



A kajszi (*Prunus armeniaca* L.) termesztési kockázatainak feltárása Sár-hegyen (Heves vármegye), a fagykárok vizsgálatára alapozva

TAMÁS FÜZI^{1*}, PÉTER BOGDÁN²

¹Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar

Alkalmazott Fenntarthatóság Tanszék, Győr

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-6754-2911>

E-mail: fuzi.tamas@sze.hu

²Széchenyi István Egyetem, Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, Győr

*Corresponding author/Levelező szerző

Received/Érkezett: 2024.11.18.

Revised/Átdolgozva: 2025.01.06.

Accepted/Elfogadva: 2025.03.15.

Published/Megjelent: 2025.06.27.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az éghajlatváltozás napjainkra egészen különféle formában és módokon nyilvánul meg, mely jelenségek nem egyszer időjárási szélsőségek, extrémítások és kiszámíthatatlan hirtelenséggel bekövetkező események formájában mutatkoznak meg. A klimatikus rendszer megváltozásának sokféle jele van, és ezek előfordulásai térben és időben is eltérő módokon fejeződhetnek ki. Éppen ezért fontos feladat az éghajlatváltozás nyomait helyi és regionális szinten minél részletesebb formában vizsgálni. Ez alól a heves vármegyei Sár-hegy sem kivétel. Sajátos természetföldrajzi és mikroklimatikus adottságai kiváltképp kedveznek a kajszi (*Prunus armeniaca* L.) termesztéséhez, mely egyúttal azt is jelenti, hogy a klímaváltozásból fakadó, akár csekély mértékű, kedvezőtlen légköri átalakulások is képesek lehetnek a több évtizedes múltra visszavezethető kajszitermesztés sikerességére kifejteni hatásukat, mely változások többek között a nemzetgazdaság egészére nézve is előnytelen következményekkel bírhat. Arra való tekintettel, hogy a kajszi prosperáló termesztetőségét leginkább a virágzáskori fagyok kialakulása, azok visszatérése és újbóli (tavaszi) megjelenése, illetve a tavaszi fagyok erőssége befolyásolja, ezért ezen jelenségek és körülmények kialakulásának – elmúlt két évtizedre (2002–2024) vonatkozó – vizsgálatát és azokból származó eredmények bemutatását és részletes feltárását célozza e tanulmány. Eredményeinkből kiderül, hogy az enyhe ($T_{min} \leq -1,5\text{ °C}$) és közepesen erős ($T_{min} \leq -4,0\text{ °C}$) tavaszi fagyok megjelenésére a tapasztalható általános felmelegedő tendencia ellenére rendszeresen, a virágzás teljes fenológiai fázisában (február 20. – április 10.) számítani lehetett, míg az erős fagyok ($T_{min} \leq -6,5\text{ °C}$) előfordulása megritkulni látszik február 3. és március 1. dekádjában, ám visszatérésükre időszakosan március 2. és 3. dekádjában is lehetett számítani. Az év utolsó tavaszi fagyos napjának egyre későbbi (április 2. és 3. dekádja) és egyre alacsonyabb hőmérsékleti érték formájában történő visszatérése volt jellemző a 2002–2024 közötti időszámban, mely az esetek többségében kritikus erősségű ($T_{min} \leq -1,0\text{ °C}$) fagy formájában jelent meg. Mindezen változások arra engednek következtetni, hogy az ország északi területein a fagyvédelmi készséget és a fagyvédelmi eljárások alkalmazásának lehetőségét a kajszi ültetvényekben április végéig szükséges megőrizni. Mindezek mellett eredményeink az intenzív tavaszi felmelegedések és lehűlések éven belüli együttes megjelenésére



is felhívják a figyelmet, mely erőteljes hőingások (pl. 2018. év) szintén összefüggésbe hozhatók a rendkívüli mértékű termésveszteséggel.

Kulcsszavak: éghajlatváltozás, tavaszi fagy, kajsz (Prunus armeniaca L.), Sár-hegy (Heves vármegye), intenzív tavaszi felmelegedés

1. BEVEZETÉS

A globális éghajlatváltozásból fakadó szélsőséges jelenségek, rekordokat megdöntő időjárási események és kedvezőtlen hatásokkal járó szélsőségek (extrémítások) a Föld különböző pontjain eltérő formában jelenhetnek meg. Hazánkban évről évre rendkívüli hőmérsékleti- és csapadékviszonyok jeleit tapasztaljuk, melyek sok esetben kiszámíthatatlan, bizonytalan és változékony formában nyilvánulnak meg. Az elmúlt években megnövekedett a magas hőmérsékleti értékek előfordulása (Lakatos, 2021; Bokros és Lakatos, 2022), ahogy felfigyelhettünk az egyre hosszabban elnyúló csapadékszegény időszakok – aszályok – kialakulására (Lakatos et al., 2021), valamint az ezt követő intenzív csapadékhullások megjelenésére is (Lakatos et al., 2021). Továbbá „világszerte számos szélsőséges eseményt, hőhullámokat, árvizeket, aszályokat és erdőtűzeket észleltek. Hosszan tartó intenzív hőhullámok sújtottak több európai országot (Franciaország, Spanyolország, Olaszország), Görögországban pedig nagy területen pusztított erdőtűz” (HungaroMet, 2024). Látható tehát, hogy a klimatikus rendszerben változások – ha úgy tetszik valamiféle rendellenességek – mutatkoznak, mely változásokhoz az emberiségnek alkalmazkodnia, vagy bizonyos esetekben ezen változások ellen védekeznie kell.

