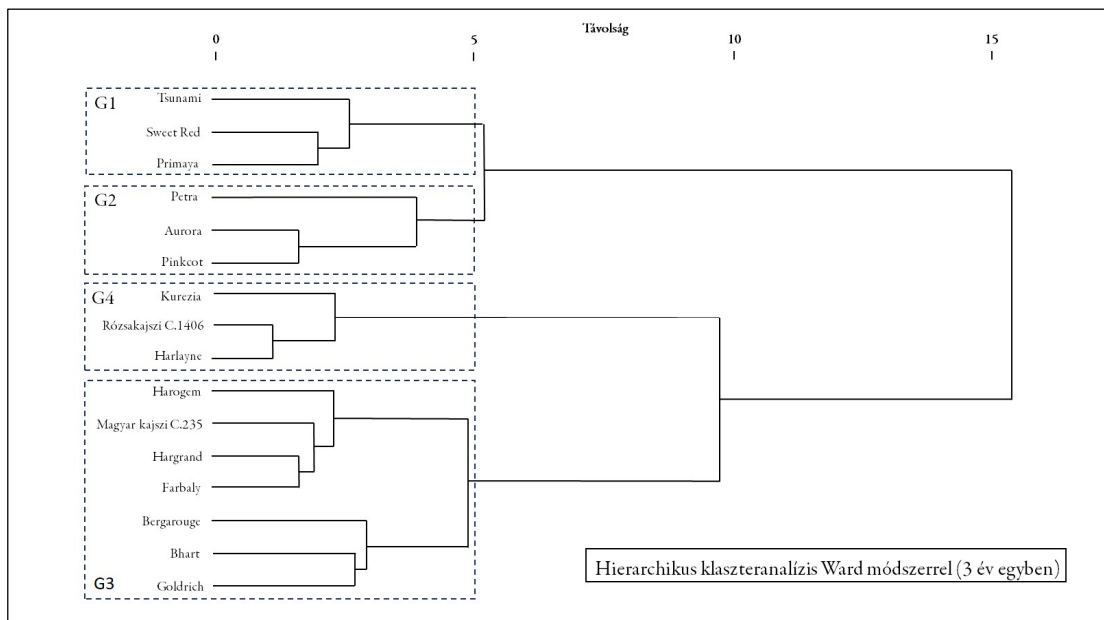
16. ábra: Kajszifajták csoportosítása fagyűrésük szerint hierarchikus klaszteranalízissel (Ward módszer; 2019/2020)



17. ábra: Kajszifajták csoportosítása fagyűrésük szerint hierarchikus klaszteranalízissel (Ward módszer; 2021/2022)



18. ábra: Kajszifajták csoportosítása fagyűrésük szerint hierarchikus klaszteranalízissel (Ward módszer; 2022/2023)



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

Minden dendrogramon négy csoport (G1-G4) különböztethető meg. A G1 csoportba tartoznak azon kajszifajták, melyek virágrügyei a legérzékenyebbek a fagyokra. A G2 csoportba tartozó fajták kisebb mértékben érzékenyek, míg a G3 csoportba a fagyoknak kissé ellenálló fajtákat találjuk. Végül a G4 csoportba azon kajszifajták tartoznak, melyek a leginkább ellenállóak a fagyokkal szemben. A tizenhat vizsgált kajszifajta fagyűrés szerinti csoportosítását a 7. táblázat tartalmazza.

7. táblázat: Vizsgált kajszifajták 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	
Tsunami	G1	G1	G1	G1	G1 - nagyon gyenge
Sweet Red	G1	G1	G1	G1	
Aurora	G1	G2	G1	G2	
Pinkcot	G1	G2	G1	G2	
Petra	G1	G2	G2	G2	G2 - gyenge
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	

6.1.2 A mesterséges fagyasztásos vizsgálatok eredményeinek megvitatása

Az edzettség kialakulására és az edzettség elvesztésének folyamatára, és ezáltal az áttelelő szervek fagyűrésére gyakorolt hatás tekintetében a hőmérséklet a legfontosabb környezeti tényező (Quinones et al., 2020). A hőmérsékletnek kiemelkedő szerepe van a hideghez való akklimatizációban/deakklimatizációban, és a hidegegységek gyűjtése által a mélynyugalmi állapot feloldásában (Bartolini et al., 2020), azonban számos más tényező is hatással lehet ezekre a tényezőkre, 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 fagyűrőséget a hideghez való akklimatizáció során, az alacsony, de fagyponthoz 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 fagyűrés 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 fagyűrésére egy adott nyugalmi időszakban. Ezen összetett háttér miatt az egyes fajták fagyűrése évről évre változik. Ezért több éves vizsgálatokra van szükség egy adott fajta fagyűrő képességének meghatározásához.

Habár a fagykár sok helyen problémát jelent a kajszitermesztésben, kevés szakirodalmi adat áll rendelkezésre a kajszifajták áttelelő szerveinek fagyűréséről. Ezek az adatok a fagyűrés mértékének fokozatos változásáról és a fajták között nagy eltérésekről számolnak be (Szalay et al., 2016; Gorina és Korzin, 2016). A kajszi virágrügyeinek fagyűrőségevel foglalkozó legtöbb tanulmány a rügyfakadás és a virágzás időszakára összpontosít (Gunes et al., 2006; Szalay et al., 2019; Nesheva és

Bozhkova, 2021), az edzettség teljes elvesztéséhez közel, amikor a virágszervek a legérzékenyebbek a fagykárokra, azonban a mélynyugalom vége és a rügyfakadás közötti időszakban is jelentős a fagykár kockázata (Julian et al., 2007), amit az eredményeink is megerősítenek. 2022 és 2023 januárjában és februárjában több olyan éjszaka is volt, amikor a terepen mért minimumhőmérséklet nagyon közel volt a mesterséges fagyasztásos vizsgálatok során mért LT_{50} értékekhez (10. ábra).

Jelen munkánkban tizenhat kajszi fajtát vizsgáltunk virágrügyeik fagyűrésének 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 kajszi fajtákat. Mindegyik fajtára meghatároztunk egy fagyűrési profilt a mesterséges fagyasztásos vizsgálatok során kapott LT_{50} értékek alapján.

A kajszi virágszerveinek sejtelhalása (CDP) kapcsán végzett legújabb kísérletek szerint a legérzékenyebb szerv a rügyalap, míg a legkevésbé érzékeny a termő volt (Kaya és Kose, 2019). A termőben szignifikánsan magasabb ásványianyag- és aminosav-tartalmat mértek a rügyalaphoz képest. Továbbá negatív korrelációt találtak a virágszervek N-, K-, Mg- és glutamát-tartalma, valamint CDP értékük között, ezért ezek kedvező hatással lehetnek a fagyűrésre (Kaya et al., 2021). A teljes virágrügy alapos vizsgálata azt mutatta, hogy a jégképződés először a rügy tengelyének tövében alakult ki, majd a jegesedés az összes virágszervre kiterjedt (Kuprian et al., 2016). A mesterséges fagyasztásos kísérletek értékelése során azt tapasztaltuk, hogy az esetek többségében valóban csak a rügyalap károsodott, mint a legérzékenyebbnek talált szerv, azonban szintén előfordult olyan eset is, nem is kis számban, amikor csak a termő károsodott, amivel más kutatók beszámolóiban is találkoztunk (Meng et al., 2007).

Az áttelelő szervek fagyűrése fokozatosan erősödött az edződés időszakában, és december végére, január elejére érte el a maximumát, majd a kényszernyugalmi időszakban fokozatosan csökkent. A fajták fagyűrésében 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_{50} -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_{50} 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_{50} hőmérséklet 2019 decemberében -23,7 °C

volt a nagyon fagyűrő 'Harlayne' fajtánál. Ugyanebben az időszakban a legmagasabb mért LT_{50} 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 fagyűrésében. A kísérlet másik két évében a tél enyhébb volt, ami kisebb különbségeket eredményezett a legfagyérzékenyebb és a legfagyűrőbb fajták LT_{50} értékei között ($-3,1$ °C és $-3,6$ °C). Hasonlóképpen az októberi időszakban, az edződési folyamat első felében, akárcsak a február végi időszakban, az edzettségi állapot elvesztése során is azt tapasztaltuk, hogy az LT_{50} 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 'Rózsakajszai C.1406' és a 'Harlayne' fajták nagyon fagyűrők (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 kajszai 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 kajszai C.235', a 'Hargrand', a 'Farbaly', a 'Bergarouge', a 'Goldrich', a 'Bhart' és a 'Harogem' az enyhén fagyűrő (G3), míg a 'Kurezia', a 'Rózsakajszai C.1406' és a 'Harlayne' a nagyon fagyűrő (G4) kategóriába kerültek. Ezen fajták némelyike hasonló értékelést kapott a fagyűrés mérése alapján. A 'Harlayne' fajtát fagyűrőnek találták a csehországi Lednicében (Krška, 2018), a 'Goldrich' fajtát 'részben fagyűrőnek' találták a bulgáriai Plovdiv régióban (Nesheva és Bozhkova, 2021). Az 'Aurora' fajtát nagyon fagyérzékenynek, míg a 'Bergarouge' fajtát fagyűrőnek találták Szerbiában, Belgrádban (Milatović et al., 2013). Egyes fajták esetében ('Aurora', 'Farbaly', 'Hargrand', 'Harogem', 'Tsunami') pedig a virágzási idő vagy a termésmennyiség mérése alapján becsülték meg a fajták fagyűrő képességét (Yao, 2011; Milatović et al., 2018; Maglakelidze et al., 2021; Glišić et al., 2023).

6.1.3 Szabadföldi fagykár vizsgálatok eredményei

A virágrügyek fagykárosodásának szabadföldi felvételezését három évben végeztük el a fagykárt okozó lehülések után néhány nappal. A 8. táblázatban tüntettük föl, hogy mely időpontban voltak erőteljes lehülések, és azok milyen mértékűek voltak. A virágrügyek mind a három vizsgálati időpontban már kényszernyugalmi állapotban voltak.

A virágrügyek természetes fagykárosodását három különböző termőrész típuson külön vizsgáltuk. A vizsgálati eredmények a 20., 21. és 22. ábrákon láthatók.

A fajták között jelentős különbségeket találtunk mindegyik vizsgálati időpontban, és termőrész típusonként is eltérő volt a virágrügyek fagykárosodása.

2021-ben február második felében, -11 °C-os lehülés után 30% és 99% közötti fagykárosodást állapítottunk meg. A 'Rózsakajszai C.1406' fajta virágrügyei károsodtak a legkisebb mértékben, míg az 'Aurora' és a 'Sweet Red' virágrügyei majdnem teljes mértékben elfagytak (20. ábra). Jelentős mértékben károsodott a 'Bergarouge', a 'Farbaly', a 'Goldrich', a 'Pinkcot', a 'Primaya' és a 'Tsunami'. A többi fajtánál közepes mértékű volt a fagykár. Fajtánként változó volt, hogy melyik termőrész típuson volt nagyobb a fagykár. A legtöbb esetben a hosszabb

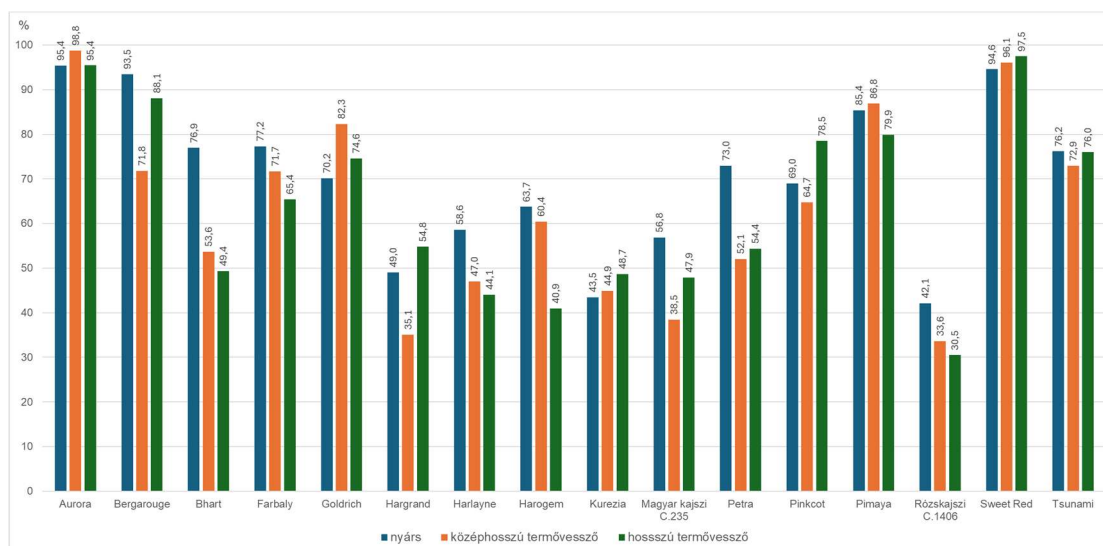
termőrészekben jobban károsodtak a virágrügyek, mint a rövidebbekben, de voltak ez alól kivételek is.

2022-ben március közepe után történt a virágrügyek fagykárosodásának felmérése, -12 °C után. A fagykár mértéke tág határok között, 42% és 89% között változott fajtától és termőrész típustól függően. Az 'Aurora' és a 'Sweet Red' fáin kevés ép virágrügy maradt, és ebben az évben is a 'Rózsakajszai C.1406' fajta viselte legjobban a lehülést. A 'Bergarouge', a 'Goldrich', a 'Petra', a 'Primaya' és a 'Sweet Red' fajták virágrügyei jelentős fagykárt szenvedte, a többi fajta károsodása közepes mértékű volt. A hosszú termővesszőkön sok esetben nagyobb fagykárt állapítottunk meg, mint a rövidebb termőrészekben (21. ábra).

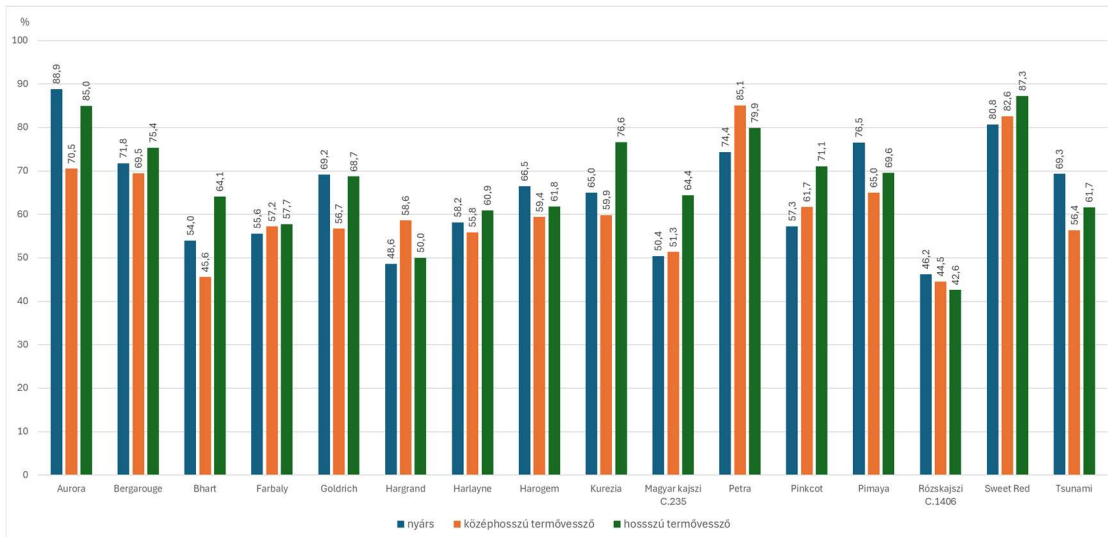
2023-ban február közepe után történt a vizsgálat -9 °C-os lehülés után, amikor is 47% és 99% közötti fagykár értékeket állapítottunk meg. A legkisebb mértékben a 'Rózsakajszai C.1406' fajta virágrügyei fagytak el, 50%-ban, viszont nagyon jelentős, 90% fölötti fagykárt regisztráltunk az 'Aurora', a 'Goldrich', a 'Petra', a Pinkcot', a Sweet Red' és a 'Tunami' fajták fáin. A fagykár mértéke néhány eset kivételével a rövidebb termőrészekben volt nagyobb (22. ábra).

8. táblázat: A virágrügyek szabadföldi fagykár felvételezését megelőző legalacsonyabb hőmérsékletek és azok időpontjai Soroksáron

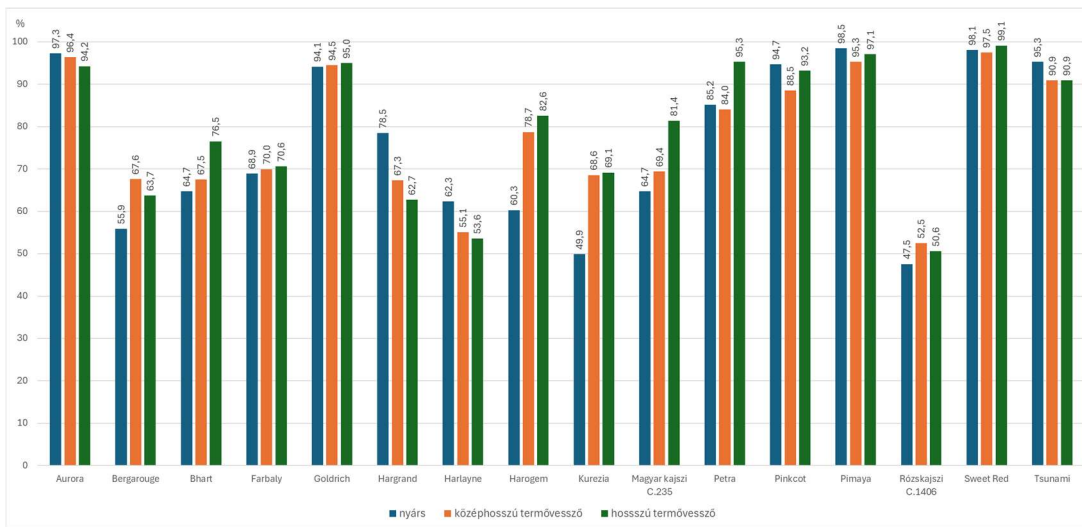
időpont	hőmérséklet (°C)	a virágrügyek fejlődési szakasza
2021. február 14.	-11	kényszernyugalom
2022. március 12.	-12	kényszernyugalom
2023. február 11.	-9	kényszernyugalom



20. ábra: Kajszifajták virágrügyeinek fagykárosodása 2021 februárjában



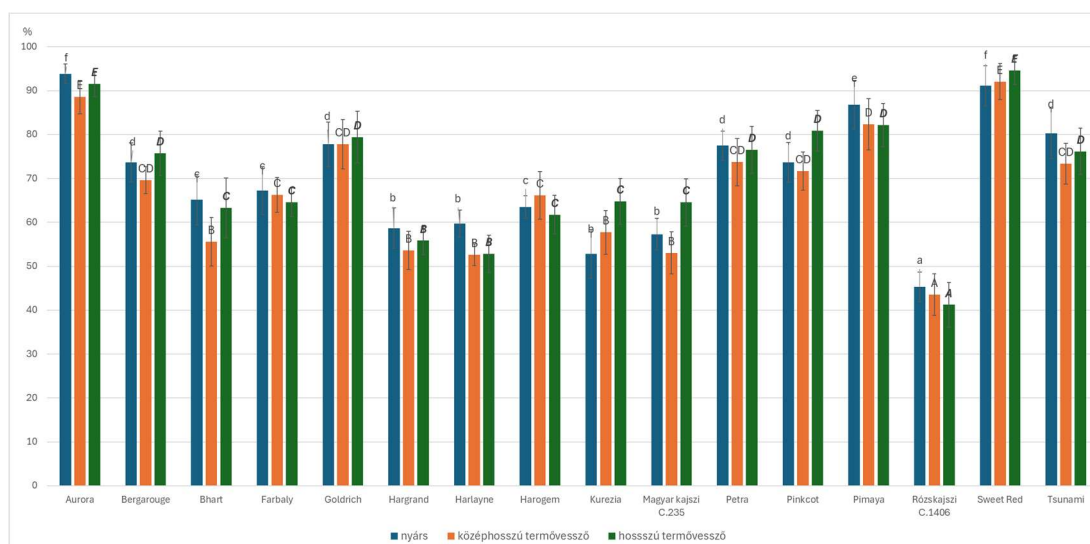
21. ábra: Kajszifajták virágrügyeinek fagykárosodása 2022 márciusában



22. ábra: Kajszifajták virágrügyeinek fagykárosodása 2023 februárjában

A fajták értékelését fagytűrés szempontjából a három év vizsgálati eredményeinek átlagai alapján végeztük el. A vizsgálati eredmények statisztikai értékelésének eredményeit a 23. ábra és a 9. táblázat mutatja be. A három termőrész típuson mért fagykár eredmények összevont értékelése alapján a csak a 'Rózsakajsi C.1406' fajta került a legjobb fagyűrési kategóriába (9. táblázat). 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 virágrügyek szabadföldi fagykár felvételezései alapján. Gyenge fagyűrésűnek bizonyult a 'Bergarouge', a 'Goldrich', a 'Petra', a 'Pinkcot', a 'Primaya' és a 'Tsunami', míg a leggyengébb fagyűrési 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 (23. ábra). A többi fajtánál a termőrész típusok közötti különbség nem volt szignifikáns.



23. ábra: Kajszifajták virágrügyeinek fagykárosodása a természetes fagykarok 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 eredményei 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

9. 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 termőréz típusonként, a betűjelek a statisztikai elemzés alapján kimutatott homogén csoportokat jelentik.

6.1.4 A szabadföldi fagykár vizsgálatok eredményeinek megvitatása

A kajszi fagyérzékenységére már a régi szakirodalmi források is felhívják a figyelmet. Hangsúlyozták, hogy a termőhely kiválasztásánál fokozott figyelemmel

kell lenni erre (Kostina, 1936; Szóts, 1941; Mohácsy, 1946; Nyujtó és Tomcsányi, 1959). A hazai ültetvényekben az 1950-es években kezdődött szabadföldi fagykár felvételezések sok hasznos információt szolgáltattak a fajták fagyűréséről (Nyujtó, 1981; Nyujtó és Surányi, 1981; Szabó és Nyéki, 1988, 1991b; Szabó et al., 1995; Szabó, 2002). Ezen vizsgálatok során erősen fagyérzékenynek találták a 'Ceglédi bíborkajszi' fajtát, közepes fagyűrésűnek a 'Gönci magyar kajszi'-t, és kiváló fagyűrésűnek a késői rózsza fajtakörhöz tartozó fajtákat (Nyujtó és Surányi, 1981; Szabó és Nyéki, 1988, 1991; Szabó et al., 1995; Szabó, 2002, Surányi, 2011). A külföldi vizsgálatok főként a hazánkéhoz hasonló környezeti adottságokkal rendelkező országokban (Kanada, Románia) nemesített fajtákat minősítették jó fagyűrésűnek, a mediterrán és szubtrópusi területeken nemesített fajtákat gyenge fagyűrésűnek találták (Layne és Gadsby, 1995; Gunes, 2006; Julian et al., 2007; Viti et al., 2010; Dejampour et al., 2012).

A MATE Gyümölcsstermesztési Tanszék soroksári fajtagyűjteményében 2007 és 2020 között sok hazai és külföldi fajta fagyűrését vizsgálták szabadföldi fagykár felvételezésekkel (Szalay et al., 2021). Nagy különbségeket találtak a fajták között mindkét csoporton belül. A magyar fajták közül kiváló fagyűrésű volt a 'Rózsakajszi C.1406' és a 'Budapest'. Jó fagyűrést mutatott a 'Ceglédi arany' és a 'Mandulakajszi'. Közepes fagyűrésű volt többek között a 'Gönci magyar kajszi', a 'Magyar kajszi C.235', a 'Pannónia' és a 'Ceglédi kedves'. A gyenge fagyűrésű csoportba került a 'Ceglédi óriás', a 'Ligeti óriás' és a 'Ceglédi bíborkajszi'. A külföldiek közül a 'Bergeron' és a Kanadában nemesített fajták voltak a legfagyűrőbbek, a 'Veecot' és a 'Harcot' kivételével. Az új divatos fajták közül csak a 'Kioto' mutatott jó fagyűrést. A 'Bergarouge' a közepes, a többi mostanában nagyon divatos fajta ('Pinkcot', 'Spring Blush', 'Silvercot', '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 fagyűrésűnek találtuk. A legkisebb mértékben károsodott, így kiváló fagyűrésűnek bizonyult a 'Rózsakajszi C.1406'. A többi fajta a közepes és a jó fagyűrésű kategóriába került a szabadföldi vizsgálatok eredményei alapján.

6.1.5 A mesterséges fagyasztásos vizsgálatok és a szabadföldi fagykár felvételezés eredményeinek összehasonlítása

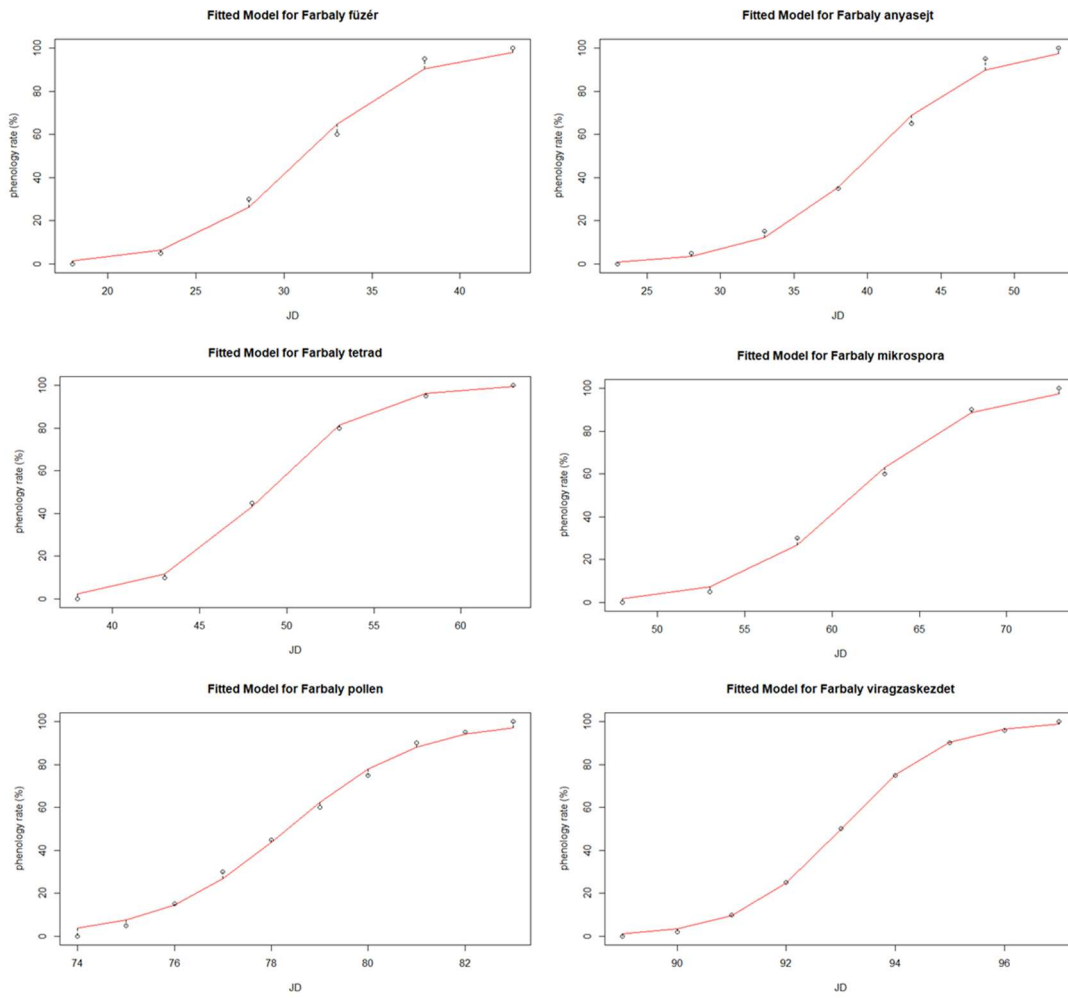
A mesterséges fagyasztásos vizsgálatok egyik fontos kérdése az, hogy mennyire tudja modellezni az esetlegesen szabadföldön bekövetkező fagykár eseményeket, és mennyire kapunk általa pontos információt a fajták fagyűréséről. Ezért a két vizsgálatosorozat eredményeit összehasonlítottuk, amelynek eredményeit 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 legfagyűrőbb kategória felé (4-es kategória), míg a szabadföldi fagykár felvételezés során öt kategóriába soroltuk a fajtákat fagyűrésük alapján (1-es a legfagyérzékenyebb, 5-ös a legfagyűrőbb). Összességében elmondhatjuk, hogy erős korrelációt tapasztaltunk a két vizsgálati módszer eredményeiben.

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

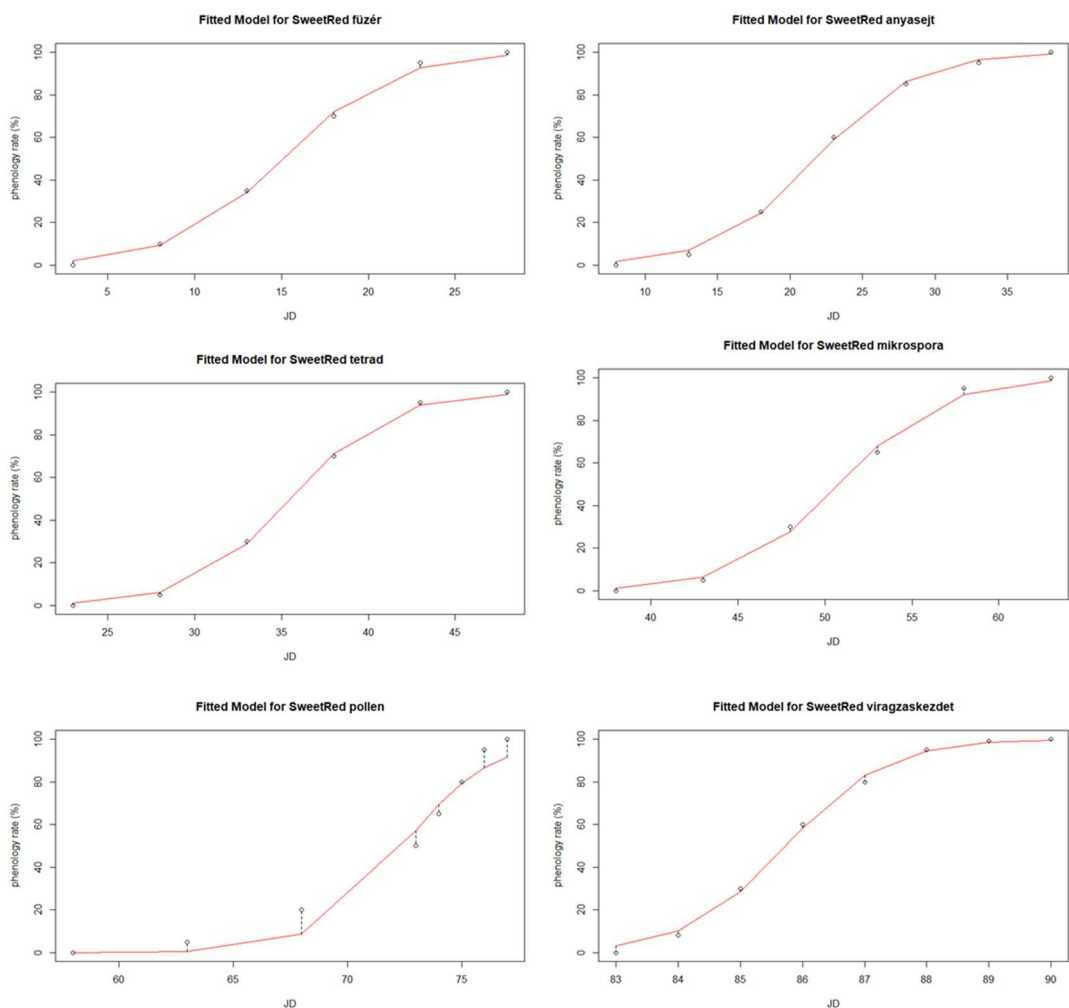
fagyűrés besorolás mesterséges fagyasztás alapján	fajta	fagyűrés besorolás szabadföldi fagykár eredmények alapján
1	Sweet Red	1
1	Tsunami	2
1	Primaya	2
2	Aurora	1
2	Pinkcot	2
2	Petra	2
3	Bhart	3
3	Goldrich	2
3	Bergarouge	2
3	Magyar kajszi C.235	3
3	Hargrand	4
3	Farbaly	3
3	Harogem	3
4	Kurezia	3
4	Harlayne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

6.2 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. Terjedelmi korlátok miatt itt csak a 'Sweet Red' és a 'Farbaly' fajták 2022 évi eredményeit mutatjuk be részletesen a 24. és 25. ábrán.



24. ábra: Sigmoid modell illesztése RStudio szoftverrel a 2022-as évben a 'Farbaly' fajta vizsgálati eredményeire



25. ábra: Sigmoid modell illesztése RStudio szoftverrel a 2022-as évben a 'Sweet Red' fajta vizsgálati eredményeire

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 fenológiai stádiumok kezdeti időpontjait a 11.-13. táblázatok tartalmazzák.

11. táblázat: A vizsgált kajszifajták mikrosporo-genézis stádiumainak kezdeti időpontjai 2020-ban (m - a stádiumok kezdeti időpontja a január 1.-étől eltelt napok számával kifejezve; s - a szigmoid görbe meredekségére jellemző sebességi tényező)

Fajta	Füzér		Anyasejt		Tetrád		Mikrospóra		Pollen		Virágzás kezdete	
	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
2020												
Aurora	13	0,3	21	0,35	38	0,56	49	0,57	66	0,54	82	0,97
Bergarouge	14	0,3	21	0,36	38	0,5	47	0,86	68	0,89	83	0,79
Bhart	13	0,3	20	0,35	38	0,54	47	0,77	67	0,71	83	0,79
Farbaly	21	0,3	27	0,37	44	0,55	53	1,03	72	1,14	86	0,71
Goldrich	12	0,29	19	0,35	36	0,43	45	0,79	66	0,72	83	0,68
Hargrand	16	0,31	23	0,35	40	0,48	49	0,96	69	1,1	84	0,85
Harlayne	22	0,31	29	0,35	45	0,48	54	0,81	73	0,82	87	0,69
Harogem	18	0,29	25	0,35	41	0,49	51	0,79	70	0,97	84	0,9
Kurezia	20	0,31	26	0,35	43	0,58	52	0,73	70	0,93	84	0,9

Magyar kajszi C.235	15	0,29	22	0,35	39	0,55	48	0,84	68	1,06	84	0,85
Petra	12	0,29	21	0,35	38	0,59	49	0,5	66	0,55	82	0,97
Pinkcot	14	0,31	21	0,36	38	0,66	47	0,72	68	0,89	83	0,79
Primaya	8	0,29	16	0,35	33	0,59	43	0,78	64	0,84	80	0,66
Rózsakajszi C.1406	22	0,31	29	0,35	45	0,48	54	0,81	73	0,82	87	0,75
Sweet Red	8	0,32	16	0,34	33	0,59	43	0,79	64	0,83	80	0,66
Tsunami	13	0,31	19	0,37	36	0,45	46	0,8	67	0,84	83	0,68

12. táblázat: A vizsgált kajszifajták mikrosporogenezis stádiumainak kezdeti időpontjai 2021-ben (m - a stádiumok kezdeti időpontja a január 1.-étől eltelt napok számával kifejezve; s - a szigmoid görbe meredekségére jellemző sebességi tényező)

Fajta	Füzér		Anyasejt		Tetrád		Mikrospóra		Pollen		Virágzás kezdete	
	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
2021												
Aurora	21	0,26	29	0,28	44	0,28	50	0,27	78	1	88	1,13
Bergarouge	23	0,23	36	0,26	51	0,26	59	0,28	79	0,77	87	1,08
Bhart	24	0,28	34	0,28	49	0,28	57	0,18	80	0,86	89	1,13
Farbaly	34	0,28	42	0,25	56	0,26	62	0,19	82	0,78	93	1,07
Goldrich	22	0,25	34	0,28	47	0,25	56	0,26	79	0,86	87	1,13
Hargrand	26	0,26	36	0,26	49	0,28	57	0,19	80	0,81	90	1,41
Harlayne	31	0,26	40	0,27	52	0,25	61	0,26	82	0,85	90	1,23
Harogem	25	0,27	38	0,25	51	0,26	60	0,27	81	0,83	90	1,41
Kurezia	29	0,28	42	0,25	53	0,25	61	0,26	80	0,91	89	1,13
Magyar kajszi C.235	24	0,28	38	0,25	54	0,23	58	0,2	81	0,78	90	1,53
Petra	20	0,27	32	0,26	45	0,27	54	0,25	79	0,78	87	0,89
Pinkcot	21	0,26	32	0,25	44	0,28	53	0,18	79	0,78	89	1,13
Primaya	20	0,27	29	0,28	44	0,26	51	0,25	78	0,97	87	1,09
Rózsakajszi C.1406	32	0,25	43	0,25	56	0,26	61	0,25	82	0,96	91	0,92
Sweet Red	19	0,28	31	0,26	44	0,28	49	0,25	77	1,16	87	0,89
Tsunami	21	0,26	30	0,27	44	0,28	52	0,18	79	0,82	88	1,13

13. táblázat: A vizsgált kajszifajták mikrosporogenezis stádiumainak kezdeti időpontjai 2022-ben (m - a stádiumok kezdeti időpontja a január 1.-étől eltelt napok számával kifejezve; s - a szigmoid görbe meredekségére jellemző sebességi tényező)

Fajta	Füzér		Anyasejt		Tetrád		Mikrospóra		Pollen		Virágzás kezdete	
	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
2022												
Aurora	17	0,35	23	0,29	37	0,4	49	0,3	73	1,06	86	1,23
Bergarouge	24	0,3	26	0,28	44	0,36	54	0,4	75	0,96	87	1,24
Bhart	20	0,34	27	0,33	44	0,33	53	0,32	75	0,7	87	1,28
Farbaly	31	0,33	40	0,28	49	0,35	61	0,31	78	0,75	93	1,11
Goldrich	19	0,27	25	0,29	43	0,36	50	0,37	74	0,69	86	1,2
Hargrand	23	0,38	35	0,29	44	0,38	56	0,34	75	0,64	88	1,26
Harlayne	25	0,28	36	0,35	48	0,24	58	0,44	77	1,01	89	1,26

Harogem	24	0,35	36	0,33	45	0,34	57	0,32	77	0,73	88	1,26
Kurezia	26	0,34	37	0,29	46	0,31	58	0,37	77	0,77	88	1,28
Magyar kajszi C.235	22	0,32	28	0,29	44	0,27	50	0,36	74	0,6	87	1,24
Petra	16	0,32	22	0,27	36	0,38	50	0,31	72	0,61	86	1,26
Pinkcot	20	0,32	27	0,3	43	0,5	51	0,27	74	0,56	86	1,2
Primaya	18	0,29	24	0,28	38	0,35	49	0,39	73	0,76	87	1,22
Rózsakajszi C.1406	27	0,34	38	0,35	48	0,24	63	0,5	78	1,21	89	0,98
Sweet Red	15	0,32	22	0,3	35	0,36	51	0,34	72	0,53	86	1,26
Tsunami	19	0,28	26	0,35	44	0,4	49	0,33	74	0,74	86	1,26

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.

Az egyes stádiumok kezdeti időpontját tekintve a MANOVA-teszt szignifikáns évjáráthatást mutatott (Wilk $\lambda = 0,037$; $p < 0,001$). Ezt követően a változónkénti ANOVA teszttel minden fenofázisra szignifikáns évjáráthatást tudtunk kimutatni ($F(2; 45) > 14,33$; $p < 0,001$). A post-hoc analízis során az anyasejt, a tetrád és a pollen stádiumok kezdeti időpontjai minden évben szignifikánsan különböztek egymástól ($p < 0,05$), a füzér, a mikrospóra és a virágzás kezdete stádiumok esetében a 2020-as év szignifikánsan különbözött ($p < 0,01$) az egymáshoz hasonló 2021-es és 2022-es évektől ($p > 0,05$).

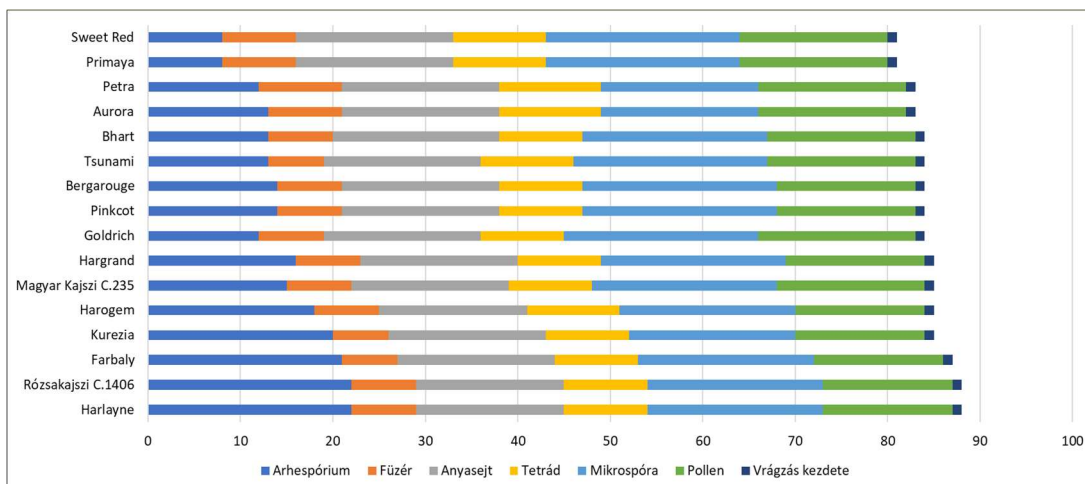
Az egyes stádiumok időtartamát tekintve a MANOVA-teszt szignifikáns évjáráthatást mutatott (Wilk $\lambda = 0,058$; $p < 0,001$). Ezt követően a változónkénti ANOVA teszttel minden fenofázisra szignifikáns évjáráthatást tudtunk kimutatni ($F(2; 45) > 9,12$; $p < 0,001$). A post-hoc analízis során a pollen stádium időtartama minden évben szignifikánsan különbözött egymástól ($p < 0,001$), a füzér, tetrád és a mikrospóra stádiumok esetében a 2021-es év szignifikánsan különbözött ($p < 0,05$) az egymáshoz hasonló 2020-as és 2022-es évektől ($p > 0,05$), míg az anyasejt stádium esetében a 2020-as év szignifikánsan különbözött ($p < 0,001$) az egymáshoz hasonló 2021-es és 2022-es évektől ($p > 0,05$).