Ebben a tekintetben kivételes helyzetben van a mezőgazdaság, hiszen az agrárszektor – különösen a gyümölcsstermesztés – a leginkább kiszolgáltatott ágazat a légköri viszonyoknak. Ennek oka, hogy a szabad ég alatt történő mezőgazdasági művelést közvetlenül érinti a szélsőséges időjárásból fakadó számos légköri jelenség. Az elhúzódó szárazsággal együtt járó hőhullámok (Wang et al., 2023), vagy éppen az intenzív, özvényszerű esőzések (Khattak et al., 2024), ugyancsak gyors ütemű párolgással társulva (La Fuente et al., 2024; Tamás, 2016), valamint az éghajlatváltozás – még inkább a globális felmelegedés – következményeként megjelenő invazív kártevő fajok elterjedése (Peace et al., 2020; Tonnang et al., 2017) új, eddig ismeretlen kihívásokat jelent az agrárium számára. A szélsőséges időjárási jelenségekből fakadó kedvezőtlen körülmények befolyásolják a mezőgazdasági termesztés sikerességét, mely leginkább termésvesztés, minőségromlás és növekvő gazdasági ráfordítás formájában nyilvánulhat meg (Rey et al., 2016).

A nyugalmi-, illetve vegetációs időszak bármely fázisában (rügyfakadás, virágzás, termésképződés, érés, stb.) a kedvező hőmérsékleti- és csapadékviszonyok megléte az optimális, mely során bizonyos fenológiai folyamatok eredményesen képesek végbe menni. Ebből is látszik, hogy indokolt a klimatikus változások kistáji, lokális szintű és rövid éven belüli időszakokban meghatározott részletes vizsgálata. Annál is inkább, mivel az éghajlati rendszer megváltozásából eredő transzformációk mind ökológiai, mind növénykórtani szempontból kihívásokat jelentenek, ahogyan nehézségek elé állítja a kajszitermesztő gazdákat a főként tavaszi fagy hatására kialakuló fagykárból adódó termésingadozás is (Mendelné és Mendel 2021a). Ugyanis a sikeres kajszitermesztés a virágzáshoz szükséges időjárási feltételek fennállásával kezdődik. A legnagyobb kockázatot a virágzás fenológiai fázisában kialakuló tavaszi fagyok (Surányi és Molnár, 2011; Szalay et al., 2021), valamint a visszatérő – tavaszi felmelegedést követő, a terméskezdeményeket érő – tavaszi fagyok jelentik (Szabó és Nyéki, 1988). A Központi Statisztikai Hivatal (KSH) és a Fruitweb adatai szerint a tavaszi fagy hazánkban – érintve gyakorlatilag az ország összes termőterületét – a 2023. évben több mint 10 000



tonna termésveszteséget okozott. Az ehhez hasonló termés kieséseket tapasztalva (2. ábra), az elmúlt évtizedek kiemelkedő fontosságú feladatává vált a különböző kajszfajták fagytűrésének, téli, illetve tavaszi faggyal szembeni ellenállóképességének vizsgálata. Ebben a munkában Magyarországon élen járnak Dr. Szalay László és munkatársai, akik az elmúlt években végzett kutatási eredményeikkel kimutatták, hogy a hazai – magyar – nemesítésű kajszfajták jobb fagytűrésűek, mint a spanyol vagy olasz fajták (Szalay et al., 2016), mely megállapításokat Glišić et al., (2019) is alátámasztják tanulmányukban, miszerint a mediterrán változatoknál a kontinentális éghajlaton szelektált fajták a faggyal szemben ellenállóbbak. Szalay et al. (2021) által végzett szabadföldi fagykárvizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a magyar fajták közül kiváló fagytűrésű a 'Rózsakajsi C.1406' a 'Budapest', továbbá jó fagytűrésű a 'Ceglédi arany' és a 'Mandulakajsi', míg a külföldi fajták közül a 'Bergeron' és a Kanadában nemesített fajták tekinthetők a leginkább fagytűrőnek.

Ám nem elegendő a kajszi fajták fagytűrésének kutatása, hanem a szabadföldi vizsgálatok mellett szükség van a meteorológiai jelenségek és változások széleskörű, valamint hosszú időtávú megfigyelésére is, melyből következtethetünk a káresemények előfordulásának ütemére, gyakoriságára és súlyosságára. Ezért volt célunk e tanulmány megírásával feltárni azt, hogy az elmúlt két évtized (2002-2024) során a heves vármegyei Gyöngyös térségében található Sár-hegyen milyen ütemben és irányban változott meg a tavaszi fagyok virágzáskori előfordulása, valamint újbóli visszatérése, illetve bemutatni a virágzáskori hőmérsékleti körülmények kiszámíthatatlanságát, bizonytalanságát, így segítve a kajszi termesztők fagykár elleni küzdelmeit.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