Az egyes stádiumok átmenetének sebességét tekintve a MANOVA-teszt szintén szignifikáns évjáráthatást mutatott (Wilk $\lambda = 0,008$; $p < 0,001$). Ezt követően a változónkénti ANOVA teszttel minden fenofázisra szignifikáns évjáráthatást tudtunk kimutatni ($F(2; 45) > 25,06$; $p < 0,001$), kivéve a pollen stádiumra, ahol nem szignifikáns különbséget kaptunk ($F(2; 45) = 1,76$; $p > 0,05$). A post-hoc analízis során az anyasejt, tetrád és mikrospóra stádiumok átmenetének sebessége minden évben szignifikánsan különbözött egymástól ($p < 0,001$), a füzér stádium esetében a 2021-es év szignifikánsan különbözött ($p < 0,001$) az egymáshoz hasonló 2020-as és 2022-es évektől ($p > 0,05$), míg a virágzás kezdete stádium esetében a 2020-as év szignifikánsan különbözött ($p < 0,001$) az egymáshoz hasonló 2021-es és 2022-es évektől ($p > 0,05$).

A fajthatást 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 fajthatást kimutatni.

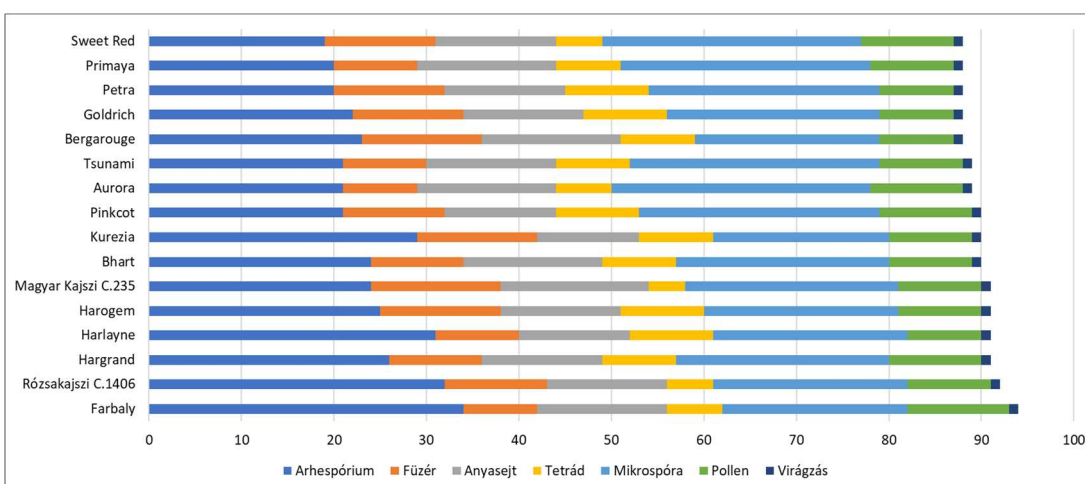
A 2020-as évi vizsgálati eredményeket a 26. ábra mutatja. A diagram vízszintes tengelyén az időpontok Julián napban vannak kifejezve, tehát a január 1-től eltelt napok számát jelentik. Az arhespórium állapotból a füzérek kialakulásáig fajtától

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 mikrospórák kifejlődése 9-11 napig tartott minden fajta esetében. A mikrospórákból 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. ('Rózsakajszai C.1406' és 'Harlayne') közé esett.



26. ábra: Kajszi fajták mikrosporogenezisének üteme (2020)

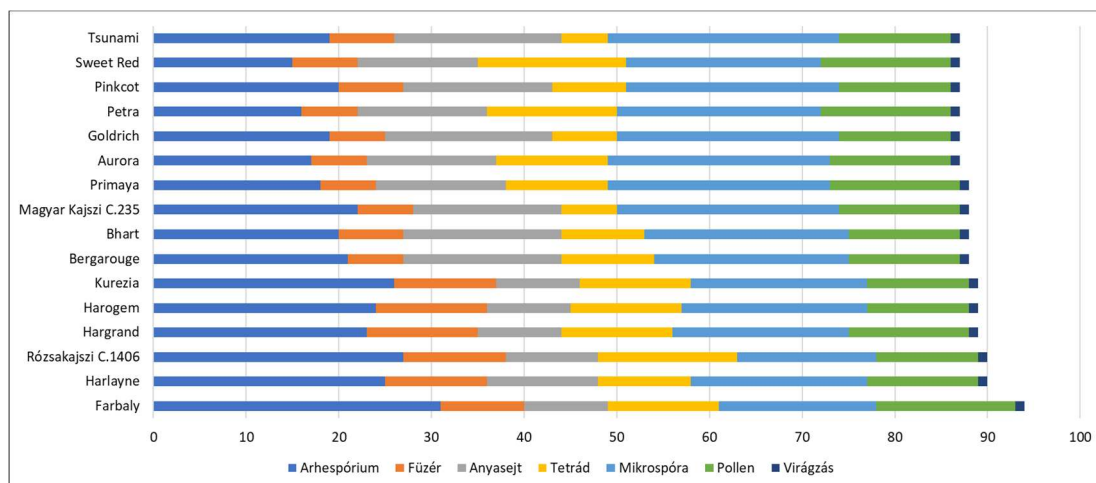
2021-ben az előző évhez viszonyítva lassabban alakultak ki a füzérek, január elsejétől számolva ez 19-34 napig tartott. Az anyasejtek kialakulása 8-14 nap alatt ment végbe, majd azok redukciós osztódása további 11-15 nap alatt következett be. A mikrospórák kifejlődése az előző évhez képest rövid ideig, 4-9 napig tartott. Az érett pollenszemek a mikrospórákból további 19-28 nap alatt alakultak ki. A virágzás a legkorábbi fajtáknál ('Sweet Red', 'Primaya', 'Petra', 'Goldrich' és 'Bergarouge') március 27.-én, míg a legkésőbbi 'Farbaly' esetében április 2.-án kezdődött (27. ábra).



27. ábra: Kajszi fajták mikrosporogenezisének üteme (2021)

A 2022-es évben a virágrügyek fejlődése a 2021-es évhez hasonlóan lassan kezdődött, a füzérek kialakulása fajtától függően 15-31 napot vett igénybe január elsejétől számolva. A pollenanyasejtek leválása 6-12 napig tartott, majd ezekből a tetrádok kialakulása 9-18 napot vett igénybe. A tetrádok osztódása és a mikrospórák

kialakulása 5-16 nap alatt zajlott le, melyekből az érett pollenszemek további 17-25 nap alatt jöttek létre. A virágzás kezdete 2022-ben március 27.-ére esett a legkorábbi fajtáknál ('Sweet Red', 'Aurora', 'Petra', 'Goldrich', 'Pinkcot' és 'Tsunami'), míg április 3.-án kezdődött a legkésőbbi fajta ('Farbaly') virágzása (28. ábra).



28. ábra: Kajszi fajták mikrosporogenezisének üteme (2022)

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 fajtaikat összehasonlítva mindhárom vizsgálati évben 7-8 nap különbséggel következett be.

Bár a statisztikai elemzés szignifikáns fajtatahatást nem mutatott, de a fajtaikat 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 'Rózsakajsz C.1406') ez éppen ellenkezőleg történt, az összes stádium időben később zajlott le.

6.2.1 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 vizsgálati 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 szakirodalomban nem áll rendelkezésre bőséges információ a kajszi fajták mikrosporogenezisének időbeli lefolyásáról. Márpedig a fajták téli

virágrügyfejlődésének ismerete nagyon fontos, különösen a klímaváltozás tükrében, a termőhelyi alkalmasság és a termésbiztonság meghatározása szempontjából. Három évben 16 fajtaival végzett vizsgálataim eredményeivel ezt az ismeretanyagot igyekeztem bővíteni.

A mikrosporogenezis stádiumainak kialakulása az idő függvényében szigmoid grafikonnal írható le. A statisztikai elemzések elvégzéséhez, az adatok összehasonlíthatósága érdekében, fejlődési fázisok kezdetének azt az időpontot vettük, amikor 50%-ban az előző, 50%-ban pedig az adott fejlődési stádium volt látható mikroszkóp alatt. Ez a szigmoid görbe inflexiós pontjához, avagy 50%-os értékéhez tartozó időpont. Nagy különbségeket tapasztaltunk a fajták között, és az évjáratok között is jelentős különbségeket mértünk, amit korábbi hazai eredmények is megerősítenek.

Cegléden 1979-ben január utolsó harmadában kezdődött a füzér állapot kialakulása, és számottevő különbségek nem voltak a fajták között, míg 1980-ban már január elején megfigyelték a füzér állapotot a 'Ceglédi bíborkajszi'-nál, és nagyobb különbségek voltak a fajták között, mint az előző évben. A tetrád állapot január 28. és március 10.-e között alakult ki, fajtától függően, a 'Rózsakajszi C.778' volt a legkésőbbi (Banainé, 1981). Mediterrán országokban gyakran már novemberben pollen anyasejteket figyeltek meg. Fajtától és évjáratától december vége és február eleje közötti időszakban alakult ki a tetrád állapot (Scalabrelli et al., 1991; Bartolini et al. 2006a, 2006b; Julian et al., 2009; Viti et al., 2013; Herrera et al. 2022).

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 fajtaival végzett kísérletek eredményei alapján a fajta- és évjárat hatások jól kimutathatók voltak. A vizsgált 26 év alatt a füzér állapot fokozatosan egyre később, a tetrád 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 fajta mellett olyan fajtákat is vizsgálatba vontam, amelyek téli virágrügyfejlődéséről még nem voltak információk.

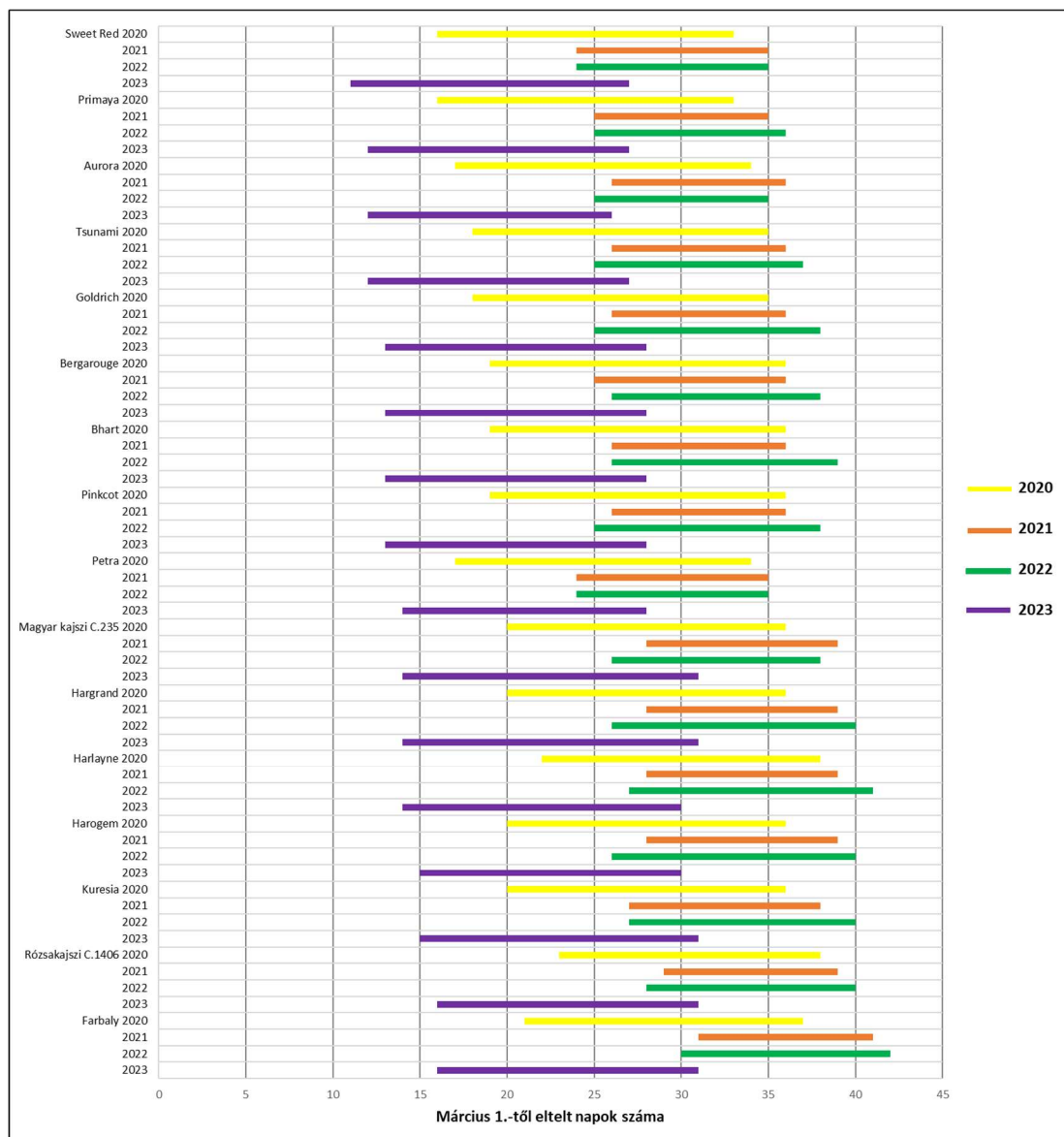
A hároméves vizsgálati időszakban a vizsgálatba vont 16 kajszi fajta mikrosporogenezisének időbeli alakulását vizsgáltuk a közepes fagy- és téltűrésű 'Magyar kajszi C.235' és a jó fagy- és téltűrésű 'Rózsakajszi C.1406' fajtát használva kontrollként. Vizsgálati eredményeink alapján sorrendbe állítottuk 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.

6.3 Kajszi fajta virágzási ideje

A vizsgált kajszi fajta virágzási idejét négy évben, 2020-tól 2023-ig vizsgáltuk, az eredményeket a 29. 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 legkoraibb fajták ('Sweet Red' és 'Primaya') virágzása március 16.-án kezdődött és április 3.-án fejeződött be, míg a legkésőbb nyíló fajta ('Rózsakajszki 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.



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

2021-ben a virágzás az előző évhez képest később kezdődött minden fajta esetében, a legkoraibb fajták ('Sweet Red' és 'Petra') virágzása március 24.-én kezdődött és április 4.-én ért véget, míg a legkésőbb nyíló fajta ('Farbaly') virágzása hét nappal később, március 31.-én kezdődött, és hat nappal később, április 10.-én fejeződött be. Fajtától függően a virágzás teljes időtartama 10-11 napig tartott.

2022-ben a virágzás az előző évhez nagyon hasonlóan alakult, a legkoraibb fajták ('Sweet Red' és 'Petra') virágzása március 24.-én kezdődött és április 4.-én ért véget, míg a legkésőbb nyíló fajta ('Farbaly') virágzása hat nappal később, március 30.-án kezdődött, és hét nappal később, április 11.-én fejeződött be. Fajtától függően a virágzás teljes időtartama 10-14 napig tartott.

2023-ban a virágzás az előző három évhez képest jelentősen korábban kezdődött, a legkorábbi fajta ('Sweet Red') virágzása március 11.-én kezdődött és március 27.-én ért véget, míg a legkésőbb nyíló fajták ('Rózsakajsi C.1406' és 'Farbaly') virágzása öt nappal később, március 16.-án kezdődött, és négy nappal később, március 31.-én fejeződött be. Fajtatól függően a virágzás teljes időtartama 14-17 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. Stablan 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.

6.3.1 Virágzási idő eredményeinek megvitatása

A kajszifajták virágzási idejéről régóta vannak részletes adatok a hazai szakirodalomban (Brózik és Nyéki, 1975; Nyéki, 1980; Nyéki és Soltész, 1996; Nyéki et al., 2002; Kozma et al., 2003; Nyéki et al., 2008; Surányi 2011). A termőhelyek, az évről-évre és a fajták között jelentős különbségeket figyeltek meg. Magyarország délnyugati és északkeleti része között több mint 40 nap különbség is előfordult egy fajta virágzási idejében, ha pedig egy termőhelyen két szélsőséges évről-évre tekintünk, 40 nap különbség is lehet két év között egy fajta virágzási idejében (Szabó et al., 2002). A hosszú idejű megfigyelések mellett a virágzási idő fokozatos korábbra tolódását állapították meg (Szabó, 2002; Szabó et al., 2003; Surányi, 2011). Cegléden 1953 és 1958 között március 26 és április 19 között volt a legkorábbi fajta virágnyílásának kezdete (Nyujtó és Tomcsányi, 1959). Szigetcsépen az 1986 és 1992 közötti években március 11 és április 11 közötti virágzáskezdetet regisztráltak (Pedryc, 1992).

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 virágzáskezdete 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 évről-évre között. A szakirodalmi adatok szerint a fajták virágzási idő sorrendje általában állandó, de ezt eredményeink nem erősítették meg. A különböző évről-évre között 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.

6.4 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 MANOVA analízis elvégzése előtt a két változó korrelációját Pearson-féle teszttel ellenőriztük, és szignifikáns összefüggést állapítottunk meg ($r = 0,68$; $p < 0,001$). A MANOVA vizsgálat eredményeként, 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 Wilk féle lambda és a szignifikanciaszint értékeit az alábbi táblázatban (14. Táblázat) mutatjuk be:

14. táblázat: A fajta, termőrész típus és évjárat, valamint ezek interakciójának hatása a virágrügy-berakódottsági paraméterekre (Wilk féle lambda értékek és szignifikancia szintek)

	Wilk féle λ értéke	F(df1, df2)	p
fajta	0,54	13,99(24,936)	< 0,001
évjárat	0,48	104,78(4,934)	< 0,001
termőrész típus	0,45	113,64(4,934)	< 0,001
év*fajta interakció	0,63	5,07(48,934)	< 0,001
év*termőrész interakció	0,83	11,13(8,934)	< 0,001
fajta*termőrész interakció	0,77	2,67(48,934)	< 0,001
év*fajta*termőrész interakció	0,73	1,67(96,934)	< 0,001

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. Az F értékeket, valamint a szignifikanciaszint értékeit az alábbi táblázatban (15. Táblázat) mutatjuk be:

15. táblázat: A fajta, termőrész típus és évjárat, valamint ezek interakciójának hatása a virágrügy-berakódottsági paraméterekre (VR/cm és VR/nódusz értékekre végzett ANOVA)

	Változó	F(df1,df2)	p
fajta	VR/cm	13,31(12,468)	<0,001
	VR/nódusz	14,77(12,468)	<0,001

évjárata	VR/cm	182,63(2,468)	<0,001
	VR/nódusz	187,39(2,468)	<0,001
termőrész típus	VR/cm	96,78(2,468)	<0,001
	VR/nódusz	21,87(2,468)	<0,001
év*fajta interakció	VR/cm	5,76(24,468)	<0,001
	VR/nódusz	7,2(24,468)	<0,001
év*termőrész interakció	VR/cm	6,94(4,468)	<0,001
	VR/nódusz	19,88(4,468)	<0,001
fajta*termőrész interakció	VR/cm	2,64(24,468)	<0,001
	VR/nódusz	2,57(24,468)	<0,001
év*fajta*termőrész interakció	VR/cm	2,39(48,468)	<0,001
	VR/nódusz	1,6(48,468)	<0,05

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.

6.4.1 Fajtahaszt vizsgálata

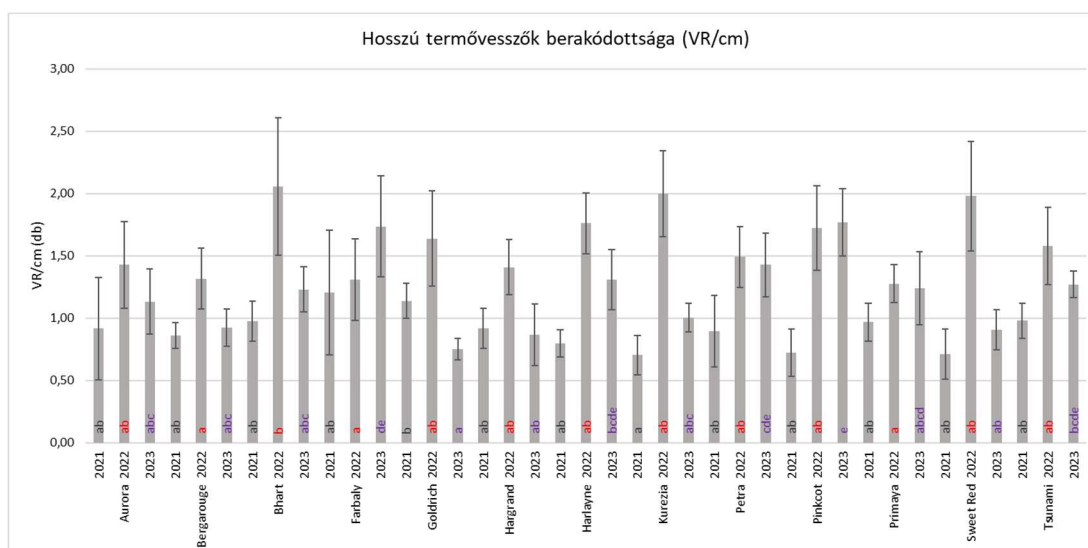
A Tukey-/Games Howell-féle post hoc tesztek alapján mindhárom évben, mindhárom termőrész típus esetén szignifikáns különbségeket tudunk kimutatni a virágrügy berakódottsági paraméterek tekintetében a fajták között, egyetlen kivétel ez alól a 2021. évben a hosszú termővesszők esetén a VR/nódusz paraméter, ahol nem tudunk szignifikáns különbséget kimutatni a fajták között. Az F értékeket, valamint a szignifikanciaszint értékeit az alábbi táblázatban (16. Táblázat) mutatjuk be:

16. táblázat: A fajták hatása a virágrügy-berakódottsági paraméterekre (F értékek és szignifikancia szintek)

Év	Termőrész	Változó	F(df1,df2)	p
2021	HTV	VR/cm	2,09(12,52)	p<0,05
		VR/nódusz	1,8(12,52)	p=0,072
	KHTV	VR/cm	4(12,52)	p<0,001
		VR/nódusz	4,4(12,52)	p<0,001
	Nyárs	VR/cm	2,77(12,52)	p<0,01
		VR/nódusz	2(12,52)	p<0,05
2022	HTV	VR/cm	3,36(12,52)	p<0,01
		VR/nódusz	7,2(12,52)	p<0,001
	KHTV	VR/cm	4,15(12,52)	p<0,001
		VR/nódusz	8,13(12,52)	p<0,001

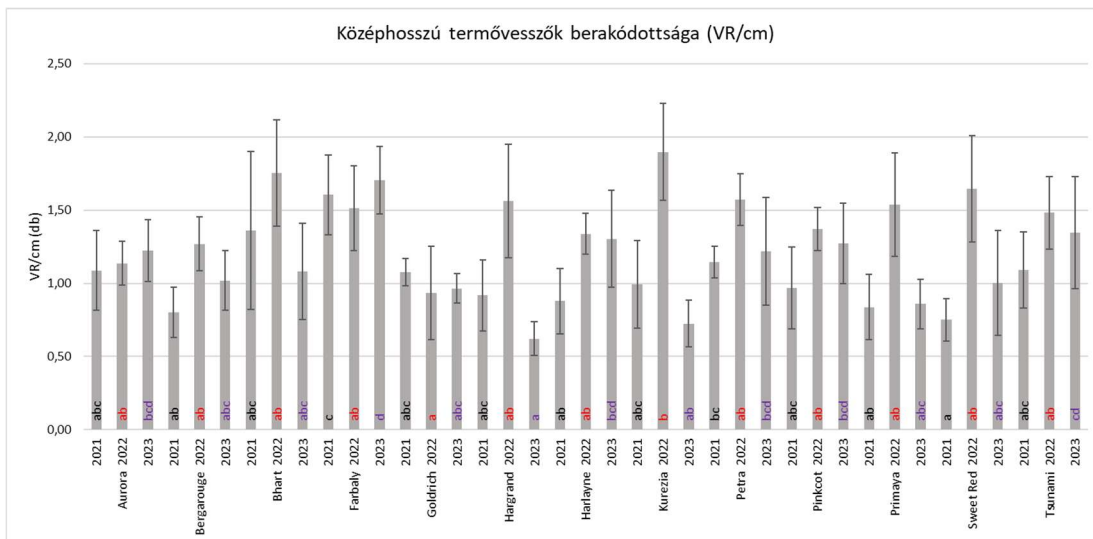
	Nyárs	VR/cm	7,71(12,52)	p<0,001
		VR/nódusz	5,97(12,52)	p<0,001
2023	HTV	VR/cm	9,42(12,52)	p<0,001
		VR/nódusz	4,46(12,52)	p<0,001
	KHTV	VR/cm	5,81(12,52)	p<0,001
		VR/nódusz	3,89(12,52)	p<0,001
	Nyárs	VR/cm	3,88(12,52)	p<0,001
		VR/nódusz	5,57(12,52)	p<0,001

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 (30. ábra).



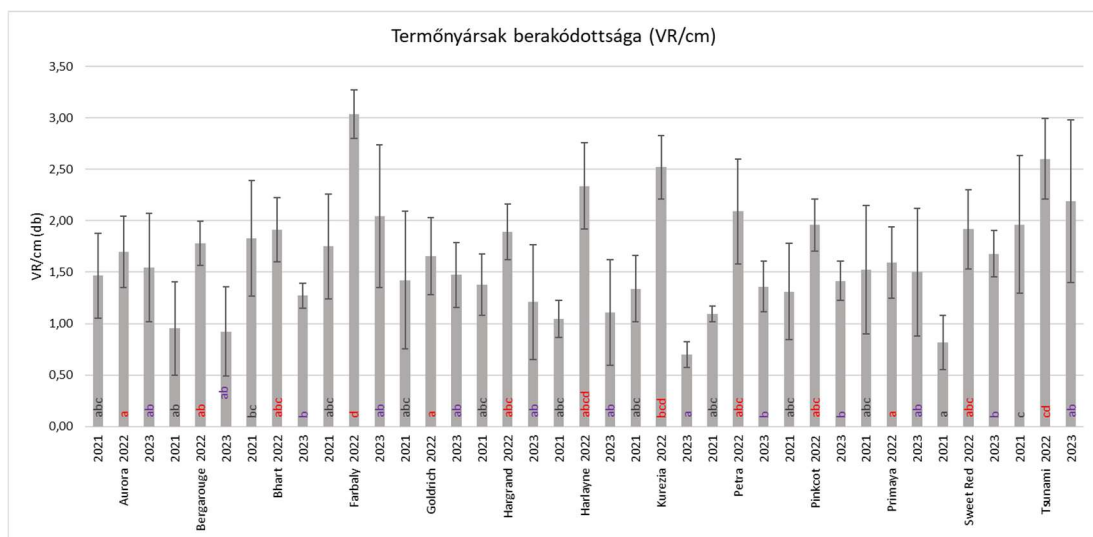
30. ábra: Hosszú termővesszők virágrügy berakódottsága (VR/cm). Az oszlopok magassága a mérések átlagát jelöli, a vonalak a szórást. A különböző betűk a szignifikánsan különböző csoportokat jelölik a Tukey/Games Howell féle post hoc tesztek alapján ($p < 0,05$). (Fekete betűszínnel a 2021. évi mérések,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

A középhosszú termővesszők esetében a virágrügyek centiméterenkénti darabszáma 2021-ben 0,75 ('Sweet Red') és 1,6 ('Farbaly') között, 2022-ben 0,93 ('Goldrich') és 1,9 ('Kurezia') között, míg 2023-ban 0,62 ('Hargrand') és 1,7 ('Farbaly') között változott (31. ábra).



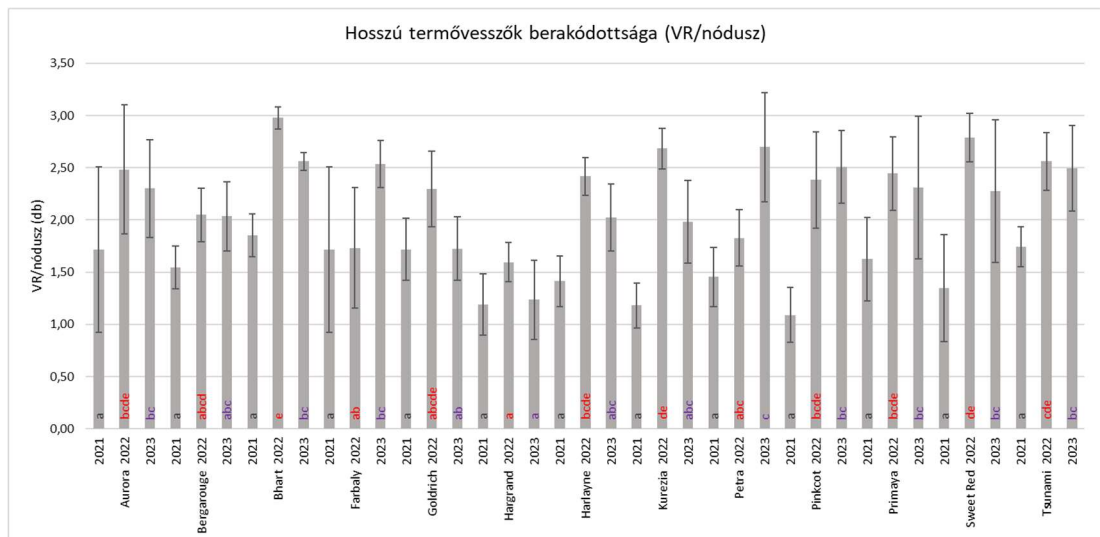
31. ábra: Középhosszú termővesszők virágügy berakódottsága (VR/cm). Az oszlopok magassága a mérések átlagát jelöli, a vonalak a szórást. A különböző betűk a szignifikánsan különböző csoportokat jelölik a Tukey/Games Howell féle post hoc tesztek alapján ($p < 0,05$). (Fekete betűszínnel a 2021. évi mérések,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

A termőnyársak esetében a virágügyek centiméterenkénti darabszáma 2021-ben 0,81 ('Sweet Red') és 1,96 ('Tsunami') között, 2022-ben 1,59 ('Primaya') és 3,04 ('Farbaly') között, míg 2023-ban 0,7 ('Kurezia') és 2,19 ('Tsunami') között változott (32. ábra).



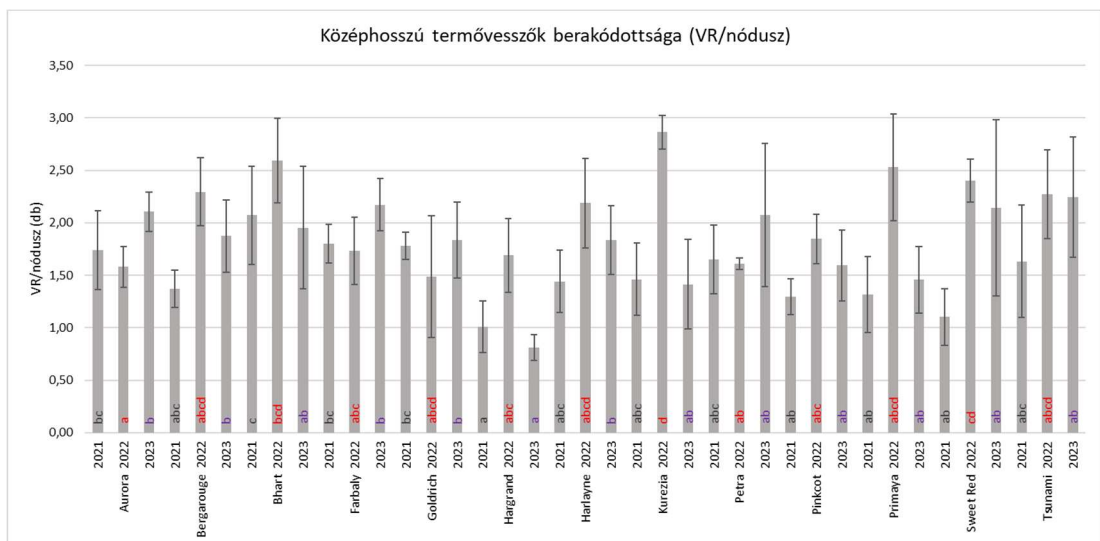
32. ábra: Termőnyársak virágügy berakódottsága (VR/cm). Az oszlopok magassága a mérések átlagát jelöli, a vonalak a szórást. A különböző betűk a szignifikánsan különböző csoportokat jelölik a Tukey/Games Howell féle post hoc tesztek alapján ($p < 0,05$). (Fekete betűszínnel a 2021. évi mérések, piros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

A hosszú termővesszők esetében a virágügyek náduszonkénti darabszáma 2021-ben 1,09 ('Pinkcot') és 1,85 ('Bhart') között, 2022-ben 1,6 ('Hargrand') és 2,98 ('Bhart') között, míg 2023-ban 1,24 ('Hargrand') és 2,7 ('Petra') között változott (33. ábra).



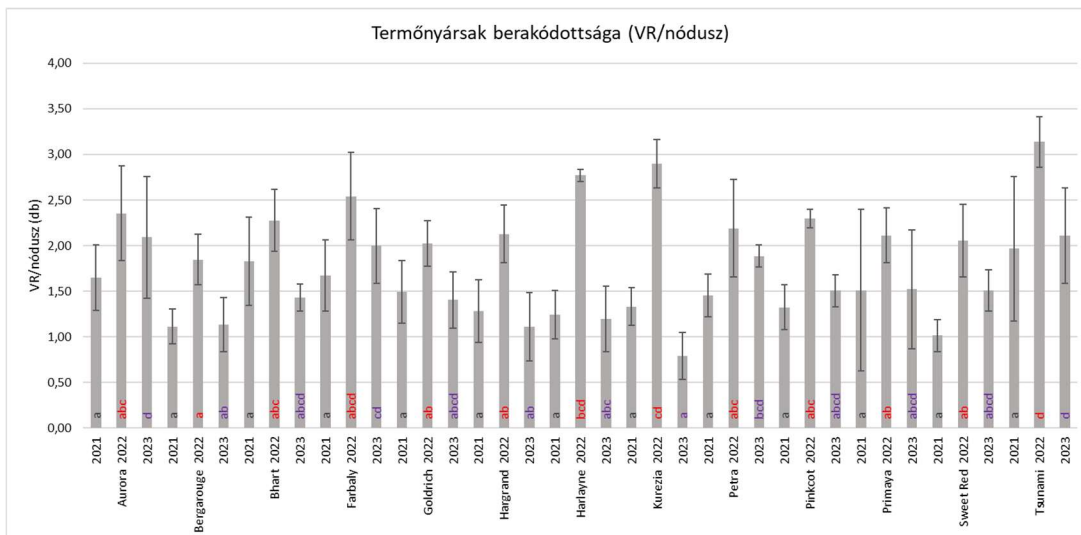
33. ábra: Hosszú termővesszők virágrügy berakódottsága (VR/nódusz). Az oszlopok magassága a mérések átlagát jelöli, a vonalak a szórást. A különböző betűk a szignifikánsan különböző csoportokat jelölik a Tukey/Games Howell féle post hoc tesztek alapján ($p < 0,05$). (Fekete betűszínnel a 2021. évi mérések,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

A középhosszú termővesszők esetében a virágrügyek nóduszonkénti darabszáma 2021-ben 1,01 ('Hargrand') és 2,07 ('Bhart') között, 2022-ben 1,58 ('Aurora') és 2,86 ('Kurezia') között, míg 2023-ban 0,81 ('Hargrand') és 2,25 ('Tsunami') között változott (34. ábra).



34. ábra: Középhosszú termővesszők virágrügy berakódottsága (VR/nódusz). 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 termőnyársak esetében a virágrügyek nóduszonkénti darabszáma 2021-ben 1,02 ('Sweet Red') és 1,97 ('Tsunami') között, 2022-ben 1,85 ('Bergarouge') és 3,14 ('Tsunami') között, míg 2023-ban 0,79 ('Kurezia') és 2,11 ('Tsunami') között változott (35. ábra).



35. ábra: Termőnyársak virágrügy berakódottsága (VR/nódusz). 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 a szignifikánsan kisebb vagy szignifikánsan nem különböző értékekkel rendelkező 'Aurora', 'Bergarouge', 'Primaya', Harlayne és 'Hargrand' fajtákat, illetve kiemelkedőnek bizonyultak a szignifikánsan nagyobb vagy szignifikánsan nem különböző értékekkel rendelkező 'Petra', 'Bhart', 'Pinkcot' és 'Tsunami' fajták. A nóduszonkénti virágrügyek számában a három év adatait és a három termőrész típust együttesen tekintve gyengébb fajtáknak találtuk a szignifikánsan kisebb vagy szignifikánsan nem különböző értékekkel rendelkező 'Primaya' és 'Hargrand' fajtákat, illetve kiemelkedőnek bizonyultak a szignifikánsan nagyobb vagy szignifikánsan nem különböző értékekkel rendelkező 'Bhart', 'Farbaly', 'Goldrich' és 'Tsunami' fajták. A két vizsgált virágrügy-berakódottsági paramétert együttesen vizsgálva a fajtákat öt kategóriába soroltuk (17. táblázat).

17. 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)
Aurora	gyenge	közepes	gyenge
Bergarouge	gyenge	közepes	gyenge
Bhart	jó	jó	nagyon jó
Farbaly	közepes	jó	jó
Goldrich	közepes	jó	jó
Hargrand	gyenge	gyenge	nagyon gyenge
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

6.4.2 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 (18. táblázat).

18. 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

A vizsgált jellemzőkre a faktorok (évjárat, fajta, termőrész típus) interakciója szignifikánsnak bizonyult, így a post-hoc analízis során az évjáráthatást fajtánként és termőrészenként külön elemeztük. A Tukey-/Games Howell-féle post hoc tesztek eredményeit, az F értékeket, valamint a szignifikanciaszint értékeit az alábbi táblázatban (19. táblázat) mutatjuk be, piros betűszínnel kiemelve azokat a változó és faktorkombinációkat, amelyekre nézve az évjárat hatása nem mutatott szignifikáns különbségeket.

19. táblázat: Az évjáratok hatása a virágrügy-berakódottsági paraméterekre (F értékek, szignifikancia szintek és post-hoc csoportosítás)

Fajta	Termőrész	Változó	F(df1,df2)	p	post hoc csoportosítás		
					2021	2022	2023
Aurora	HTV	VR/cm	2,75(2,12)	p=0,1	a	a	a
		VR/nódusz	1,96(2,12)	p=0,18	A	A	A
	KHTV	VR/cm	0,49(2,12)	p=0,63	a	a	a
		VR/nódusz	5,09(2,12)	p<0,05	AB	A	B
	Nyárs	VR/cm	0,37(2,12)	p=0,7	a	a	a
		VR/nódusz	2,26(2,12)	p=0,15	A	A	A
Bergarouge	HTV	VR/cm	9,75(2,12)	p<0,01	a	b	a

		VR/nódusz	5,7(2,12)	p<0,05	A	B	B
	KHTV	VR/cm	7,84(2,12)	p<0,01	a	b	ab
		VR/nódusz	12,47(2,12)	p<0,01	A	B	B
	Nyárs	VR/cm	8,15(2,12)	p<0,01	a	b	a
		VR/nódusz	12,85(2,12)	p<0,01	A	B	A
Bhart	HTV	VR/cm	13,25(2,12)	p<0,01	a	b	a
		VR/nódusz	81,9(2,12)	p<0,001	A	C	B
	KHTV	VR/cm	3,19(2,12)	p=0,08	a	a	a
		VR/nódusz	2,39(2,12)	p=0,13	A	A	A
	Nyárs	VR/cm	4,26(2,12)	p<0,05	ab	b	a
		VR/nódusz	7,26(2,12)	p<0,01	AB	B	A
Farbaly	HTV	VR/cm	2,27(2,12)	p=0,15	a	a	a
		VR/nódusz	3,25(2,12)	p=0,07	A	A	A
	KHTV	VR/cm	0,64(2,12)	p=0,54	a	a	a
		VR/nódusz	4,17(2,12)	p<0,05	AB	A	B
	Nyárs	VR/cm	8,53(2,12)	p<0,01	a	b	a
		VR/nódusz	5,22(2,12)	p<0,05	A	B	AB
Goldrich	HTV	VR/cm	16,94(2,12)	p<0,001	a	b	a
		VR/nódusz	5,25(2,12)	p<0,05	A	B	A
	KHTV	VR/cm	0,68(2,12)	p=0,52	a	a	a
		VR/nódusz	1,09(2,12)	p=0,37	A	A	A
	Nyárs	VR/cm	0,32(2,12)	p=0,73	a	a	a
		VR/nódusz	6,14(2,12)	p<0,05	A	B	A
Hargrand	HTV	VR/cm	9,95(2,12)	p<0,01	a	b	a
		VR/nódusz	2,82(2,12)	p=0,1	A	A	A
	KHTV	VR/cm	15,66(2,12)	p<0,001	a	b	a
		VR/nódusz	15,96(2,12)	p<0,001	A	B	A
	Nyárs	VR/cm	3,98(2,12)	p<0,05	ab	b	a
		VR/nódusz	12,31(2,12)	p<0,01	A	B	A
Harlayne	HTV	VR/cm	26,97(2,12)	p<0,001	a	b	c
		VR/nódusz	19,76(2,12)	p<0,001	A	B	B
	KHTV	VR/cm	5,49(2,12)	p<0,05	a	b	b
		VR/nódusz	5,5(2,12)	p<0,05	A	B	AB
	Nyárs	VR/cm	16,97(2,12)	p<0,001	a	b	a
		VR/nódusz	59,53(2,12)	p<0,001	A	B	A

Kurezia	HTV	VR/cm	43,94(2,12)	$p < 0,001$	a	b	a
		VR/nódusz	35,23(2,12)	$p < 0,001$	A	C	B
	KHTV	VR/cm	25,19(2,12)	$p < 0,001$	a	b	a
		VR/nódusz	31,41(2,12)	$p < 0,001$	A	B	A
	Nyárs	VR/cm	59,64(2,12)	$p < 0,001$	b	c	a
		VR/nódusz	100,01(2,12)	$p < 0,001$	B	C	A
Petra	HTV	VR/cm	7,67(2,12)	$p < 0,01$	a	b	b
		VR/nódusz	14,35(2,12)	$p < 0,01$	A	A	B
	KHTV	VR/cm	4,4(2,12)	$p < 0,05$	a	b	ab
		VR/nódusz	1,71(2,12)	$p = 0,22$	A	A	A
	Nyárs	VR/cm	12,06(2,12)	$p < 0,01$	a	b	a
		VR/nódusz	5,79(2,12)	$p < 0,05$	A	B	AB
Pinkcot	HTV	VR/cm	23,31(2,12)	$p < 0,001$	a	b	b
		VR/nódusz	23,06(2,12)	$p < 0,001$	A	B	B
	KHTV	VR/cm	3,76(2,12)	$p < 0,05$	a	a	a
		VR/nódusz	5,78(2,12)	$p = 0,05$	A	A	A
	Nyárs	VR/cm	5,69(2,12)	$p < 0,05$	a	b	ab
		VR/nódusz	39,6(2,12)	$p < 0,001$	A	B	A
Primaya	HTV	VR/cm	3,23(2,12)	$p = 0,076$	a	a	a
		VR/nódusz	3,89(2,12)	$p = 0,05$	A	A	A
	KHTV	VR/cm	11,65(2,12)	$p < 0,01$	a	b	a
		VR/nódusz	13,42(2,12)	$p < 0,01$	A	B	A
	Nyárs	VR/cm	0,04(2,12)	$p = 0,96$	a	a	a
		VR/nódusz	1,36(2,12)	$p = 0,29$	A	A	A
Sweet Red	HTV	VR/cm	26,95(2,12)	$p < 0,001$	a	b	a
		VR/nódusz	10,2(2,12)	$p < 0,01$	A	B	B
	KHTV	VR/cm	11,35(2,12)	$p < 0,01$	a	b	a
		VR/nódusz	8,63(2,12)	$p < 0,01$	A	B	B
	Nyárs	VR/cm	18,64(2,12)	$p < 0,001$	a	b	b
		VR/nódusz	16,78(2,12)	$p < 0,001$	A	C	B
Tsunami	HTV	VR/cm	10,65(2,12)	$p < 0,01$	a	b	ab
		VR/nódusz	10,96(2,12)	$p < 0,01$	A	B	B
	KHTV	VR/cm	2,14(2,12)	$p = 0,16$	a	a	a
		VR/nódusz	2,5(2,12)	$p = 0,12$	A	A	A
	Nyárs	VR/cm	1,28(2,12)	$p = 0,31$	a	a	a

		VR/nódusz	6,21(2,12)	p<0,05	A	B	A
--	--	-----------	------------	--------	---	---	---

Az eredményeket nézve elmondható, hogy egyes fajták az évjárathatásra eltérő mértékben reagálnak. Legkevésbé érzékenyek 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 évjárathatást mértünk, ezek a fajták voltak a legérzékenyebbek.