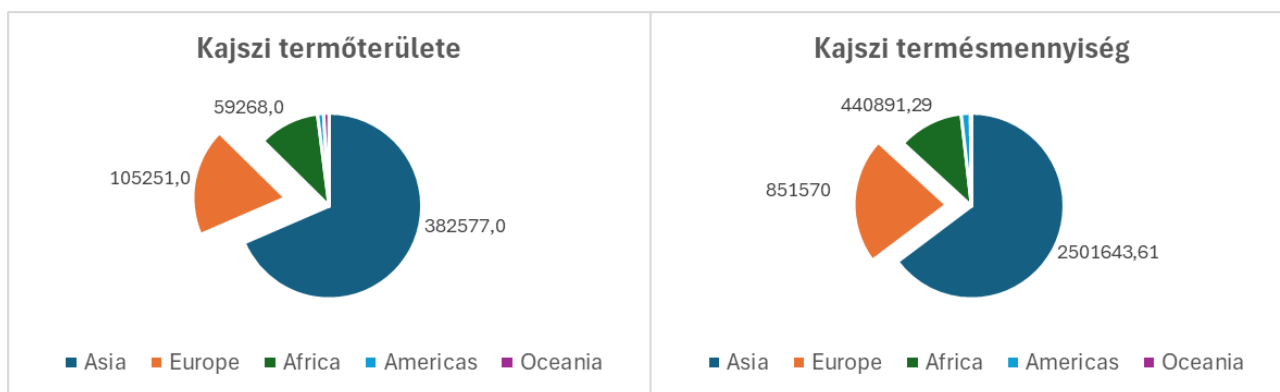
A kajszi a Rosaceae család, azon belül pedig a *Prunus* L. nemzetségbe tartozik. Származását tekintve Vavilov (1951) Kína északi területeit jelölte meg. A legtöbb termesztett kajszifajta a *Prunus armeniaca* L. faj alá tartozik, mely fajták négy különböző földrajzi csoportba sorolhatók: ázsiai, kaukázusi, európai és a dzsungár-altái (Kosztina, 1970). Az Európában, Észak-Amerikában, Dél-Afrikában és Ausztráliában termesztett fajták túlnyomó része egyaránt az európai csoportba sorolható, mely a legfiatalabbnak és a legkevésbé változatosnak tekinthető.

A kajszi az egész világon, így hazánkban is rendkívül kedvelt, gazdag illat- és aromaanyaggal bíró gyümölcs, mely frissen fogyasztva, illetve feldolgozva is népszerű. A kajszi közkedveltségét igazolják a FAOSTAT (az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezetének (FAO) élelmezési és mezőgazdasági adatbázisa) által rögzített termesztési adatok is, miszerint a 2022. évben a világon több mint 550 ezer hektáron folyt kajszi termesztés, megközelítőleg 3,9 millió tonna betakarított termésmennyiséggel. Ahogyan az 1. ábrán jól látható, hogy Ázsiában történik a legnagyobb területen – megközelítőleg 383 ezer hektáron – és a legnagyobb betakarított termésmennyiséggel – megközelítőleg 2,5 millió tonna – kajszi termesztés. A második legjelentősebb kajszitermesztő régió Európában található. Itt több mint 100 ezer hektáron folyik a kajszi termesztése.

Európában Olaszország (230 ezer tonna), Franciaország (128 ezer tonna) és Görögország (112 ezer tonna) adta 2022. évben a legnagyobb mennyiségű kajszitermést, ám e tekintetben hazánk is jól teljesített, hiszen az európai ranglistán a 8. helyen végzett Magyarország, a több mint 24 ezer tonna/év betakarított termésmennyiséggel (FAOSTAT).

Az FAOSTAT adataiból is látható, hogy a kajszi jellemzően – lévén, hogy fény- és melegigényes gyümölcsfaj – a mérsékelt égövi, kontinentális klímájú területeken érzi jól magát, ahol az évi középhőmérséklet 10-13 °C között van, a júliusi középhőmérséklet nem haladja meg a 18 °C-ot és a

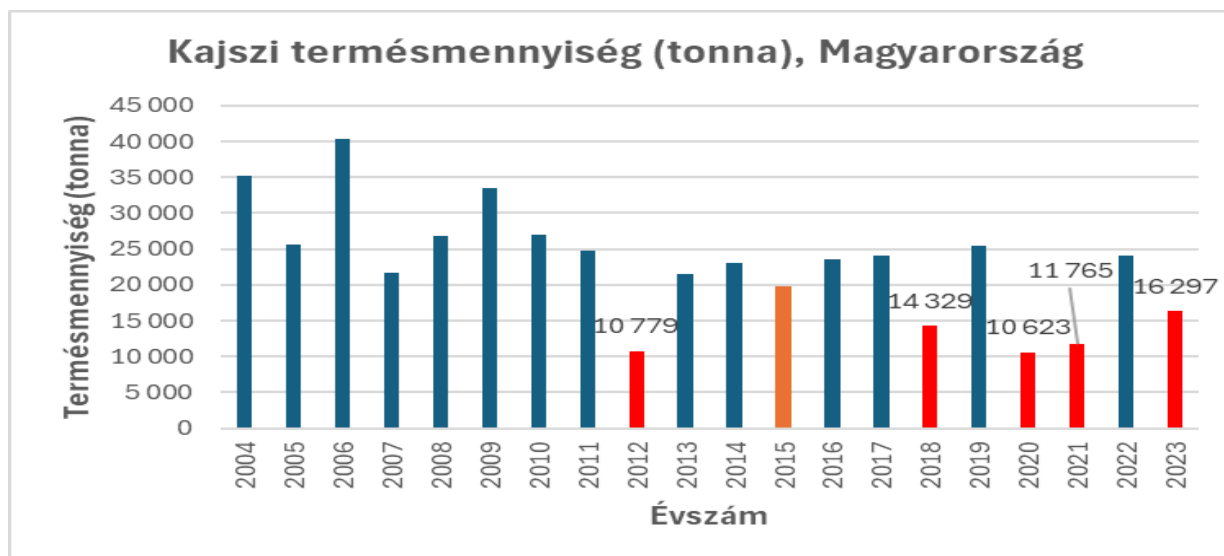
tenyészdíszak során a hőmérsékleti összeg eléri a 3000 °C-ot (Nyujtó és Surányi, 1981). Mindezek tekintetében, tehát a kajszi termesztése mindkét féltekén (északi és déli egyaránt) a 30. és 48. szélességi fokok között terjedt el (Hitka, 2011). Ebből fakadóan az is megállapítható, hogy hazánk a kajszi termesztés északi határvonalán található, melynek oka, hogy észak felé haladva növekszik a fagyvesztély kockázata, így a kajszi sikeres termesztetősége megkérdőjelezett (Nyujtó és Surányi, 1981; Péntes és Szalay, 2003). Magyarország esetében is – kimondottan, a fő veszélyforrásnak számító tavaszi fagyoknak hatására – megközelítőleg 3-4 évente lehet teljes értékű termésbetakarítással számolni (Mendelné és Mendel, 2021b).



1. ábra: Kajszi termőterülete (ha) és betakarított termés mennyisége (tonna), 2022

Forrás: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

A KSH adataiból is látszik (2. ábra), hogy a Magyarországon betakarított kajszi termés mennyisége az elmúlt két évtized során (2004-2023) – mely megközelítőleg lefedi a mi általunk kijelölt vizsgálati időintervallumot (2002-2024) is – meglehetősen változó volt. Kimondottan igaz ez a megállapítás a 2010. év utáni időszakra, amikor rekordalacsony termést takarítottak be. A helyzet súlyosságát és nemzetgazdasági jelentőségét az Agrárgazdasági Kutató Intézet 2024. évben kiadott – 2023. évre vonatkozó – tanulmánya is jelzi, miszerint a 2023. évben a legjelentősebb káreseménynek a tavaszi fagy volt tekinthető, mely hatására legnagyobb mértékben a kajszi károsodott. Ennek hatására a kajszi barackra kifizetett kárenyhítő juttatás mértéke meghaladta a 375 millió forintot, ami a 2022. évnek több mint ötszöröse volt. Ez az összeg az ültetvényekre kifizetett kárenyhítő juttatás több mint 32 százalékát tette ki (Áldorfai et al., 2024).



2. ábra: Kajsi betakarított termésmennyisége (tonna) Magyarországon, 2004-2023

Forrás: <https://www.ksh.hu/stadat?lang=hu&theme=mez>

Erdődiné és Kovács (2024) tanulmánya szerint előre jelezhetők a 2024. évre vonatkozóan is a tavaszi fagykarak, hiszen írásuk alapján ezen évben túl korán (február) megkezdődött a vegetációs időszak az átlagosnál melegebb időjárásnak köszönhetően, ami azt is jelenti, hogy a gyümölcsfák túl korán értek a virágzás fenológiai fázisába. Ezt követően, március 20-a után visszatértek a fagypont alatti hőmérsékleti értékek, valamint április közepén jelentős és gyors lehűlés volt tapasztalható, éjszakai fagyokkal.

A kajsi fagyérzékenységére számos (korai) tanulmány felhívta már a figyelmet (Kostina 1936; Szóts 1941; Mohácsy 1946), melyeket követően jelentős kutatások indultak meg a kajsi fagyűrését vizsgálva. Ezek alapján megállapítható, hogy a virágzás során kialakuló $-4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál erősebb fagyok már 80 %-ot meghaladó károsodást képesek okozni (Szabó és Nyéki 1988, 1991; Szabó et al., 1995). Zayan (1981) eredményei szerint teljes virágzáskor már a $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ is jelentős kártételt képes eredményezni, míg Szalay (2003) eredményei szerint a gyümölcskezdemények akár $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt is nagymértékben károsodhatnak.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

Kutatómunkánkat Gyöngyös térségére vonatkozóan végeztük, melyhez szükséges hőmérséklet adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat (HungaroMet Zrt.) Meteorológiai Adattárából igényeltük Kompolt (Gyöngyöshöz legközelebb található) állomásra vonatkozóan (ész.: 47,7397; kh.: 20,2358; tszfm.: 122,3), tekintettel arra, hogy a Gyöngyösön üzemelő meteorológiai állomásról nem álltak rendelkezésre egybefüggő hőmérsékleti adatsorok. A kompolti mérőállomásról származó adatsorok 2002. január 1-től napjainkig (2024. november) tartalmazznak napi bontású minimum-, maximum-, és középhőmérsékleti értékeket. Ez az adatmennyiség elegendő ahhoz, hogy az elmúlt 23 év során végbement, hőmérsékleti változásokat bemutató vizsgálatokat végrehajtsuk. A hőmérsékleti adatsort illetően fontos megjegyezni, hogy 2019. évben adathiányt tapasztaltunk, ami 2019. március 24-től május 7-ig állt fenn, érintve a minimum-, maximum-, és középhőmérsékleti adatsorokat egyaránt. Mivel ez az időszak átfedésben van a virágzás fenológiai fázisával, ezért a vizsgált tartományból (2002-2024) a 2019. évet kivettük.