A két vizsgált paramétert tekintve elmondható, hogy az évjárathatás mindkét paramétert ugyanolyan mértékben érintette, a centiméterenkénti virágrügyek darabszámában az esetek 69%-ban, míg a nóduszonkénti virágrügyek darabszámában az esetek 72%-ban tapasztaltunk szignifikáns évjárathatást.

A termőrészeket vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy az évjárathatása a termőnyársakat érintette a leginkább, az esetek 79%-ban mértünk szignifikáns különbségeket, a hosszú termővesszőknél ez az arány 73% volt, míg a legkevésbé a középhosszú termővesszőket érintette, az esetek 62%-ban.

Az éveket összehasonlítva azt láttuk, hogy az esetek 29%-ban nem volt szignifikáns hatása az évjárathatásnak a virágrügy-berakódottsági paraméterekre. Összességében 2021-ben volt a legkevesebb virágrügy a termőrészeken, az esetek 23%-ban szignifikánsan kevesebb mint 2023-ban, és az esetek 65%-ban szignifikánsan kevesebb mint 2022-ben. Virágrügy-berakódottság tekintetében 2022 kiemelkedően jó év volt, az esetek 40%-ban szignifikánsan több virágrügy képződött a termőrészeken mint 2023-ban.

6.4.3 A termőrész-típusok hatásának vizsgálata

A vizsgált virágrügy-berakódottsági jellemzőkre a faktorok (évjárathatás, fajta, termőrész típus) interakciója szignifikánsnak bizonyult, így a post-hoc analízis során a termőrészek típusának hatását fajtánként és évjárathatásonként külön elemeztük. A Tukey-/Games Howell-féle post hoc tesztek eredményeit, az F értékeket, valamint a szignifikanciaszint értékeit az alábbi táblázatban (20. táblázat) mutatjuk be, piros betűszínnel kiemelve azokat a változó és faktorkombinációkat, amelyeknél a termőrész típusának hatása nem okozott szignifikáns különbségeket.

20. táblázat: A termőrész-típusok hatása a virágrügy-berakódottsági paraméterekre (F értékek, szignifikancia szintek és post-hoc csoportosítás)

Fajta	Évjárat	Változó	F(df1,df2)	p	post hoc csoportosítás		
					HTV	KHTV	Nyárs
Aurora	2021	VR/cm	2,86(2,12)	p=0,1	a	a	a
		VR/nódusz	0,04(2,12)	p=0,96	A	A	A
	2022	VR/cm	4,5(2,12)	p<0,05	ab	a	b
		VR/nódusz	5,2(2,12)	p<0,05	B	A	AB
	2023	VR/cm	1,8(2,12)	p=0,2	a	a	a
		VR/nódusz	0,3(2,12)	p=0,75	A	A	A
Bergarouge	2021	VR/cm	0,35(2,12)	p=0,71	a	a	a
		VR/nódusz	6,44(2,12)	p<0,05	B	AB	A

	2022	VR/cm	8,62(2,12)	p<0,01	a	a	b
		VR/nódusz	3,06(2,12)	p=0,01	A	A	A
	2023	VR/cm	0,18(2,12)	p=0,84	a	a	a
		VR/nódusz	10,89(2,12)	p<0,01	B	B	A
Bhart	2021	VR/cm	4,34(2,12)	p<0,05	a	ab	b
		VR/nódusz	0,54(2,12)	p=0,6	A	A	A
	2022	VR/cm	0,65(2,12)	p=0,54	a	a	a
		VR/nódusz	6,34(2,12)	p<0,05	B	AB	A
	2023	VR/cm	0,96(2,12)	p=0,41	a	a	a
		VR/nódusz	12,99(2,12)	p<0,01	B	A	A
Farbaly	2021	VR/cm	2,03(2,12)	p=0,17	a	a	a
		VR/nódusz	0,08(2,12)	p=0,92	A	A	A
	2022	VR/cm	54,19(2,12)	p<0,001	a	a	b
		VR/nódusz	4,89(2,12)	p<0,05	A	A	B
	2023	VR/cm	0,76(2,12)	p=0,49	a	a	a
		VR/nódusz	3,97(2,12)	p<0,05	B	AB	A
Goldrich	2021	VR/cm	1,08(2,12)	p=0,37	a	a	a
		VR/nódusz	1,53(2,12)	p=0,25	A	A	A
	2022	VR/cm	6,54(2,12)	p<0,05	b	a	b
		VR/nódusz	4,82(2,12)	p<0,05	B	A	AB
	2023	VR/cm	17,56(2,12)	p<0,001	a	a	b
		VR/nódusz	2,33(2,12)	p=0,14	A	A	A
Hargrand	2021	VR/cm	6,01(2,12)	p<0,05	a	a	b
		VR/nódusz	1,07(2,12)	p=0,37	A	A	A
	2022	VR/cm	3,33(2,12)	p=0,07	a	a	a
		VR/nódusz	4,66(2,12)	p<0,05	A	AB	B
	2023	VR/cm	3,4(2,12)	p=0,07	a	a	a
		VR/nódusz	2,39(2,12)	p=0,13	A	A	A
Harlayne	2021	VR/cm	2,59(2,12)	p=0,12	a	a	a
		VR/nódusz	0,79(2,12)	p=0,47	A	A	A
	2022	VR/cm	14,88(2,12)	p<0,01	a	a	b
		VR/nódusz	5,87(2,12)	p<0,05	AB	A	B
	2023	VR/cm	0,44(2,12)	p=0,65	a	a	a
		VR/nódusz	8,33(2,12)	p<0,01	B	B	A
Kurezia	2021	VR/cm	6,93(2,12)	p<0,05	a	ab	b

		VR/nódusz	1,46(2,12)	p=0,27	A	A	A
	2022	VR/cm	5,2(2,12)	p<0,05	ab	a	b
		VR/nódusz	1,45(2,12)	p=0,27	A	A	A
	2023	VR/cm	7,93(2,12)	p<0,01	b	a	a
		VR/nódusz	13,22(2,12)	p<0,01	B	B	A
Petra	2021	VR/cm	2,6(2,12)	p=0,11	a	a	a
		VR/nódusz	0,83(2,12)	p=0,46	A	A	A
	2022	VR/cm	4,49(2,12)	p<0,05	a	ab	b
		VR/nódusz	3,57(2,12)	p=0,06	A	A	A
	2023	VR/cm	0,64(2,12)	p=0,54	a	a	a
		VR/nódusz	3,58(2,12)	p=0,06	A	A	A
Pinkcot	2021	VR/cm	3,88(2,12)	p=0,05	a	a	a
		VR/nódusz	1,53(2,12)	p=0,25	A	A	A
	2022	VR/cm	6,52(2,12)	p<0,05	ab	a	b
		VR/nódusz	4,51(2,12)	p<0,05	B	A	AB
	2023	VR/cm	5,29(2,12)	p<0,05	b	a	ab
		VR/nódusz	17,46(2,12)	p<0,001	B	A	A
Primaya	2021	VR/cm	4,33(2,12)	p<0,05	ab	a	b
		VR/nódusz	0,34(2,12)	p=0,72	A	A	A
	2022	VR/cm	1,6(2,12)	p=0,24	a	a	a
		VR/nódusz	1,55(2,12)	p=0,25	A	A	A
	2023	VR/cm	3,1(2,12)	p=0,08	a	a	a
		VR/nódusz	3,4(2,12)	p=0,07	A	A	A
Sweet Red	2021	VR/cm	0,33(2,12)	p=0,72	a	a	a
		VR/nódusz	1,2(2,12)	p=0,33	A	A	A
	2022	VR/cm	1(2,12)	p=0,39	a	a	a
		VR/nódusz	7,86(2,12)	p<0,01	B	AB	A
	2023	VR/cm	12,94(2,12)	p<0,01	a	a	b
		VR/nódusz	2,08(2,12)	p=0,17	A	A	A
Tsunami	2021	VR/cm	8,12(2,12)	p<0,01	a	a	b
		VR/nódusz	0,45(2,12)	p=0,64	A	A	A
	2022	VR/cm	18,65(2,12)	p<0,001	a	a	b
		VR/nódusz	8,7(2,12)	p<0,01	A	A	B
	2023	VR/cm	5,04(2,12)	p<0,05	a	ab	b
		VR/nódusz	0,74(2,12)	p=0,5	A	A	A

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.

Az eredményeket a fajták szempontjából elemezve megfigyelhetjük, hogy a virágrügy-berakódottsági jellemzők az egyes termőrész típusokon fajtától függően különbözően alakulnak. Egyes fajták termőrészeinek virágrügy-berakódottságában kisebb mértékű, az esetek többségében (83%) nem szignifikáns különbségeket mértünk ('Petra' és 'Primaya'), míg más fajták esetében ('Kurezia', 'Pinkcot' és 'Tsunami') ezek a különbségek többségében (67%) szignifikánsak.

Az évjáratokat összehasonlítva azt tapasztaltuk, hogy a termőrészek hatása a virágrügy-berakódottsági paraméterekre évjáratonként erősen különböző volt, 2021-ben az esetek 23%-ban mértünk szignifikáns különbséget, 2022-ben ez az arány 69% volt, míg 2023-ban 42%.

A termőrészeket összehasonlítva azt tapasztaltuk, hogy a centiméterenkénti virágrügyek számát tekintve a termőnyársaknál az esetek 44%-ban szignifikánsan magasabb értéket kaptunk, mint a hosszú- és középhosszú termővesszőknél. Ezzel ellentétben a nóduszonkénti virágrügyek számát tekintve a hosszú termővesszőknél tapasztaltunk szignifikánsabb magasabb értékeket, az esetek 31%-ban.

6.4.4 A virágrügy-berakódás eredményeinek megvitatása

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

A mérési módszertan nagy változatosságot mutat. Egyes kutatásokban virágrügyek sűrűségét a virágrügyek darabszámának és a termőrész metszetének négyzetcentiméterre vetített hányadosával adják meg (Albuquerque et al., 2004), de a legtöbb esetben hozzánk hasonlóan a termőrész hosszának egy centiméterére vetített rügyek darabszámával (Thurzó et al., 2006; Szabó et al., 2010). Emellett a kísérletünkben a virágrügyek nóduszonkénti darabszámával is jellemeztük a fajtákat, ami ritkábban fordul elő a szakirodalomban (Reig et al., 2006; Werner et al. 1988). A termőrészek osztályozása minden esetben a termőrészek hossza alapján történik, de az osztályok kialakítása eltérő lehet (Szabó et al., 2010; Julian et al., 2010).

A kísérletünkben szignifikáns különbségeket találtunk az egyes kajszifajták 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 évjáratok közötti hatás egyes fajtákat jobban, másokat kevésbé érintett, amit korábbi kutatásokban mások is hasonlóképpen tapasztaltak (Szabó et al., 2010). Ezzel szemben Albuquerque és munkatársai számottevő évjáratot nem mértek (Albuquerque et al., 2004), azzal a megjegyzéssel, hogy a kísérleti évek között minden évben gyümölcsritkítást végeztek, így az évjárat okozta különbségeket a gyümölcssterhelésben ezzel kiegyenlítették.

A termőrészeket összehasonlítva korábbi kutatásokkal összhangban (Mészáros et al., 2020; Albuquerque et al., 2003) azt tapasztaltuk, hogy a rövid termőrészekben a

centiméterenkénti rügyek száma általában magasabb, de egyes fajták esetében a hosszabb termővesszők rakódhatnak be jobban (Thurzó et al., 2006). Ha azonban náduszokra vetítjük a virágrügyek darabszámát, akkor általában a hosszabb termővesszők esetében kapunk nagyobb értékeket.

7 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 lehűlésekkel, 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, akárcsak más mérsékelt égövi gyümölcsfajok esetében. Magyarország egyes területei alkalmasak a kajszitermesztésre, azonban a kajszi 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 fagyűrőségéről, amelyeket a fajtaleírásokba is be kell építeni.

A vizsgálatainkban szereplő fajtákat fagyűrő képességük szerint csoportosítva azt mondhatjuk, hogy az erős fagyérzékenységű '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 leghalványabb '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 vizsgálati alapján azt tapasztaltuk, hogy a vizsgált fajták virágzásának kezdete az évjárártól 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 termőrészekon később induló virágnylás 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 terméshozási 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. Emelett a fagyűrő fajták között a virágrügy-berakódottsági paramétereit a legjobbnak találtuk. Jó termésbiztonságúnak találtuk még a 'Kurezia', 'Rózsakajsz 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.

8 ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

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

9 ÖSSZEFOGLALÁS

A kajszi (*Prunus armeniaca* L.) melegigényes csonthéjas gyümölcsfaj, melynek Kína területén található elsődleges géncentruma, a Közel-Keleti régióba és Európába kb. 2000 évvel ezelőtt hozták be kereskedők. Ma már a világon sokfelé termesztik, Magyarországon is több évszázados hagyománya van a termesztésének. A világ össztermelése a 2000-es évek óta fokozatosan növekszik. Törökország a legnagyobb termelő a világon, emellett a Közel-Keleti régió több országában és Nyugat-Európa egyes országaiban kiemelkedő még az éves termés mennyiség. Gyümölcse alacsony energiataralom mellett magas rosttartalommal bír, jelentős mennyiségben tartalmaz vitaminokat, mikro- és makroelemeket.

Hazánkban a kajszi nem tartozik a könnyen termesztendő gyümölcsfajok közé, 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 fagyűrő 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. A fajtaválaszték folyamatos felülvizsgálatra, fejlesztésre, bővítésre szorul, amiben legnagyobb szerepe a felgyorsult nemzetközi fajtaelőállítás mellett a külföldön nemesített új kajszifajták honosításának van, kisebb mértékben pedig a hazai nemesítésnek. Olyan fajtákkal kell bővíteni a fajtaválasztékot, melyek jó fagyűrősűek, hosszú mélynyugalmúak, késői virágzásúak, így termésbiztonságuk megfelelő a hazai ökológiai viszonyok között is.

A fentiek fényében célul tűztük ki külföldi eredetű, már termesztésben lévő kajszifajták fagyűrősének, mikrosporogenezisük ütemének, virágzásának, illetve a termőrészek virágrügy-berakódottságának vizsgálatát. Kutatómunkánk alapját a MATE soroksári tangazdaságának fajtagyűjteménye, valamint laboratóriumi képezték.

Mesterséges fagyasztásos kísérleteinkben a fajták genetikai képességein kívül minden egyéb tényezőt igyekeztünk kizárni, és mindegyik fajtára meghatároztunk egy fagyűrési profilt a mesterséges fagyasztásos vizsgálatok során kapott LT_{50} értékek alapján. Az áttelelő szervek fagyűrése fokozatosan erősödött az edződés időszakában, és december végére, január elejére érte el a maximumát, majd a kényszernyugalmi időszakban fokozatosan csökkent. Az egyes fajták virágrügyeinek LT_{50} -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 enyhe téli időjárás hatására a fajták virágrügyei nem érték el a genetikailag lehetséges fagyűrési szintet. 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. Az októberi időszakban, az edződési folyamat első felében, akárcsak a február végi időszakban, az edzettségi állapot elvesztése során is azt tapasztaltuk, hogy az LT_{50} értékek különbségei kisebbek az enyhe teleken. Jelentős különbségeket találtunk a fajták fagyűrősének alakulásában. A vizsgált fajták közül kiemelkedő fagyűrőréssel a 'Rózsakajszi C.1406', a 'Kurezia' és a 'Harlayne' fajták rendelkeztek, a többi közepesen fagyűrőnek, illetve fagyérzékenynek bizonyult.

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.

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. Vizsgálati eredményeink alapján sorrendbe állítottuk a vizsgált fajtákat mikrosporogenezisük üteme szempontjából, ami egyben a terméshozást jelző sorrendnek is tekinthető. Bár a statisztikai elemzés szignifikáns fajtatahatást nem mutatott a mikrosporogenezis folyamat egyes stádiumainak, illetve a teljes folyamat hosszát tekintve, 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, mint a 'Farbaly', 'Harlayne' és 'Rózsakajszi C.1406', ez éppen ellenkezőleg történt, az összes stádium időben később zajlott le.

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. 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 fajtákat virágzási idő szerint sorba rendezve és a négy év virágzási idejét összehasonlítva azt tapasztaltuk, hogy a fajták virágzási idejének sorrendje évjárattól 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 évjárattól függően esetenként korán, máskor középidejűben nyíltak a virágaik. Stablan középidejű virágzású fajták voltak a 'Magyar kajszi C.235', a 'Hargrand' és 'Harogem', míg középidejű vagy kései virágzásúak voltak évjárattól függően a 'Kuresia' és a 'Harlayne' fajták. Mindig kései virágzásúak voltak a 'Rózsakajszi 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.

A kajszifajták virágrügy-berakódottsága szintén kiemelkedő fontosságú tényező a terméshozás, a terméshozás, valamint az esetleges fagykár mértékének szempontjából, és ezek által fontos tényező a fajta értékének megítélésében. A mérési módszertan nagy változatosságot mutat, a virágrügy-berakódottság mértékét legtöbb esetben hozzánk hasonlóan a termőrész hosszának egy centiméterére vetített rügyek darabszámával adják meg, emellett mi a kísérletünkben a virágrügyek nóduszonkénti darabszámával is jellemeztük a fajtákat. A kísérletünkben szignifikáns különbségeket találtunk az egyes kajszi genotípusok virágrügy-berakódottsági értékeiben, melyet korábbi kísérletekben hasonlóképpen kimutattak már más csonthéjas fajknál is. 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 nóduszonkénti 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. Szintén szignifikáns különbségeket mértünk az évjáratok között, valamint azt is megfigyeltük, hogy ez az évjárathatás egyes fajtákat jobban, másokat kevésbé érintett. A termőrészeket összehasonlítva korábbi kutatásokkal összhangban azt tapasztaltuk, hogy a rövid termőrészeken a centiméterenkénti rügyek száma általában magasabb, de egyes fajták esetében a hosszabb termővesszők rakódhatnak be jobban. Ha azonban nóduszokra vetítjük a virágrügyek darabszámát, akkor általában a hosszabb termővesszők esetében kapunk nagyobb értékeket.

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. Emelett 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.

10 SUMMARY

Apricot (*Prunus armeniaca* L.) is a heat-loving stone fruit species, the primary gene center of which is located in China, and was introduced to the Middle East and Europe by traders about 2000 years ago. Today, it is cultivated in many parts of the world, and Hungary also has a centuries-old tradition of cultivation. The total world production has been gradually increasing since the 2000s. Turkey is the largest producer in the world, and the annual yield is outstanding in several countries of the Middle East and some countries of Western Europe. Its fruit has a low energy content, high fiber content, and contains significant amounts of vitamins, micro- and macroelements. In Hungary, apricot production has challenges, and we can only grow it economically in certain growing areas, primarily due to its poor ecological adaptability and sensitivity to frost. Its yield security is largely determined by frost damage, which is now caused less by winter frosts than by spring frosts. Therefore, the frost tolerance of overwintering organs, primarily flower buds, is one of the most important aspects of evaluating apricot varieties. In Hungary, due to the incorrect choice of the location of plantations and the inadequate composition of the variety lines, yield losses are common and the annual total yield fluctuates greatly from year to year. The variety selection needs continuous review, development and expansion, in which the greatest role is played by the naturalization of new apricot varieties bred abroad, in addition to the accelerated international variety production, and to a lesser extent by domestic breeding. The variety selection should be expanded with varieties that are frost-tolerant, have a long dormancy period, and bloom late, so that their yield security is adequate even under domestic ecological conditions.

In light of the above, we set the goal of investigating the frost tolerance, microsporogenesis rate, flowering, and flower bud density of foreign apricot varieties that seemed promising for cultivation. The basis of our research work was the variety collection in Soroksár and laboratories of MATE.

In our artificial freezing experiments, we tried to exclude all other factors besides the genetic capabilities of the varieties, and we determined a frost tolerance profile for each variety based on the LT₅₀ values obtained during the artificial freezing tests. The frost tolerance of the overwintering organs gradually increased during the hardening period, and reached its maximum by the end of December and the beginning of January, and then gradually decreased during the ecodormancy period. The LT₅₀ values of the flower buds of the individual varieties were different in each study year, which shows the significant role of temperature in the development and loss of hardening, and thus in the changes in the frost tolerance of the varieties. Due to the mild winter weather, the flower buds of the varieties did not reach the genetically possible frost tolerance level. Apricot flower buds can survive very low temperatures, even below -25°C, but this requires a harsh winter without major temperature fluctuations, which is suitable for the gradual, strong hardening of the flower buds. In the October period, in the first half of the hardening process, as well as in the late February period, during the loss of the hardening, we experienced that the differences in LT₅₀ values were smaller in mild winters. We found significant differences in the development of frost tolerance of the varieties. Among the varieties examined, the 'Rózsakajsi C.1406', 'Kurezia' and 'Harlayne' had outstanding frost tolerance, while the others proved to be moderately frost-tolerant or frost-sensitive.

The development of flower buds during the winter dormancy period can be well monitored by examining the process of microsporogenesis. The course of microsporogenesis is also genetically determined, like all phenological processes, but it is significantly affected by environmental factors, especially temperature. This is the reason for the significant differences between individual years, which was also confirmed by our experimental results. Based on the studies of the past three decades,

increasingly mild winters also delay the end of the endodormancy period, but during ecodormancy, the process of microsporogenesis accelerates, the transition between the individual stages is shortened, and overall it leads to earlier flowering. Based on our study results, we ranked the examined varieties in terms of their rate of microsporogenesis, which can also be considered an order indicating yield safety. Although the statistical analysis did not show a significant variety effect regarding the length of individual stages of the microsporogenesis process or the length of the entire process, when examining the varieties, we observed that the sequence of microsporogenesis of each variety was almost the same in all three years. In the case of early-flowering varieties, such as 'Sweet Red', 'Aurora', 'Petra' and 'Primaya', all stages of microsporogenesis began and ended earlier than in the case of the other varieties, and in the case of late-flowering varieties, such as 'Farbaly', 'Harlayne' and 'Rózsakajszai C.1406', the opposite was true, all stages occurred later in time.

Knowing the flowering time is equally important for determining site suitability and for planning variety composition. Early-flowering varieties should not be planted in frosty growing areas, and for self-sterile varieties, a pollen-producing variety from the same flowering time group should be chosen. Based on the results of studies conducted on 16 varieties in Soroksár over four years, significant differences could be detected between the years even in this short period. According to the literature, the order of flowering time of the varieties is generally constant, but our results did not confirm this. The order of flower opening of the varieties was not completely identical in different years. By arranging the varieties in order of flowering time and comparing the flowering times of the four years, we found that the order of flowering time of the varieties changed slightly depending on the year. The flowering of 'Sweet Red' began the earliest every year, but the varieties 'Primaya', 'Aurora', 'Goldrich' and 'Tsunami' also bloomed early every year. The variety 'Petra' bloomed very early between 2020 and 2022, but in 2023 it began to bloom together with the mid-flowering varieties. The varieties 'Bergarouge', 'Bhart' and 'Pinkcot' sometimes bloomed early and sometimes mid-season, depending on the year. The varieties with stable mid-season flowering were 'Magyar kajszai C.235', 'Hargrand' and 'Harogem', while the varieties 'Kuresia' and 'Harlayne' had mid-season or late flowering, depending on the year. The varieties 'Rózsakajszai C.1406' and 'Farbaly' always bloomed late. We observed a negative correlation between the start of flowering and the total duration of flowering; in the two years (2020, 2023) when flowering started earlier, the duration of flowering was longer compared to the other two years.

The flower bud density of apricot varieties is also an extremely important factor in terms of yield, yield security, and the extent of possible frost damage, and therefore an important factor in assessing the value of the variety. The measurement methodology shows great diversity; in most cases, the flower bud density is given by the number of buds per centimeter of the length of the fruiting shoot, similarly to ours, and in our experiment, we also characterized the varieties by the number of flower buds per node. In our experiment, we found significant differences in the flower bud density values of the individual apricot genotypes, which has been similarly demonstrated in previous experiments for other stone fruit species. In terms of the number of flower buds per centimeter, considering the data of the three years and the three fruiting shoot types together, we found the varieties 'Aurora', 'Bergarouge', 'Primaya', 'Harlayne' and 'Hargrand' to be weaker varieties, and the varieties 'Petra', 'Bhart', 'Pinkcot' and 'Tsunami' to be outstanding. In terms of the number of flower buds per node, considering the data of the three years and the three fruiting shoot types together, we found the varieties 'Primaya' and 'Hargrand' to be weaker varieties, and the varieties 'Bhart', 'Farbaly', 'Goldrich' and 'Tsunami' to be outstanding. By examining the two examined flower bud density parameters together, we classified the

varieties into five categories. We also measured significant differences between the years, and we also observed that the year effect affected some varieties more and others less. Comparing the fruiting shoot types, we found that the number of buds per centimeter is generally higher on short fruiting shoots, but in the case of some varieties, longer fruiting shoots can set better. However, if we look at the number of flower buds per node, we generally get higher values for longer fruiting shoots.

Overall, based on our test results, the factors influencing the yield security of the varieties, the frost tolerance profile, the time of end of endodormancy, the flowering time and the degree of flower bud density, we found the 'Farbaly' variety to be an outstanding variety. It comes out of endodormancy the latest, it flowers the latest, and its frost tolerance values were also found to be good. In addition, among the frost-tolerant varieties, we found its flower bud density parameters to be the best. We also found the varieties 'Kurezia', 'Rózsakajsz C.1406' and 'Harogem' to have good yield security, and their values also proved to be adequate for all tested parameters. Based on the test results, the varieties not recommended for planting are the varieties 'Sweet Red', 'Tsunami', 'Primaya' and 'Aurora' due to their increased frost sensitivity, shorter endodormancy period and early flowering. We recommend planting the other tested varieties with increased caution.

11 MELLÉKLETEK

M.1 Irodalomjegyzék

AHMAD, R., POTTER, D., SOUTHWICK és S.M. (2004): Identification and characterization of plum and pluot cultivars by microsatellite markers. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(1) p. 164-169. DOI: [10.1080/14620316.2004.11511743](https://doi.org/10.1080/14620316.2004.11511743)

AKPINAR, A., KOCAL, H., ERGÜL, A., KAZAN, K., SELLI, M., BAKIR, M., ASLANTAS, S., KAYMAK és S., SARIBAS R. (2010): SSR-based molecular analysis of economically important Turkish apricot cultivars. *Genetics and Molecular Research*, 9(1) p. 324–332. DOI: 10.4238/vol9-1gmr727

ALBURQUERQUE, N., BURGOS, L. és EGEEA, J. (2003). Apricot flower bud development and abscission related to chilling, irrigation and type of shoots. *Scientia Horticulturae*, 98(3) p. 265-276.

ALBURQUERQUE, N., BURGOS, L. és EGEEA, J. (2004): Influence of flower bud density, flower bud drop and fruit set on apricot productivity. *Scientia Horticulturae*, 102(4) p. 397-406. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.05.003>.

AL-SUWAID, I., STĂNICĂ, F., BUTCARU, A., MIHAI, C., és GHASHEEM, N. A. (2022): An overview of apricot breeding programs focused on production improvement, field resistance and high-quality fruits. *Scientific Papers. Series B. Horticulture*, 66 (2) p. 19-30.

ANDREINI, L., CORTAZAR-ATAURI, I. G., CHUINE, I., VITI, R., BARTOLINI, S., RUIZ, D., CAMPOY, J. A., LEGAVE, J. M., AUDERGON, J. M. és BERTUZZI, P. (2014): Understanding dormancy release in apricot flower buds (*Prunus armeniaca* L.) using several process-based phenological models. *Agricultural and Forest Meteorology*, 184 p. 210-219.

ASMA, B. M. (2012): A new early-ripening apricot, ‘Dilbay’. *American Society for Horticultural Science*, 47(9), p. 1367-1368.

ASMA, B. M., MURATHAN, Z. T., KAN, T., KARAAT, F. E., BIRHANLI, O. és ERDOĞAN, A. (2018): ‘Eylul’: A new late ripening apricot cultivar for fresh market. *American Society for Horticultural Science*, 53(6), p. 902-903.

ASMA, B. M. (2024): New late ripening apricot genotypes from a multipurpose apricot breeding programme in Turkey. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 54(1) p. 34–38. doi: 10.17221/159/2016-CJGPB

ATAGUL, O., CALLE, A., DEMIREL, G., LAWTON, J. M., BRIDGES, W. C. és GASIC, K. (2022): Estimating heat requirement for flowering in peach germplasm. *Agronomy*, 12, 1002.

ATAM, E., ABDELMAGUID, T. F., KESKIN, M. E. és KERRIGAN, E. C. (2021): A hybrid green energy-based system with a multi-objective optimization approach for optimal frost prevention in horticulture. *Journal of Cleaner Production*, 329, 129563. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129563>.

AUVINET, C., BLANC, A., GILLES, F., CLAUZEL, G., HOSTALNOU, E., COURTHIEU, N., ROCH, G., GOUBLE, B., BUREAU, S., PITIOT, C. és AUDERGON, J. M. (2020): Selections issued from CEP INNOVATION, CENTREX and INRA: apricot breeding program in France. *Acta Horticulturae*, 1290 p. 31-34. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1290.6>

BAGDONAS, A., GEORG, J. C. és GERBER, J. F. (1978): Techniques of frost prediction and methods of frost and cold protection. *World Meteorological Organization Technical Note*, 157 p. 160.

BAILEY, C. H., COWGILL, W. és HOUGH, L. F. (1978): Estimate of chilling requirements of apricot selections. *Acta Horticulturae*, 85 p. 184-189.

BAILEY, C. H., KOTOWSKI, S. és HOUGH, L.F. (1982): Estimate of chilling requirements of apricot selections II. *Acta Horticulturae*, 121 p. 99-102.

BÁLÓ, B., MISIK, S., MIKLÓS, E., VÁRADI, G., SZILÁGYI, Z. és KIRÁLY, I. (2005): The effect of irrigation and fertigation on frost hardiness of Chardonnay vines. *XIV International GESCO Viticulture Congress, Geisenheim, Germany*, p. 527-533 ref. 14

BALOGH, E., HALÁSZ, J., SOLTÉSZ, A., ERŐS-HONTI, ZS., GUTERMUTH, Á., SZALAY, L., HÖHN, M., VÁGÚJFALVY, A., GALIBA, G. és HEGEDŰS, A. (2019): Identification, structural and functional characterization of dormancy regulator genes in apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Frontiers in plant science*, 10, 402. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00402>

BANAINÉ, B. (1981): Kajszi F1 hibridek populációgenetikai értékelése. Egyetemi doktori disszertáció. Kertészeti Egyetem, Budapest.

BANJARE, R., NIDHI, N. és SOOD, A. (2023): Physiological aspects of flowering, fruit setting, fruit development and fruit drop, regulation and their manipulation: a review. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(12) p. 205-224.

BARTOLINI, S., VITI, R. és GUERRIERO, R. (2006a). Xilem differentiation and microsporogenesis during dormancy of apricot flower buds (*Prunus armeniaca* L.) *European Journal of Horticultural Science*, 71:84-90.

BARTOLINI, S., VITI, R., LAGHEZALI, M. és OLMEZ, H. A. (2006b): Xilem vessel differentiation and microsporogenesis evolution in 'Canino' cultivar growing in tree different climatic areas: Italy, Marocco and Turkey. *Acta Horticulturae*, 701 p. 135-140.

BARTOLINI, S., VITI, R. és ANDREINI, L. (2013): The effect of summer shading on flower bud morphogenesis in apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Central European Journal of Biology*, 8(1) p. 54-63.

BARTOLINI, S., MASSAI, R., és VITI, R. (2020a): The influence of autumn-winter temperatures on endodormancy release and blooming performance of apricot (*Prunus armeniaca* L.) in central Italy based on long-term observations. *The Journal*

of *Horticultural Science and Biotechnology*, 95(6) p. 794-803.
<https://doi.org/10.1080/14620316.2020.1752118>

BARTOLINI, S., LO PICCOLO, E. és REMORINI, D. (2020b): Different summer and autumn water deficit affect the floral differentiation and flower bud growth in apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Agronomy*, 10(6), 914.

BASSI, D., BARTOLINI, S. és VITI, R. (2006): Recent advances on environmental and physiological challenges in growing apricot. *Acta Horticulturae*, 717 p. 23-31.

BASSI, D. és FOSCHI, S. (2013): Invited lecture TRENDS IN APRICOT AND PEACH INDUSTRIES IN ITALY. Proceedings of the 4th Conference „Innovation in fruit growing“, Belgrade, 2013.
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20183065109>

BELLINI, E. (2007): *The Fruit Woody Species*. Firenze: ARSIA. 1069 p.

BENMOUSSA, H., GHRAB, M., BEN-MIMOUN, M. és LUEDELING, E. (2017): Chilling and heat requirements for local and foreign almond (*Prunus dulcis* Mill.) cultivars in a warm Mediterranean location based on 30 years of phenology records. *Agricultural and Forest Meteorology*, 239 p. 34-46.

BERTOLOTTO, E., FAVIERE, G., ANGELINI, J., PAIROBA, C. F., VALENTINI, G. H. és CERVIGINI, G. D. L. (2021): Estimation of chill, heat for spring phases, and phenological stability of peach and nectarines in Argentine environments. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3991771>.

BITTENBENDER, H. C. és HOWELL, G. S. Jr. (1974): Adaptation of the Spearman-Kärber method for estimating the T 50 of cold stressed flower buds. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 99(2) p. 187-190.

BOEKEE, J., DAI, Y., SCHILPEROORT, B., WIEL, B. J. H. és VELDHUIS, M. (2023): Plant–atmosphere heat exchange during wind machine operation for frost protection. *Agricultural and Forest Meteorology*, 330, 109312. DOI:[10.2139/ssrn.4211136](https://doi.org/10.2139/ssrn.4211136)

BORTIRI, E., OH, S.-H., JIANG, J., BAGGETT, S., GRANGER, A., WEEKS, C., BUCKINGHAM, M., POTTER, D. és PARFITT, D. (2001) Phylogeny and Systematics of *Prunus* (*Rosaceae*) as Determined by Sequence Analysis of ITS and the Chloroplast trnL-trnF Spacer DNA. *Systematic Botany*, 26 p. 797–807. DOI: [10.1043/0363-6445-26.4.797](https://doi.org/10.1043/0363-6445-26.4.797)

BOURGUIBA, H., AUDERGON, J.-M., KRICHEN, L., TRIFI-FARAH, N., MAMOUNI, A., TRABELSI, S., D’ONOFRIO, C., ASMA, B. M., SANTONI, S. és KHADARI, B. (2012): Loss of genetic diversity as a signature of apricot domestication and diffusion into the Mediterranean Basin. *BMC Plant Biology*, 12(1) p. 1. DOI: [10.1186/1471-2229-12-49](https://doi.org/10.1186/1471-2229-12-49)

BOURGUIBA, H., KHADARI, B., KRICHEN, L., TRIFI-FARAH, N., MAMOUNI, A., TRABELSI, S., és AUDERGON, J.-M. (2013): Genetic relationships between local North African apricot (*Prunus armeniaca* L.) germplasm and recently

introduced varieties. *Scientia Horticulturae*, 152 p. 61–69.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.01.012>

BRÓZIK, S., NYÉKI, J. (1975): Gyümölcsstermő növények termékenyülése. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 234 p. ISBN 963-230-487-X

BUBÁN, T. (2003): A virágrügyek képződése. 131-157. p. In: Papp J. (Szerk.): *Gyümölcsstermesztési alapismeretek*. Budapest: Mezőgazda Kiadó, 472. p.

CAMPOY, J. A., RUIZ, D., ALLDERMAN, L., COOK, N. és EGEA, J., (2012): The fulfilment of chilling requirements and the adaptation of apricot (*Prunus armeniaca* L.) in warm winter climates: an approach in Murcia (Spain) and the Western Cape (South Africa). *European Journal of Agronomy*, 37 p. 43-55.

CAMPOY, J. A., DARBYSHIRE, R., DIRLEWANGER, E., QUERO-GARCÍA, J., és WENDEN, B. (2019): Yield potential definition of the chilling requirement reveals likely underestimation of the risk of climate change on winter chill accumulation. *International Journal of Biometeorology*, 63(2) p. 183-192. DOI: [10.1007/s00484-018-1649-5](https://doi.org/10.1007/s00484-018-1649-5)

CENTINARI, M., SMITH, M. S., és LONDO, J. P. (2016): Assessment of freeze injury of grapevine green tissues in response to cultivars and a cryoprotectant product. *American Society for Horticultural Science*, 51(7) p. 856-860. DOI: [10.21273/HORTSCI.51.7.856](https://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.7.856)

CHAWLA, R. és KUMAR SHARMA, S. (2025): Nitrogen fertilization of stone fruits: a comprehensive review. *Journal of Plant Nutrition*, 48(3) p. 445-485.

CHINNUSAMY, V., ZHU, J. és ZHU, J. K. (2007): Cold stress regulation of gene expression in plants. *Trends Plant Science*, 12(10), p. 444–451. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2007.07.002>.

CIRILLI, M., GATTOLIN, S., CHIOZZOTTO, R., BACCICHET, I., PASCAL, T., QUILOT-TURION, B., ROSSINI, L. és BASSI, D. (2021): The Di2/pet variant in PETALOSA gene underlies a major heat requirement-related QTL for blooming date in peach (*P. persica* L. Batsch). *Plant and Cell Physiology*, 62(2) p. 356-365.

COOK, B. I., WOLKOVITCH, E. M. és PARMESAN, C. (2012): Divergent responses to spring and winter warming drive community level flowering trends. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109 p. 9000-9005.

DE CANDOLLE, A. (1886): Origin of cultivated plants (reprint of 2nd edition, 1967). New York: Hafner Publishing.

DEJAMPOUR, J., RAHNEMOUN, H. és ZARRINBAL, M. (2012): Investigation of main factors on bearing and blossoms hardiness of apricot cultivars. *Acta Horticulturae*, 966 p. 51-55.

DELLA STRADA, G., PENNONE, F., FIDEGHELLI, C., MONASTRA, F. és COBIANCCHI, D. (1989): Monografia di cultivar di albicocco. Istituto Sperimentale per la Frutticoltura. Rome. 239 p.

DENNIS, F. G. Jr. (1994): Dormancy – What we know (and don't know). *Journal of American Society for Horticultural Science*, 29(11) p. 1249-1255.

DHILLON, W. S. és THAKUR, A. (2014): Canopy management and effects of pruning on flowering tendencies in fruit trees. In *National Seminar-cum-Workshop on physiology of flowering in perennial fruit crops. Lucknow, India*, p. 182-201.

DISTEFANO, G., GENTILE, A., HEDHLY, A. és LA MALFA, S. (2018): Temperatures during flower bud development affect pollen germination, self-incompatibility reaction and early fruit development of clementine (*Citrus clementina* Hort. ex Tan.). *Plant Biology*, 20(2) p. 191-198.

DROGOUDI, P., TSIPOURIDIS, G., THOMIDIS, T., és TERZIS, T. (2006): Covering of peach (*Prunus persica*) flowers for early spring frost protection. *New Zealand journal of crop and horticultural science*, 34(1) p. 51-53. DOI: [10.1080/01140671.2006.9514387](https://doi.org/10.1080/01140671.2006.9514387)

DROGOUDI, P., CANTÍN, C.M., BRANDI, F., BUTCARU, A., COSTERRER, J., CUTULI, M., FOSCHI, S., GALINDO, A., GARCÍA-BRUNTON, J., LUEDELING, E., ET AL. (2023): Impact of chill and heat exposures under diverse climatic conditions on peach and nectarine flowering phenology. *Plants*, 12, 584.

DUMANOGLU, H., ERDOGAN, V., KESLİK, A., DOST, S. E., DELIALIOGLU, R. A., KOCABAS, Z., ERNİM, C., MACIT, T. és BAKIR, M. (2019): Spring late frost resistance of selected wild apricot genotypes (*Prunus armeniaca* L.) from Cappadocia region, Turkey. *Scientia Horticulturae*, 246 p. 347-353.

ERCISLI, S. (2009): Apricot culture in Turkey. *Scientific Research and Essays*. 4(8) p. 715-719.

EREZ, A. és FISHMAN, S., (1998): The dynamic model for chilling evaluation in peach buds. *Acta Horticulturae*, 465 p. 507-510.

FADÓN, E., HERRERO, M. és RODRIGO, J. (2015): Flower bud dormancy in *Prunus* species. p. 123-135. In: *Advances in plant dormancy*. Springer International Publishing.

FADÓN, E., HERRERO, M., és RODRIGO, J., (2018): Dormant flower buds actively accumulate starch over winter in sweet cherry. *Frontiers in Plant Science*, 9 p. 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00171>

FADÓN, E., FERNANDEZ, E., BEHN, H., és LUEDELING, E. (2020a): A conceptual framework for winter dormancy in deciduous trees. *Agronomy*, 10(2), 241. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020241>

FADÓN, E., HERRERA, S., GUERRERO, B. I., GUERRA, M. E., és RODRIGO, J. (2020b): Chilling and heat requirements of temperate stone fruit trees (*Prunus sp.*). *Agronomy*, 10(3), 409.

FARALLI, M., WEERASINGHE, M., LEUNG, G., MARRIOTT, R., MILES, M. és KETTLEWELL, P. (2022): WAX extracted from waste cauliflower leaves shows potential antitranspirant efficacy when applied to rapeseed plants. *Agronomy*, 12(2), 455.

FAUST, M. (1989): Physiology of temperate zone fruit trees. New York: John Wiley and Sons.

FAUST, M., EREZ, A., ROWLAND, L. J., WANG, S. Y. és NORMAN, H. A. (1997): Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance and release. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 32(4) p. 623-629.

FAUST, M., SURÁNYI, D. és NYUJTÓ, F. (1998): Origin and dissemination of apricot. *Horticultural Reviews Westport New York*, 22 p. 225–260. DOI: [10.1002/9780470650738.CH6](https://doi.org/10.1002/9780470650738.CH6)

FIDEGHELLI, C. és DELLA STRADA, G. (2010): The breeding activity on apricot in the world from 1980 through today. *Acta Horticulturae*, 862 p. 93-98. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.862.13>

FISHMAN, S., EREZ, A. és COUVILLON, G. A. (1987a): The temperature dependence of dormancy breaking in plants: mathematical analysis of a two-step model involving a cooperative transition. *Journal of Theoretical Biology*, 124 p. 473-483.