Vizsgálatainkat a virágzás éven belüli időszakának, valamint a virágzást közvetlenül megelőző és azt követő – a virágzás folyamatára és a termésképződésre hatást gyakorló, rövid – pár hetes időszak meghatározásával kezdtük. A szakirodalmi források alapján ezt az éven belüli időszakot február 20. és április 10. közötti időszámban határoztuk meg. Az adatok elemzéséhez ezen időszakot dekádokra – 10 napi blokkokra – osztottuk és az egyes indikátorok változását ezen egységekben vizsgáltuk. Kutatómunkánk során az alábbi indikátorokat jelöltük ki.

Különböző erősségű fagyok előfordulása (gyakorisága):

- $T_{min} \leq -1,5\text{ °C}$; amikor a napi minimum hőmérséklet $-1,5\text{ °C}$, vagy annál alacsonyabb (nap);
- $T_{min} \leq -4,0\text{ °C}$, amikor a napi minimum hőmérséklet $-4,0\text{ °C}$, vagy annál alacsonyabb (nap);
- $T_{min} \leq -6,5\text{ °C}$, amikor a napi minimum hőmérséklet $-6,5\text{ °C}$, vagy annál alacsonyabb (nap).

Az utolsó tavaszi fagy előfordulása:

- Az utolsó tavaszi fagy előfordulásának napja (Julián nap = J_n);
- Az utolsó tavaszi fagy erőssége ($^{\circ}\text{C}$), $T_{min} < 0,0\text{ °C}$.

Tavaszi felmelegedés intenzitása:

- Napi maximum hőmérsékleti értékből számolt 10 napot felölő meredekség ($^{\circ}\text{C}$).

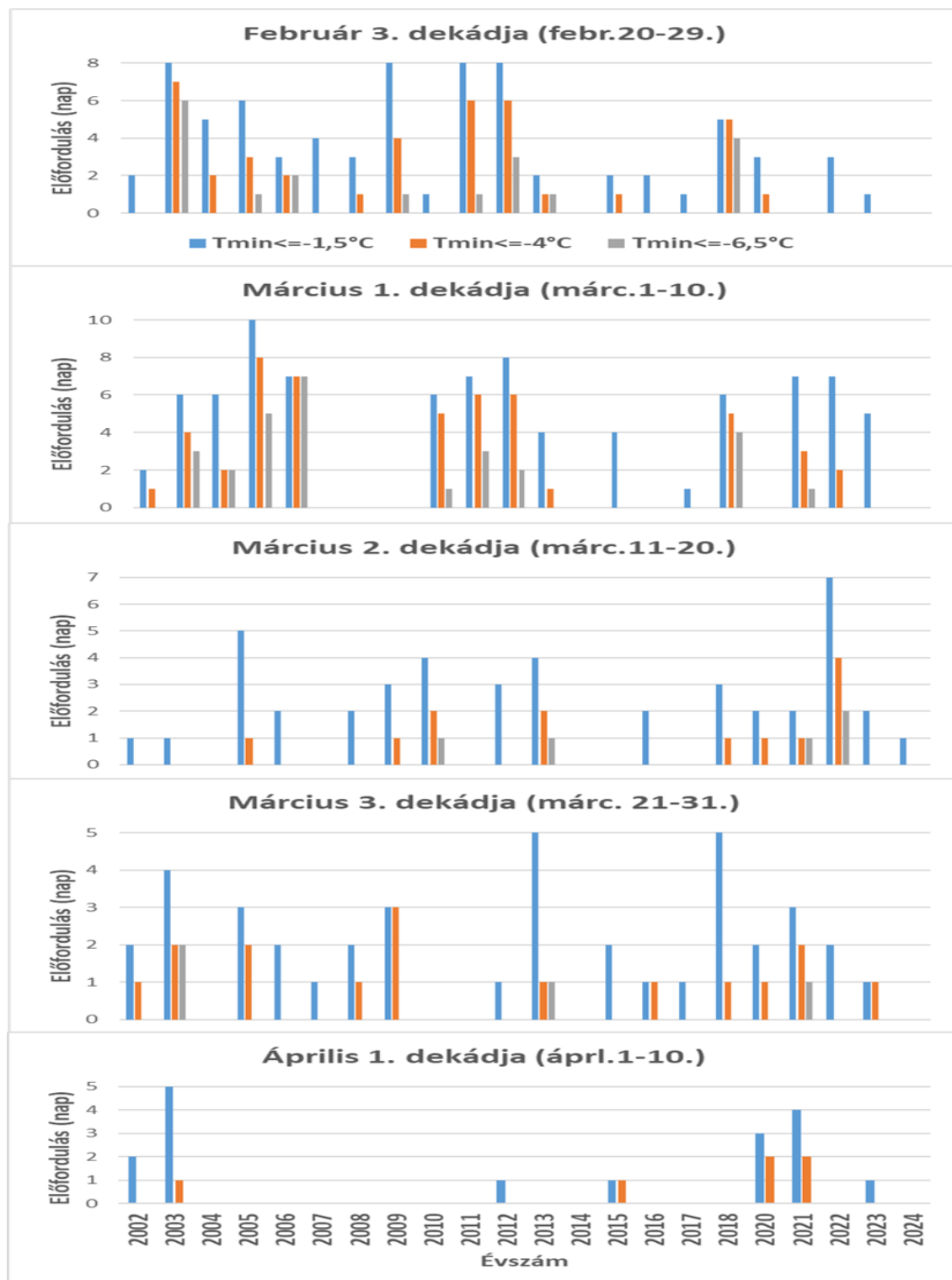
Az elmúlt 22 évre vonatkozóan vizsgáltuk a napi maximum hőmérsékleti értékek maximumának, a napi középhőmérsékleti értékek átlagának, valamint a napi minimum hőmérsékleti értékek minimumának változását a február 20. és április 10. közötti éven belüli időszakban.

Az adatok kezelését, elemzését és kiértékelését, úgy, mint gyakoriságvizsgálat, lineáris trendvizsgálat, valamint a Student-féle t-próba segítségével a meredekségre vonatkozó szignifikanciaérték-számítást – legalább $\alpha = 0,05$ szinten –, MS Excel segítségével végeztük, a kapott eredményeinket pedig diagramokon mutatjuk be.

4. EREDMÉNYEK

Az 3. ábrán látható a különböző erősségű fagyok ($T_{min} \leq -1,5\text{ °C}$ (enyhe); $T_{min} \leq -4,0\text{ °C}$ (közepesen erős); $T_{min} \leq -6,5\text{ °C}$ (erős)) előfordulásának megváltozása 2002-2024 között a virágzás fenológiai szakaszában (február 20. – április 10.). Az ábrán látott eredmények alapján arra következtethetünk, hogy az erős ($T_{min} \leq -6,5\text{ °C}$) fagyok, az általános felmelegedési trendeket követve – A Meteorológiai Világszervezet (WMO) jelentése szerint globálisan 2023. év volt a legmelegebb esztendő 1850 óta – megritkulni, sőt eltűnni látszik a február végi (február 3. dekád), március eleji (március 1. dekád) időszakokban. Ez összhangban lehet azzal a ténnyel, hogy hazánkban a 2023/2024-es tél, valamint 2024. év tavasza volt a legmelegebb 1901 óta (Szolnoki-Tótván, 2024), ami szintén a felmelegedés tagadhatatlan jelét mutatja.

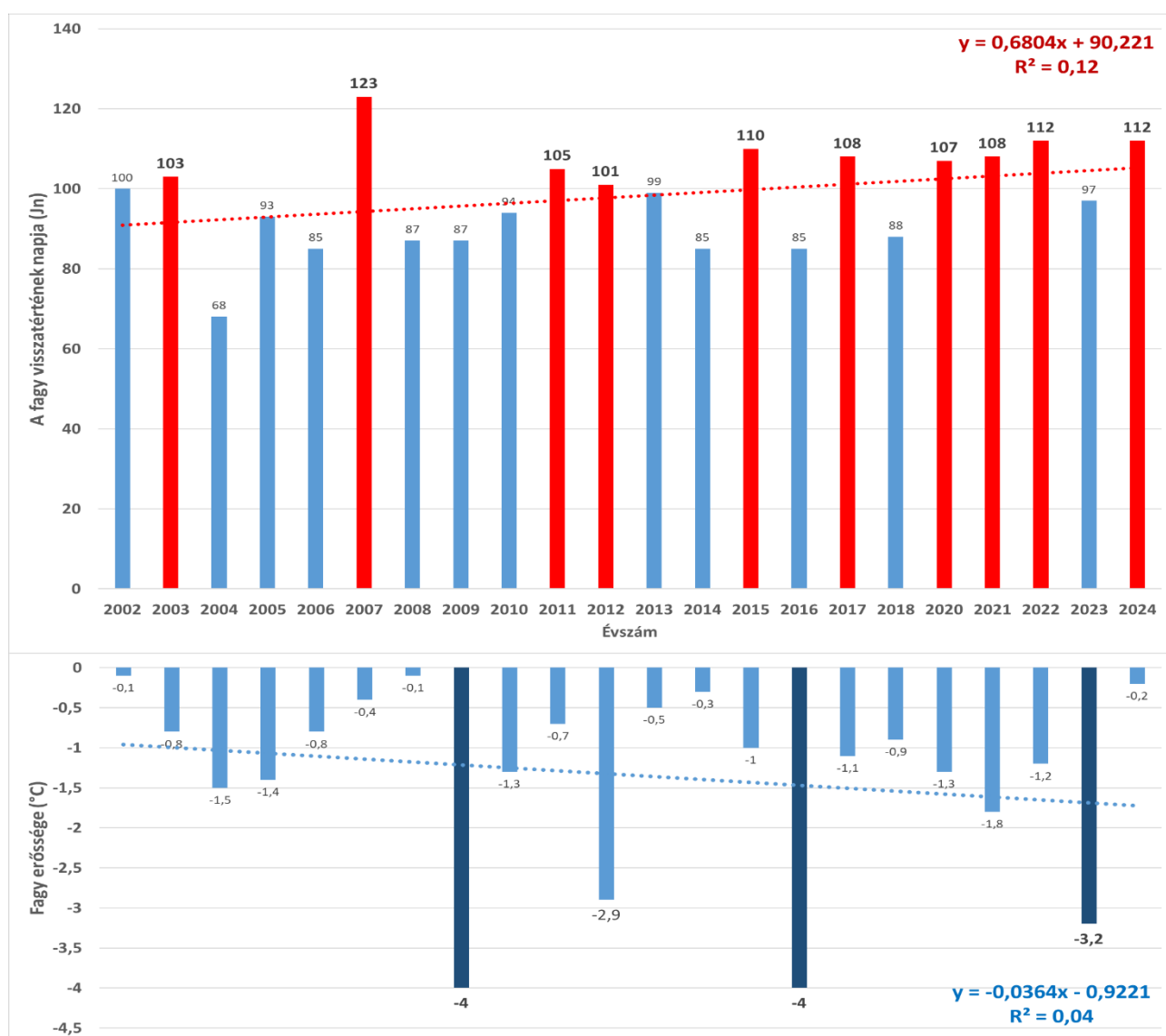
Az enyhe és közepesen erős fagyok előfordulása a virágzás teljes időszakára jellemző volt. A fagyok előfordulásának mérséklése április 1. dekádjában következett be, ám különösen érdekes – és talán az éghajlatváltozásból fakadó kiszámíthatatlansággal a leginkább egybevágó – megfigyelés, hogy a 2020. évet követő időszakban előfordulásuk gyakoribbá vált. Tendenciaszerű változást megállapítani nem tudunk, ám az jól látszik, hogy a virágzaskori fagyok megjelenésére kisebb megszakítások mellett, rendszeresen számíthatunk, és különösen az április eleji – a tavaszi felmelegedést követő – enyhe és közepesen erős fagyok visszatérésre szükségszerű felkészülni.