FISHMAN, S., EREZ, A. és COUVILLON, G. A. (1987b): The temperature dependence of dormancy breaking in plants: computer simulation of processes studied under controlled temperatures. *Journal of Theoretical Biology*, 126 p. 309-321.

FRUITVEB (2025): <https://fruitveb.hu/a-fruitveb-felmerese-a-2025-aprilis-7-10-i-fagykarokrol/>

GAO, Z., ZHUANG, W., WANG, L., SHAO, J., LUO, X., CAI, B. és ZHANG, Z. (2012): Evaluation of chilling and heat requirements in Japanese apricot with three models. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 47 p. 1826-1831.

GLIŠIĆ, I., ILIĆ, R., MILOŠEVIĆ, T., PAUNOVIĆ, G., GLIŠIĆ, I. és RADIČEVIĆ, Z. (2023): Flowering phenophase of some apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars depending on air temperature. *1st International Symposium on Biotechnology Proceedings*, p. 125-132. DOI: 10.46793/SBT28.125G

GORINA, V. és KORZIN, V. (2016): Long-term investigation results of low temperatures influence on apricot generative buds. *Acta Horticulturae*, 1139 p. 363-367.

GU, S. (1999): Lethal temperature coefficient - a new parameter for interpretation of cold hardiness. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74(1) p. 53-59.

GUERRIERO, R. (1982): La coltura del albicocco. Atti del Convegno. Prospettive per l'Agricoltura Collinare Fiorentina. 1(27-28) p. 93-116.

GUERRIERO, R., AUDERGON, J. M. és MARTINEZ, C. A. (1988): Apricot cultivars for Mediterranean climate. *Acta Horticulturae*, 209, p. 39-47.

GUERRIERO, R. és BARTOLINI, S. (1995): Flower biology in apricot: main aspects and problems. *Acta Horticulturae*, 384 p. 261-272.

GUERRIERO, R., MONTELEONE, P. és VITI, R. (2006): Evaluation of end of dormancy in several apricot cultivars according to different methodological approaches. *Acta Horticulturae*, 701 p. 99-103.

GUNES, N. T. (2006): Frost hardiness of some Turkish apricot cultivars during the bloom period. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 41(2) p. 310-312.

GUO, L., DAI, J., RANJITKAR, S., YU, H., XU, J. és LUEDELING, E. (2014): Chilling and heat requirements for flowering in temperate fruit trees. *International journal of biometeorology*, 58(6) p. 1195-1206. DOI: [10.1007/s00484-013-0714-3](https://doi.org/10.1007/s00484-013-0714-3)

GUO, L., DAI, J., WANG, M., XU, J. és LUEDELING, E. (2015a): Responses of spring phenology in temperate zone trees to climate warming: a case study of apricot flowering in China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 201 p. 1-7.

GUO, L., XU, J. C., DAI, J. H., CHENG, J. M. és LUEDELING, E. (2015b): Statistical identification of chilling and heat requirements for apricot flower buds in Beijing, China. *Scientia Horticulturae*, 195 p. 138-144.

GUSTA, L. V., WISNIEWSKI, M., NESBITT, N. T. és TANINO, K. T. (2003): Factors to consider in artificial freeze tests. *Acta Horticulturae*, 618 p. 493-507.

HAGEN, L., KHADARI, B., LAMBERT, P. és AUDERGON, J.-M. (2002): Genetic diversity in apricot revealed by AFLP markers: species and cultivar comparisons. *Theoretical and Applied Genetics*, 105(2-3) p. 298-305.

HAJNAL, V., OMID, Z., LADÁNYI, M., TÓTH, M. és SZALAY, L. (2013): Microsporogenesis of apricot cultivars in Hungary. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 41(2) p. 434-439. <https://doi.org/10.15835/nbha4129162>

HAJNAL, V. (2015): Külföldi kajszifajták adaptációs értékelése a virágrügyfejlődés, a fagyérzékenység és a gyümölcsminőség vizsgálata alapján. Doktori (PhD) értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem

HALÁSZ, J., PEDRYC, A. és HEGEDŰS, A. (2007): Origin and dissemination of the pollen-part mutated SC haplotype which confers self-compatibility in apricot (*Prunus armeniaca*). *New Phytologist*, 176(4) p. 792-803.

HALÁSZ, J. és PEDRYC, A. (2008): Apricots. p. 269-279. In: Nyéki, J., Soltész, M., Szabó, Z. (szerk.): *Morphology, biology and fertility of flowers in temperate zone fruits*. Budapest: Akadémiai Kiadó.

HEGYFOKY, K. (1926): A virágzás idejének ingadozásáról. *Matematikai és Természettudományi Közlemények. MTA, Budapest*. 35(3) p. 147-163.

HERRERA, S., HORMAZA, J. I., LORA, J., YLLA, G. és RODRIGO, J. (2021): Molecular characterization of genetic diversity in apricot cultivars: current situation and future perspectives. *Agronomy*, 11, 1714. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091714>

HERRERA, S., LORA, J., FADÓN, E., HEDHLY, A., ALONSO, J. M., HORMAZA, J. I. és RODRIGO, J. (2022): Male meiosis as a biomarker for endo- to ecodormancy transition in apricot. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.842333>

HEUSINKVELD, V. W. J., VAN HOOFT, J. A., SCHILPEROORT, B., BAAS, P. és VELDHUIS, M. (2020): Towards a physics-based understanding of fruit frost protection using wind machines. *Agricultural and Forest Meteorology*, 282-283, 107868. DOI: 10.1016/j.agrformet.2019.107868

HEWETT, E.W. (1976): Seasonal variation of cold hardiness in apricots. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 19 p. 353-358.

HORMAZA, J. I., YAMANE, H. és RODRIGO, J. (2007): Apricot, p. 171–185. In: Kole, C. (szerk.) *Genome mapping and molecular breeding in plants. V 4, Fruits and nuts*. Berlin: Springer. New York: Heidelberg.

ISTRATE, M., GRĂDINARIU, G., DASCĂLU, M. és ZLATI, C. (2013): Study on the influence of climatic conditions during the rest period upon apricot trees fructification in the NE of Romania. *Lucrări Științifice, Universitatea de Științe Agricole Și Medicină Veterinară "Ion Ionescu de la Brad" Iași, Seria Horticultură*, 56(1) p. 195-200.

JANICK, J. és MOORE, J. N. (1996): *Fruit breeding, tree and tropical fruits*. New York: Wiley.

JULIAN, C., HERRERO, M. és RODRIGO, J. (2007): Flower bud drop and pre-blossom frost damage in apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 81 p. 21-25.

JULIAN, C., HERRERO, M. és RODRIGO, J. (2009): Pollen development and chilling requirements in apricot cultivars. *Acta Horticulturae*, 814 p. 417–420. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.814.69>

JULIAN, C., HERRERO, M. és RODRIGO, J. (2010): Flower bud differentiation and development in fruiting and non-fruiting shoots in relation to fruit

set in apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Trees*, 24 p. 833–841.
<https://doi.org/10.1007/s00468-010-0453-6>

JULIAN, C., HERRERO, M. és RODRIGO, J. (2014): Anther meiosis time is related to winter cold temperatures in apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 100 p. 20-25. DOI: [10.1016/j.envexpbot.2013.12.002](https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.12.002)

KAFKALETOU, M., KALANTZIS, I., KARANTZI, A., CHRISTOPOULOS, M. V. és TSANTILI, E. (2019): Phytochemical characterization in traditional and modern apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars – Nutritional value and its relation to origin, *Scientia Horticulturae*, 253 p. 195-202.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.032>.

KÁLLAY, T. (2014): Gyümölcsösök termőhelye. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 248 p.

KALMA, J. D., LAUGHLIN, G. P., CAPRIO, J. M. és HAMER, P. J. C. (1992): Advances in Bioclimatology, 2. The Bio climatology of Frost. Berlin: Springer-Verlag. 144 p.

KANG, K.S., MOTOSUGI, H., YONEMORI, K. és SUGIURA, A. (1998): Supercooling characteristics of some deciduous fruit trees as related to water movement within the bud. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73(2) p. 165-172.

KARIMI, F., IGATA, M., BABA, T., NOMA, S., MIZUTA, D., KIM, J. G. és BAN, T. (2017): Summer pruning differentiates vegetative buds to flower buds in the rabbiteye blueberry (*Vaccinium virgatum* Ait.). *The Horticulture Journal*, 86(3) p. 300-304.

KAYA, O. és KOSE, C. (2019): Cell death point in flower organs of some apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars at subzero temperatures. *Scientia horticulturae*, 249 p. 299-305.

KAYA, O., KOSE, C., ESITKEN, A., GECIM, T., DONDERALP, V., TASKIN, S. és TURAN, M. (2021): Frost tolerance in apricot (*Prunus armeniaca* L.) receptacle and pistil organs: how is the relationship among amino acids, minerals, and cell death points? *International Journal of Biometeorology*, 65(12), p. 2157-2170.

KHADARI, B., KRICHEN, L., LAMBERT, P., MARRAKCHI, M. és AUDERGON, J. M. (2006). Genetic structure in Tunisian apricot, *Prunus armeniaca* L., populations propagated by grafting: a signature of bottleneck effects and ancient propagation by seedlings. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 53(4) p. 811-819.

KOFLER, J., MILYAEV, A., CAPEZZONE, F., STOJNIC, S., MICIC, N., FLACHOWSKY, H. és WÜNSCHE, J. N. (2019): High crop load and low temperature delay the onset of bud initiation in apple. *Scientific Reports*, 9(1), 17986.

KORZIN, V., GORINA, V. és SAPLEV, N. (2021): The effect of weather conditions in southern Russia on the frost resistance of apricot generative buds. *Horticultural Science (Prague)*, 48(4), p. 158-165.

KOSTINA, K. F. (1936): *Abrikosz. Izd. Vseszojuz. Akad. Sz. Nauka. Leningrad.*

KOZMA, P., NYÉKI, J., SOLTÉSZ, M. és SZABÓ, Z. (szerk.) (2003): *Floral biology, pollination and fertilisation in temperate zone fruit species and grape.* Budapest: Akadémiai Kiadó. 621 p. ISBN 963-05-7816-6

KRSKA, B., VACHUN, Z., NECAS, T. és ONDRÁSEK, I. (2015): New Sharka resistant apricots at the Horticultural Faculty in Lednice. *Acta Horticulturae*, 1063, p. 105-110. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1063.14>

KRSKA, B. és VACHUN, Z. (2016): Apricot breeding at the Faculty of Horticulture in Lednice. *Agronomy*, 6(2), 27. <https://doi.org/10.3390/agronomy6020027>

KRSKA, B. (2018): Genetic apricot resources and their utilisation in breeding. *Breeding and health benefits of fruit and nut crops.* 63-82 p. DOI: 10.5772/intechopen.77125

KUPRIAN, E., TUONG, T. D., PFALLER, K., WAGNER, J., LIVINGSTON III, D. P. és NEUNER, G. (2016): Persistent supercooling of reproductive shoots is enabled by structural ice barriers being active despite an intact xylem connection. *PLOS One*, 11(9), e0163160.

KWON, J. H., NAM, E. Y., YUN, S. K., KIM, S. J., SONG, S. Y., LEE, Y. H. és HWANG, K. D. (2020): Chilling and heat requirement of peach cultivars and changes in chilling accumulation spectrums based on 100-year records in Republic of Korea. *Agricultural and Forest Meteorology*, p. 288-289, 108009.

LANG, G.A. (szerk.) (1996): *Plant dormancy.* Wallingford: CAB International.

LANG, G.A., EARLY, J.D., MARTIN, G.C., DARNELL, R.L. (1987): Endo-, para-, and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 22(3) p. 371-377.

LAWRENCE, B. T. (2018): Examination of carbon assimilation and nutrient movement in peach trees (*Prunus persica* (L.) Batsch) as a result of variable fall climate. Master's thesis, Clemson University.

LAWRENCE, B. T. és MELGAR, C. J. (2020): Variable fall climate conditions on carbon assimilation and spring phenology of young peach trees. *Plants*, 9:A. 1353. doi:10.3390/plants9101353.

LAYNE, R. E. C. és GADSBY, M. F. (1995): Determination of cold hardiness and estimation of potential breeding value of apricot germplasm. *Fruit Varieties Journal*, 49(4) p. 242-248.

LAYNE, R. E. C. (1996): Genetic improvement of peach, nectarine and apricot cultivars and rootstocks for Canada. *Acta Horticulturae*, 374 p. 91-98. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.1996.374.11>

LI, M., ZHAO, Z. és MIAO, X. J. (2013): Genetic variability of wild apricot (*Prunus armeniaca* L.) populations in the Ili Valley as revealed by ISSR markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60(8) p. 2293–2302. DOI: [10.1007/s10722-013-9996-x](https://doi.org/10.1007/s10722-013-9996-x)

LICHEV, V. és PAPACHATZIS, A. (2006): Influence of ten rootstocks on cold hardiness of flowers of cherry cultivar ‘Bigarreau Burlat’. *Acta Horticulturae*, 903 p. 941–948. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.903.132>

LINDÉN, L., RITA, H. és SUOJALA, T. (1996): Logit models for estimating lethal temperatures in apple. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 31(1) p. 91-93.

LINSEY-NOAKES, G. C. és ALLAN, P. (1994): Comparison of two models for the prediction of rest completion in peaches. *Scientia Horticulturae*, 59 p. 107–113.

LINSLEY-NOAKES, G. C., LOUW, M. és ALLAN, P. (1995): Estimating daily positive Utah chilling units using daily minimum and maximum temperatures. *Journal of South African Society for Horticultural Science*, 5 p. 19-23.

LINVILL, D. (1990): Calculating chilling hours and chill units from daily maximum and minimum temperature observations. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 25 p. 14-16.

LIU, W., LIU, N., ZHANG, Y., YU, X., SUN, M., XU, M., ZHANG, Q. és LIU, S. (2012): Apricot cultivar evolution and breeding program in China. *Acta Horticulturae*, 966, p. 223-228. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.966.35>

LIU, J., YE, X., YU, G., KANG, X. és WANG, X. (2021): Effect of pruning on endogenous hormone content associated with differentiation of blueberry flower buds. In: *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2009, No. 1, p. 012034). IOP Publishing.

LIU, T., ZHANG, S., SUN, T., MA, C. és XUE, X. (2025): Review of active plant frost protection equipment and technologies: current status, challenges, and future prospects. *Agronomy*, 15(5), 1164. <https://doi.org/10.3390/agronomy15051164>

LLORET, A., BADENES, M.L. és RIOS, G. (2018): Modulation of dormancy and growth responses in reproductive buds of temperate trees. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1368.

LOGAN, J., DEYTON, D. E. és LOCKWOOD, D. W. (1990): Using a Chill Unit/Growing Degree Hour model to assess spring freeze risks for ‘Redhaven’ peach tree. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 25(11) p. 1382-1384.

LUEDELING, E. (2012): Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: A review. *Scientia Horticulturae*, 144 p. 218-229.

MA, Y. Y., ZHANG, Y. L., LU, J. és SHAO, H. B. (2009): Roles of plant soluble sugars and their responses to plant cold stress. *African Journal of Biotechnology*, 8 p. 2004–2010. <https://doi.org/10.5897/AJB09.177>.

MAGLAKELIDZE, E., BOBOKASVILI, Z. és KAKASHVILI, V. (2021): Biological and agricultural characterization of apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars in the eastern part of Georgia. *The Scientific Heritage*, 67(3), p. 3-9.

MAGUYLO, K., LANG, G. A. és PERRY, R. L. (2002): Rootstocks genotype affects flower distribution and density of 'Hedelfinger' sweet cherry and 'Montmorency' sour cherry. In *XXVI International Horticultural Congress: Key Processes in the Growth and Cropping of Deciduous Fruit and Nut Trees*, 636 p. 259-266.

MANGANARIS, A. G., MAINOU, A., GOUDARAS, A. és LEDBETTER C. (1999): Identification of plum x apricot interspecific hybrids using isoenzyme polymorphism. *Acta Horticulturae*, 488 p. 361-368. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.488.57>

MENG, Q., LIANG, Y., WANG, W., DU, S., LI, Y. és YANG, J. (2007): Study on supercooling point and freezing point in floral organs of apricot. *Agricultural Sciences in China*, 6(11) p. 1330-1335.

MOHÁCSY, M. (1946): A gyümölcstermesztés kézikönyve. Budapest: Pátria.

MAULIÓN, E., VALENTINI, G. H., KOVALEVSKI, L., PRUNELLO, M., MONTI, L. L., DAORDEN, M. E., QUAGLINO, M. és CERVIGNI, G. D. L. (2014): Comparison of methods for estimation of chilling and heat requirements of nectarine and peach genotypes for flowering. *Scientia Horticulturae*, 177 p. 112-117.

MEHLENBACHER, S. A., COCIU, V. és HOUGH, L. F. (1990): Apricots (*Prunus*). *Acta Horticulturae*, 290 p. 65-107. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.1991.290.3>

MESTERHÁZY, I., RAFFAI, P., SZALAY, L., BOZÓ, L. és LADÁNYI, M. (2022): Estimation of blooming start with the adaptation of the Unified Model for three apricot cultivars (*Prunus armeniaca* L.) based on long-term observations in Hungary (1994–2020). *Diversity*, 14, 560.

MÉSZÁROS, M., GUÉDON, Y., KRŠKA, B. és COSTES, E. (2020): Modelling the bearing and branching behaviors of 1-year-old shoots in apricot genotypes. *PLOS one*, 15(7), e0235347.

MILECH, C. G., DINI, M., FRANZON, R. C. és RASEIRA, M. C. B. (2022): Chilling requirement of four peach cultivars estimated by changes in flower bud weights. *Revista Ceres*, 69(1) p. 22-30.

MILLER, N. F. (1999): Agricultural development in western Central Asia in the Chalcolithic and Bronze Ages. *Vegetation history and archaeobotany*. 8(1) p. 13-19.

MILATOVIĆ, D., NIKOLIĆ, D. és KRŠKA, B. (2013): Testing of self-(in)compatibility in apricot cultivars from European breeding programmes. *Horticultural Science (Prague)*, 40(2), P. 65-71. doi: 10.17221/219/2012-HORTSCI.

MILATOVIĆ, D., SPASOJEVIĆ, N., NIKOLIĆ, D., ZEC, G. és RADOVIĆ, A. (2018): Determination of suitable pollenizers for the apricot cultivar 'Goldrich'. *Acta Horticulturae*, 1229 p. 263-270. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1229.40

MILOSEVIC, T., MILOSEVIC, N., GLISIC, I. és KRŠKA, B. (2010): Characteristics of promising apricot (*Prunus armeniaca* L.) genetic resources in Central Serbia based on blossoming period and fruit quality. *Horticultural Science (Prague)*, 37(2) p. 46-55.

MIRANDA, C., SANTESTEBAN, L. G. és ROYO, J. B. (2005): Variability in the relationship between frost temperature and injury level for some cultivated *Prunus* species. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 40(2) p. 357-361.

MIRNEZAMI, S. V., HAMIDISEPEHR, A., GHAEBI, M., és HASSAN-BEYGI, S. R. (2020): Apricot variety classification using image processing and machine learning approaches. p. 1-6. In: *Proceedings of the 2020 4th International Conference on Vision, Image and Signal Processing*.

MOLNÁR, L. és VÁGÓ, E. (1999): Kajszi termesztés képekben. Kecskemét: Acrux Bt. 263 p.

NAVA, G. A., DALMAGO, G. E., BERGAMASCHI, H., PANIZ, R., SANTOS, R. P. és MARODIN, G. A. B. (2009): Effect of high temperatures in the pre-blooming and blooming periods on ovule formation, pollen grains and yield of 'Granada' peach. *Scientia Horticulturae*, 122 p. 37-44.

NÉBIH (2025): Szőlő- és Gyümölcsfajták Nemzeti fajtajegyzék 2025. <https://portal.nebih.gov.hu/-/nemzeti-fajtajegyzekek>

NÉMETH, SZ. (2012): A virágrügy- és gyümölcsfejlődés fenológiai, morfológiai és biokémiai jellemzése fontosabb kajszi fajták esetében. PhD értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem. 146 p.

NESHEVA, M. és BOZHKOVA, V. (2021): Spring frost damages of plum and apricot cultivars grown in the region of Plovdiv, Bulgaria. *Scientific Papers, Series B, Horticulture*, 65(1), p. 194-197.

NILSSON, O. (2022): Winter dormancy in trees. *Current Biology*, 32(12), p. 630-634. DOI: [10.1016/j.cub.2022.04.011](https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.04.011)

NIU, R., HUANG, J., ZHANG, Y. és WANG, C. (2025): The effect of late frost damage on the growth and development of flower organs in different types of peach varieties. *Agronomy*, 15(6), 1395. <https://doi.org/10.3390/agronomy15061395>

NYÉKI, J. (1980): Gyümölcsfajták virágzásbiológiája és termékenyülése. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 334 p. ISBN 963-231-009-8

NYÉKI, J. és SOLTÉSZ, M. (1996): Floral biology of temperate zone fruit trees and small fruits. Budapest: Akadémiai Kiadó. 377 p. ISBN 963 05 6896 9

NYÉKI, J., SOLTÉSZ, M. és SZABÓ, Z. (2002): Fajtatársítás a gyümölcsültetvényekben. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 382 p. ISBN 963-9358-60-6

NYÉKI, J., SOLTÉSZ, M. és SZABÓ, Z. (Szerk.) (2008): Morphology, biology and fertility of flowers in temperate zone fruits. Budapest: Akadémiai Kiadó. 447 p. ISBN 978-963-05-8591-0

NYUJTÓ, F. (1981): A kajszibarack nemesítése. p. 110-118. In: NYUJTÓ, F. és SURÁNYI, D. *Kajszibarack*. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó.