3. ábra: A virágzás fenológiai fázisában kialakuló különböző erősségű fagyok ($T_{min} \leq -1,5^{\circ}\text{C}$; $T_{min} \leq -4,0^{\circ}\text{C}$; $T_{min} \leq -6,5^{\circ}\text{C}$) gyakoriságának megváltozása Gyöngyös térségében (2002-2024)



A 4. ábrán látható az utolsó tavaszi fagy visszatérésének napja (J_n) és az ezen a napon kialakuló fagy erőssége ($^{\circ}\text{C}$), vagyis a napi minimum hőmérsékleti értéke. Az itt látható eredményekből következtethetünk arra, hogy az elmúlt megközelítőleg két évtized (2002-2024) során az utolsó tavaszi fagyos napok az év egyre későbbi napján, vagyis jellemzően április 2., illetve 3. dekádjában térnek vissza, alakulnak ki. Ez látható a 4. ábra felső diagramjára illesztett trendvonalból, és annak egyenletéből is. Habár az általunk végzett trendvizsgálat nem mutat szignifikáns változást ($P = 0,11$), az egyenlet b_1 értéke ($b_1 = +0,680$) emelkedő tendenciát igazol, mely megállapítás azt jelenti, hogy a vizsgált 22 év során évtizedenként megközelítőleg egy héttel (6,8 nap) tolódott ki az utolsó tavaszi fagyok megjelenése.



4. ábra: A tavaszi utolsó fagy visszatérésének napja (J_n) és erőssége ($^{\circ}\text{C}$) Gyöngyös térségében (2002-2024)

Az általunk tapasztalt változások bizonyos mértékben összecsengenek a KSH termésadataival (2. ábra) és megmagyarázzák a 2012., 2020., 2021. és 2023. éveken betakarított rendkívül alacsony termésmennyiséget. Ugyanis, ha a 4. ábra alsós diagramjára tekintünk, láthatjuk, hogy ezekben az



években nem csak későn (április 1-3. dekádjában), hanem kritikusan alacsony – $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot meghaladó erősségű – fagy formájában tértek vissza a tavaszi fagyok.

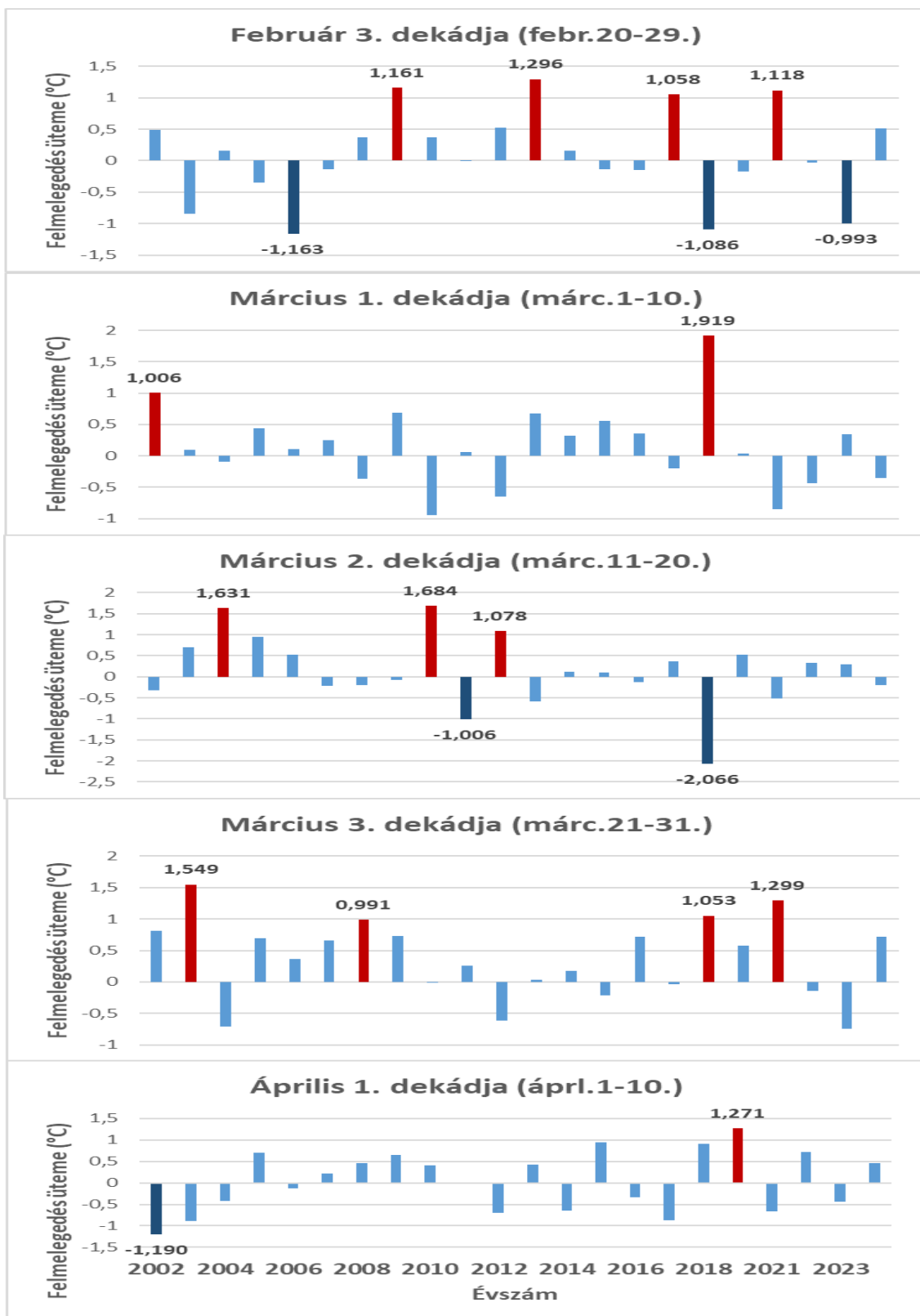
A 4. ábra alsó oszlopdiagramján az is látható, hogy – míg az utolsó tavaszi fagyok megjelenése egyre inkább kitolódni látszik – a tavaszi utolsó fagyos nap egyre alacsonyabb hőmérsékleti érték formájában jelent meg. Ez a diagramra illesztett trendvonalból és annak egyenletéből is kitűnik. Habár az utolsó tavaszi fagyos nap hőmérsékleti értékére vonatkozó trendvizsgálat eredménye nem mutat szignifikáns változást ($P = 0,37$), az egyenlet b_1 értéke ($b_1 = -0,036$) igazolja, hogy az elmúlt 22 év során a visszatérő utolsó tavaszi fagy egyre alacsonyabb – megközelítőleg évtizedenként $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ – hőmérsékleti értékkel alakult ki.