NYUJTÓ, F., TOMCSÁNYI, P. (1959): A kajszibarack és termesztése. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 330 p.

NYUJTÓ, F. BANAINÉ, B. (1975): Előzetes közlemény a kajszibarack fajták termőrügyei téli morfogenezisének vizsgálatáról. *Gyümölcstermesztés*, 2 p. 15-20.

NYUJTÓ, F. és SURÁNYI, D. (1981): Kajszibarack. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 465 p. ISBN 963-231-100-0

OKIE W. R. és WERNER, D. J. (1996): Genetic influence on flower bud density in peach and nectarine exceeds that of environment. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 31(6), 1010-1012. DOI: [10.21273/HORTSCI.31.6.1010](https://doi.org/10.21273/HORTSCI.31.6.1010)

OPRITA, V. A., GAVAT, C. és CAPLAN, I. (2020): Improvement of apricot cultivars assortment in Romania. *Acta Horticulturae*, 1290 p. 179-184. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1290.31>

ORVAR, B. L., SANGWAN, V., OMANN, F. és DHINDSA, R. S. (2000): Early steps in cold sensing by plant cells: The role of actin cytoskeleton and membrane fluidity. *Plant Journal*, 23(6), p. 785–794, <https://doi.org/10.1046/j.1365-3113x.2000.00845.x>.

PAN, Q., LU, Y., HU, H. és HU, Y. (2024): Review and research prospects on sprinkler irrigation frost protection for horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 326, 112775. DOI: [10.1016/j.scienta.2023.112775](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112775)

PANTELIDIS, G. és DROGOUDI, P. (2023): Exploitation of genotypic variation in chilling and heat requirements for flowering in *Prunus armeniaca* and *Prunus persica* (L.) Batsch cultivars. *Scientia Horticulturae*, 321, 112287.

PARKES, H., DARBYSHIRE, R., & WHITE, N. (2020). Chilling requirements of apple cultivars grown in mild Australian winter conditions. *Scientia Horticulturae*, 260, 108858.

PEAVEY, M., GOODWIN, I. és MCCLYMONT, L. (2020): The effects of canopy height and bud light exposure on the early stages of flower development in *Prunus persica* (L.) batsch. *Plants*, 9(9), 1073.

PECL, G. T., ARAÚJO, M. B., BELL, J. D., BLANCHARD, J., BONEBRAKE, T.C., CHEN, C., CLARK, T. D., COLWELL, R. K., DANIELSON, F., ... és EVENGÅRD, B. (2017): Biodiversity redistribution under climate change:

Impacts on ecosystems and human well-being. *Science*, 355(6332), 9214. DOI: [10.1126/science.aai9214](https://doi.org/10.1126/science.aai9214)

PEDRYC, A. (1992): A kajszi barack néhány tulajdonságának variabilitása a nemesítés szemszögéből. Kandidátusi értekezés (kézirat). Budapest: MTA.

PEDRYC, A., KORBULY, J. és SZABÓ, Z. (1999): Artificial frost treatment methods of stone fruits. *Acta Horticulturae*, 488 p. 377-380

PEDRYC, A., RUTHNER, S., HERMÁN, R., KRKA, B., HEGEDŰS, A. és HALÁSZ, J. (2009): Genetic diversity of apricot revealed by a set of SSR markers from linkage group G1. *Scientia Horticulturae*, 121(1) p. 19–26. DOI: [10.1016/j.scienta.2009.01.014](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.01.014)

PLESZKÓ, R. (2014): The situation of the Hungarian apricot farming and its developmental tendencies. *Acta Agraria Debreceniensis*, 58 p. 163-170. <https://hdl.handle.net/2437/315858>

POYRAZ, S. és GUL, M. (2022): THE DEVELOPMENT OF APRICOT PRODUCTION AND FOREIGN TRADE IN THE WORLD AND IN TURKEY. *Scientific Papers Series "Management, economic engineering in agriculture and rural development"*, 22(2) p. 601-616.

PROEBSTING, E. L. Jr., MILLS, H. H. és RUSSEL, T. S. (1966): A standardized temperature-survival curve for dormant 'Elberta' peach fruit buds. *Proceedings of American Society for Horticultural Science*, 89 p. 85-90.

PRUDENCIO, Á., HOEBERICHTS, F., DICENTA, F., MARTÍNEZ-GÓMEZ, P. és SÁNCHEZ-PÉREZ, R. (2020): Identification of early and late flowering time candidate genes in endodormant and ecodormant almond flower buds. *Tree Physiology*, 41(4) p. 589-605. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpaa151>

QIAO, B., WANG, L., HAN, H., HUANG, Z. és LIN, Y. (2024): Effects of airflow disturbance from a multi-rotor unmanned aerial vehicle on fruit tree frost protection. *Biosystems Engineering*, 241 p. 95–112. DOI: [10.1016/j.biosystemseng.2024.04.001](https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2024.04.001)

QUAMME, H. A. (1974): An exothermic process involved in the freezing injury to flower buds of several *Prunus* species. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 99(4) p. 315-318.

QUINONES, A. J. P., GUTIERREZ, M. R. S. és HOOGENBOOM, G. (2020): A methodological approach to determine flower bud vulnerability to low temperatures for deciduous crops in early spring using degree days. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 55(5), p. 651-657.

RADOVIĆ, M., MILATOVIĆ, D. és ZEC, G. (2016): Influence of rootstocks on the properties of fruiting twigs in plum cultivars. In *VII International Scientific Agriculture Symposium "Agrosym 2016"*, p. 839-844. Faculty of Agriculture, University of East Sarajevo, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina.

RAKHIMOV, A., MIRZOKHIDOV, U., NORMURADOV, D. és KHALMIRZAEV, B. (2021): Production and biological characteristics of apricot varieties (*Armeniaca vulgaris* Lam.) in the conditions of Uzbekistan. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 58(6).

RAMIREZ, L., SAGREDO, K. X. és REGINATO, G. H. (2010): Prediction models for chilling and heat requirements to estimate full bloom of almond cultivars in the central valley of Chile. *Acta Horticulturae*, 872 p. 107-112.

REIG, C., GONZALEZ-ROSSIA, D., JUAN, M. és AGUSTÍ, M. (2006): Effects of fruit load on flower bud initiation and development in peach. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81(6) p. 1079-1085.

RICHARDSON, E.A., SEELEY, S. D. és WALKER, D. R. (1974): A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 9 p. 331-332.

RICHARDSON, E. A., SEELEY, S. D., WALKER, D. R., ANDERSON, J. L. és ACHCROFT, G. L. (1975): Phenoclimatology of spring peach bud development. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 10 p. 236-237.

RODRIGO, J. és HERRERO, M. (2002): Effects of pre-blossom temperatures on flower development and fruit set in apricot. *Scientia Horticulturae*, 92 p. 125-135.

RUML, M., MILATOVIĆ, D., ĐUROVIĆ, D., ZEC, G., JOKIĆ, M. és RADOVIĆ, M. (2015): Chilling and heat requirements for flowering in apricot cultivars. p. 15-18. In: *XVI International Symposium on Apricot Breeding and Culture*.

SALARI, H., SAMIM, A. K., AHADI, S. és ETEMADI, S. A. (2020): Preliminary evaluation of morphological and pomological characters to illustrate genetic diversity of apricots (*Prunus armeniaca* L.) in Afghanistan. *European Journal of Agriculture and Food Science*, 2(5), 104. DOI: <http://dx.doi.org/10.24018/ejfood.2020.2.5.104>

SANSAVINI, S., COSTA, G., GUCCI, R., INGLESE, P., RAMINA, A., XILOYANNIS, C. és DESJARDINS, Y. (szerk.) (2019): Principles of modern fruit science. Leuven, Belgium: International Society for Horticultural Science. ISBN 978-94-6261-204-4

SAVAGE, J. A. és CHUINE, I. (2021): Coordination of spring vascular and organ phenology in deciduous angiosperms growing in seasonally cold climates. *New Phytologist*, 230(5) p. 1700-1715. <https://doi.org/10.1111/nph.17289>

SCALABRELLI, G., VITI, R. és CINELLI, F. (1991): Change in catalase activity and dormancy of apricot buds in response to chilling. *Acta Horticulturae*, 293 p. 267-271.

SEBŐK, SZ. (1993): A mikrosporogenezis jelentősége a kajsziabarack nemesítési anyagainak megítélésében. Kertészeti Egyetem, Budapest, Szakdolgozat.

SINSKAYA, E. N. (1969): Historical geography of cultivated flora (at the dawn of crop husbandry). Acad D. D. Brezhnev, USSR, Leningrad: Kolos Publishers.

SNYDER, R. L. és DE MELO-ABREU, J. P. (2005): Frost protection: fundamentals, practice and economics, vol. 1. p. 2. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (Environment and natural resources series).

SOLTÉSZ, M. (1996): Flowering. p. 80-131. In: NYÉKI, J. és SOLTÉSZ, M. (1996). *Floral biology of temperate zone fruit trees and small fruits*. Budapest: Akadémiai Kiadó. ISBN 963 05 6896 9

STRIEGLER, R. K. (2007): Passive freeze prevention methods. Understanding and preventing freeze damage in vineyards, 39.

SURÁNYI, D. (2008): Nemzeti- és szivügyünk a magyar kajszi. *Tájökológiai lapok / Journal of Landscape Ecology*, 6(3) p. 255-269.

SURÁNYI, D. (2011): A Sárgabarack. Magyarország Kultúrflórája. II. kötet, 9, füzet. Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó. 303 p. ISBN 978-963-269-236-4

SZABÓ, Z. (2002): Csonthéjas gyümölcsűek termésbiztonságának egyes tényezői. Akadémiai doktori értekezés. Kézirat. Budapest: MTA.

SZABÓ, Z. és NYÉKI, J. (1988): Őszibarackfajták fagykárosodása. *Gyümölcs-Inform.* 10(1) p. 15-19.

SZABÓ, Z. és NYÉKI, J. (1991a): Blossoming, fructification and combination of apricot varieties. *Acta Horticulturae*, 293 p. 295-302.

SZABÓ, Z. és NYÉKI, J. (1991b): Csonthéjas gyümölcsfajok fagykárosodása. *Kertgazdaság*, 23(2) p. 9-19.

SZABÓ, Z., SOLTÉSZ, M., BUBÁN, T. és NYÉKI, J. (1995): Low winter temperature injury to apricot flower buds in Hungary. *Acta Horticulturae*, 384 p. 273-276.

SZABÓ, Z., NYÉKI, J. és SOLTÉSZ, M. (2002): Kajszi. p. 246-257. In: NYÉKI, J., SOLTÉSZ, M. és SZABÓ, Z. (szerk.) *Fajtatársítás a gyümölcsültetvényekben*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.

SZABÓ, Z., NYÉKI, J. és SOLTÉSZ, M. (2003): Apricot (*Prunus armeniaca* L.). p. 411-423. In: KOZMA, P., NYÉKI, J., SOLTÉSZ, M. és SZABÓ, Z. (szerk.): *Floral biology, pollination and fertilisation in temperate zone fruit species and grape*. Budapest: Akadémiai Kiadó. ISBN 963-05-7816-6

SZABÓ, Z., VERES, E., SOLTÉSZ, M., GREGOVÁ, E., BENEDIKOVÁ, D. és NYÉKI, J. (2010): Flower density and winter damage of apricot and peach varieties. *International Journal of Horticultural Science*, 16(4) p. 53-56.

SZALAY, L. (2001): Kajszi- és őszibarackfajták fagy- és téltűrése. PhD doktori disszertáció. Budapest: Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar.

SZALAY, L. (2003): Gyümölcsfejlődés és -érés. In: Papp J. (szerk.): *Gyümölcsstermesztési alapismeretek*. 203-209 p. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

SZALAY, L. (2006): Comparison of flower bud development in almond, apricot and peach genotypes. *International Journal of Horticultural Science*, 12 p. 93–98. <https://doi.org/10.31421/IJHS/12/2/639>

SZALAY, L. (2008): Development and cold hardiness of flower buds of stone fruits. In: NYÉKI, J., SOLTÉSZ, M. és SZABÓ, Z. (szerk.): *Morphology, biology and fertility of flowers in temperate zone fruits*. 63-82 p. Budapest: Akadémiai Kiadó. ISBN 978-963-05-8591-0

SZALAY, L. (2009): Virágrügyképződés. p. 22-24. In: Tóth M. (szerk.): *Gyümölcsfaj- és fajtaismeret*. Egyetemi jegyzet. Budapesti Corvinus Egyetem. ISBN 978-963-503-406-2

SZALAY, L. (2013): A kajszi hazai és külföldi nemesítésének főbb szempontjai és eredményei; Hazai és külföldi fajtaújdonóságok. In: ZÁMBORINÉ, N.É. és HORVÁTH, L. (szerk.): *Korszerű Kertészet, digitális tankönyv kertészmérnök MSc hallgatók számára*. Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar. ISBN: 978-963-503-537-3 <http://kertesztananyag.hu/gyumolcsfajta-ertekeles/kajszi>

SZALAY, L. (2024): Kajszi- és őszibarackfajták gyümölcsképzése, valamint a fagyérzékenység, mint ezt a folyamatot veszélyeztető tényező. Akadémiai doktori értekezés. Kézirat. Budapest: MTA.

SZALAY, L. és SZABÓ, Z. (1999): Blooming time of some apricot varieties of different origin in Hungary. *International Journal of Horticultural Science*, 5(1-2) p. 16-20.

SZALAY, L., PEDRYC, A. és SZABÓ, Z. (1999): Dormancy and cold hardiness of flower buds of some Hungarian apricot varieties. *Acta Horticulturae*, 488 p. 315-319.

SZALAY, L., PAPP, J. és SZABÓ, Z. (2000): Variability in the blooming time of apricot varieties in Hungary. *Acta Horticulturae*, 538 p. 139-141.

SZALAY, L., PEDRYC, A., SZABÓ, Z. és PAPP, J. (2006): Influence of the changing climate on flower bud development of apricot varieties. *Acta Horticulturae*, 717 p. 75-78.

SZALAY, L., TIMON, B. és VÉGVÁRI, G. (2008): Modelling the phenological process of dormancy in frost-sensitive stone fruit species in the central part of the Carpathian Basin. *Acta Horticulturae*, 803 p. 117-122.

SZALAY, L. és NÉMETH, SZ. (2010): Phenological process of dormancy in apricot genotypes in the central part of the Carpathian Basin. *Acta Horticulturae*, 862 p. 251-255.

SZALAY, L., PEDRYC, A. és SZABÓ, Z. (1999): Dormancy and cold hardiness of flower buds of some Hungarian apricot varieties. *Acta Horticulturae*, 488 p. 315-319.

SZALAY, L., LADÁNYI, M., HAJNAL, V., PEDRYC, A. és TÓTH, M. (2016): Changing of the flower bud frost hardiness in three Hungarian apricot cultivars. *Horticultural Science (Prague)*, 43(3), p. 134–141. <https://doi.org/10.17221/161/2015-HORTSCI>.

SZALAY, L., MOLNÁR, Á., és KOVÁCS, SZ. (2017): Frost hardiness of flower buds of three plum (*Prunus domestica* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 214, p. 228-232.

SZALAY, L., FROEMEL-HAJNAL, V., BAKOS, J. és LADÁNYI, M. (2019): 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*, 246 p. 279-288. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.069>.

SZALAY, L., BAKOS, J., TÓSAKI, Á. és FROEMEL-HAJNAL V. (2021): Kajszfajták virágrügyeinek és virágainak fagyűrése a természetes fagykárok felmérése alapján. *Kertgazdaság*, 53(2) p. 3-15.

SZOT, I. és ŁYSIAK, G. P. (2025): Factors influencing the formation, development of buds, and flowering of temperate fruit trees. *Agriculture*, 15(12), 1304.

SZÓTS, S. (1941): Kajsziaracktermesztés. Budapest: Magyar Gyümölcs. 140 p.

SZYMAJDA, M., PRUSKI, K., ŻURAWICZ, E. és SITAREK, M. (2013): Freezing injuries to flower buds and their influence on yield of apricot (*Prunus armeniaca* L.) and peach (*Prunus persica* L.). *Canadian Journal of Plant Science*, 93(2), p. 191-198.

THURZÓ, S., DRÉN, G., DANI, M., HLEVNJAK, B., HAZIC, V., SZABÓ, Z. és NYÉKI, J. (2006): Fruit bearing shoot characteristics of apricot and sweet cherry cultivars in Hungary. *International Journal of Horticultural Science*, 12(2) p. 107-110.

TORRES, E. és MIARNAU, X. (2024): Frost damage mitigation in flowers and fruitlets of peach and almond from the application of a multi-attribute approach biostimulant. *Plants*, 13(12), 1603. <https://doi.org/10.3390/plants13121603>

TROMP, J., WEBSTER, A. D. és WERTHEIM, S. J. (2005): Fundamentals of temperate zone tree fruit production. Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers. 400 p. ISBN 90-5782-152-4 556.

TROMPIZ, G. (2021): France braces for slump in wine output on weather woes. Reuters. <https://www.reuters.com/world/europe/france-forecastsfall-weather-hit-wine-output-historic-low-2021-08-06/>.

UZUNDUMLU, A., KARABACAK, T. és ALI, A. (2021): Apricot production forecast of the leading countries in the period of 2018-2025. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 33(8) P. 682-690. DOI: <https://doi.org/10.9755/ejfa.2021.v33.i8.2744>

VALENTINI, N., RUFFA, E., ME, G., SPANNA, F. és LOVISETTO, M. (2006): Chilling, thermal time and metabolic changes in five apricot varieties. *Acta Horticulturae*, 701 p. 147-150.

VAVILOV, N. I. (1951): The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. *Soil Science*, 72(6), 482.

VITASSE, Y., SCHNEIDER, L., RIXEN, C., CHRISTEN, D., és REBETEZ, M. (2018): Increase in the risk of exposure of forest and fruit trees to spring frosts at higher elevations in Switzerland over the last four decades. *Agricultural and forest meteorology*, 248, p. 60-69.

VITI, R., ANDREINI, L., RUIZ, D., EGEEA, J., BARTOLINI, S., IACONA, C. és CAMPOY, J. A. (2010): Effect of climatic conditions on the overcoming of dormancy in apricot flower buds in two Mediterranean areas: Murcia (Spain) and Tuscany (Italy). *Scientia Horticulturae*, 124 p. 217-224.

VITI, R., BARTOLINI, S. és ANDREINI, L. (2013): Apricot flower bud dormancy: main morphological, anatomical and physiological features related to winter climate influence. *Advances in horticultural science*, 27 P. 5-17. DOI: <https://doi.org/10.36253/ahsc-18445>

VYSE, K., PAGTER, M., ZUTHER, E. és HINCHA, D. K. (2019): Deacclimation after cold acclimation—a crucial, but widely neglected part of plant winter survival. *Journal of Experimental Botany*, 70(18), p. 4595–4604. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz229>.

WANG, H., WANG, H., GE, Q. és DAI, J. (2020): The interactive effects of chilling, photoperiod, and forcing temperature on flowering phenology of temperate woody plants. *Frontiers in Plant Science*, 11: A.443.

WAPA. (2018): European apple and pear crop forecast. Brussels: World Apple and Pear Organisation.

WEINBERGER, J. H. (1967): Some temperature relations in natural breaking of the rest of peach flower buds in the San Joaquin Valley, California. *Proceedings of American Society for Horticultural Science*, 91 p. 84-89.

WERNER, D. J., MOWREY, B. D. és CHAPARRO, J. X. (1988): Variability in flower bud number among peach and nectarine cultivars. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 23(3) p. 578-580.

WU, H., és WANG, S. (2023): Design and optimization of intelligent orchard frost prevention machine under low-carbon emission reduction. *Journal for Cleaner Production*, 433, 139808. DOI: [10.1016/j.jclepro.2023.139808](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139808)

YANG, J. M., MENG, Q. R., LIANG, Y. Q., WANG, W. F., SUN, F. Z., ZHAO, T. C., ... és LI, S. H. (2007): Effect of ice nucleation-active bacteria on the physiology and ultrastructure of apricot floral organs. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82(4), p. 563-570.

YAO, S. (2011): Winter 2011 low-temperature injury to stone fruit flower buds in New Mexico. *American Society for Horticultural Science*, 21(6), p. 767-772.

YILMAZ, K. és GURCAN K. (2012): Genetic diversity in apricot. p. 249–270. In: *Genetic diversity in plants*. InTech.

YOSHIDA, M. (1998): Classification of apricot varieties by RAPD analysis. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 67(1) p. 21-27.

XU, Y., DAI, J., GE, Q., WANG, H. és TAO, Z. (2021): Comparison of chilling and heat requirements for leaf unfolding in deciduous woody species in temperate and subtropical China. *International Journal of Biometeorology*, 65(3) p. 393-403. DOI: [10.1007/s00484-020-02007-7](https://doi.org/10.1007/s00484-020-02007-7)

ZHUANG, W., CAI, B., GAO, Z. és ZHANG, Z. (2016): Determination of chilling and heat requirements of 69 Japanese apricot cultivars. *European Journal of Agronomy*, 74, p. 68-74. DOI: [10.1016/j.eja.2015.10.006](https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.10.006)

ZOHARY, D., HOPF, M. és WEISS, E. (2012): Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin. United Kingdom: Oxford University Press.

12 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Szalay Lászlónak, aki kiemelkedő szakmai tudásával, iránymutatásával, tanácsaival és bátorításával segítette munkámat és dolgozatom elkészítését.

Szintén szeretnék köszönetet mondani Dr. Ladányi Mártának a statisztikai elemzésekben nyújtott önzetlen segítségéért.

Hálás vagyok a Gyümölcsstermő Növények Tanszék és az Elvira-majori gyümölcskutató állomás minden munkatársának és tanulójának, akik bármilyen formában támogattak dolgozatom elkészítésében.

Végül köszönöm családomnak türelmét, megértését és támogatását.