Összességben megállapítható, hogy a kajszi sikeres termesztését nehezítheti az utolsó tavaszi fagyok egyre későbbi időpontban és egyre erősebb fagy képében történő visszatérése. Erre főképp a 2010. év utáni időszakban kialakuló jelenségekből következtethetünk, miszerint a 2011-2024 közötti időintervallumban (13 év) 8 olyan esztendő fordult elő – tehát az esetek több mint 60 %-ában –, amikor az utolsó tavaszi fagy április 2. dekádjában, vagy az után következett be, és szintén 8 olyan esztendő fordult elő, amikor az utolsó tavaszi fagy erőssége elérte, illetve meghaladta a kritikusan tekinthető $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot.

Az 5. ábrán bemutatott eredményeink a virágzáskori hirtelen bekövetkező, intenzív lehűlés, és intenzív felmelegedés előfordulását, valamint dekádonként bekövetkező váltakozását tartalmazzák. Intenzívnek – gyors üteműnek – tekintjük a 10 nap alatt (dekád) $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékletemelkedést elérő, illetve azt meghaladó felmelegedést (piros szín), valamint a $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékletcsökkenést elérő, illetve azt meghaladó lehűlést (kék szín).

Az eredményeink a 2. ábrán – a KSH által rögzített adatok alapján – bemutatott, a 2018., 2020. és 2021. években tapasztalt gyenge termés hozamokra lehet magyarázat, miszerint a 2018. év tavaszára – vagyis a virágzás fenológiai fázisára, (február 20. – április 10.) – az intenzív, gyors ütemű lehűlések és felmelegedések váltakozásai lehettek kedvezőtlen hatással (5. ábra), míg a 2020. és 2021. évekre a március végi intenzív felmelegedések, melyeket követően erőteljes ($-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot meghaladó) és későn (április 2. dekádjában) visszatérő fagyok alakultak ki (4. ábra).

Az 5. ábrán bemutatott eredményeinkből arra következtethetünk, hogy a virágzáskori egyenletlen, intenzív felmelegedésekkel vagy gyors ütemű lehűlésekkel jellemezhető időjárás kedvezőtlen hatással bírhat a termés hozamra kiváltképp abban az esetben, ha az intenzív felmelegedés március 3. dekádjában és/vagy április 1. dekádjában jelenik meg és azt követően visszatér az erőteljes fagy. A termésvesztésen túl, a késő téli és kora tavaszi felmelegedés hatással van a nedvkeringés beindulásának folyamatára, mivel képes annak ütemét felgyorsítani, melynek következtében a kora tavaszi, illetve késő tavaszi fagyok komoly károkat képesek okozni (Tamássy, 1981). A kajszi esetében ennek az a legfőbb oka, hogy a téli mélynyugalom utáni néhány $^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékletemelkedés hatására a rügyduzzadás folyamata megindul, és ezáltal a rügyek fagyállósága is jelentősen lecsökken (Molnár és Vágó, 1999). Csihon (2022) megállapításai arra is kiterjednek, hogy a felmelegedés és lehűlés egymást követő váltakozása már a növényi szövetekben, jelentős mértékű hőmérsékletingadozás pedig a törzsben is képes elváltozásokat, károkat okozni.

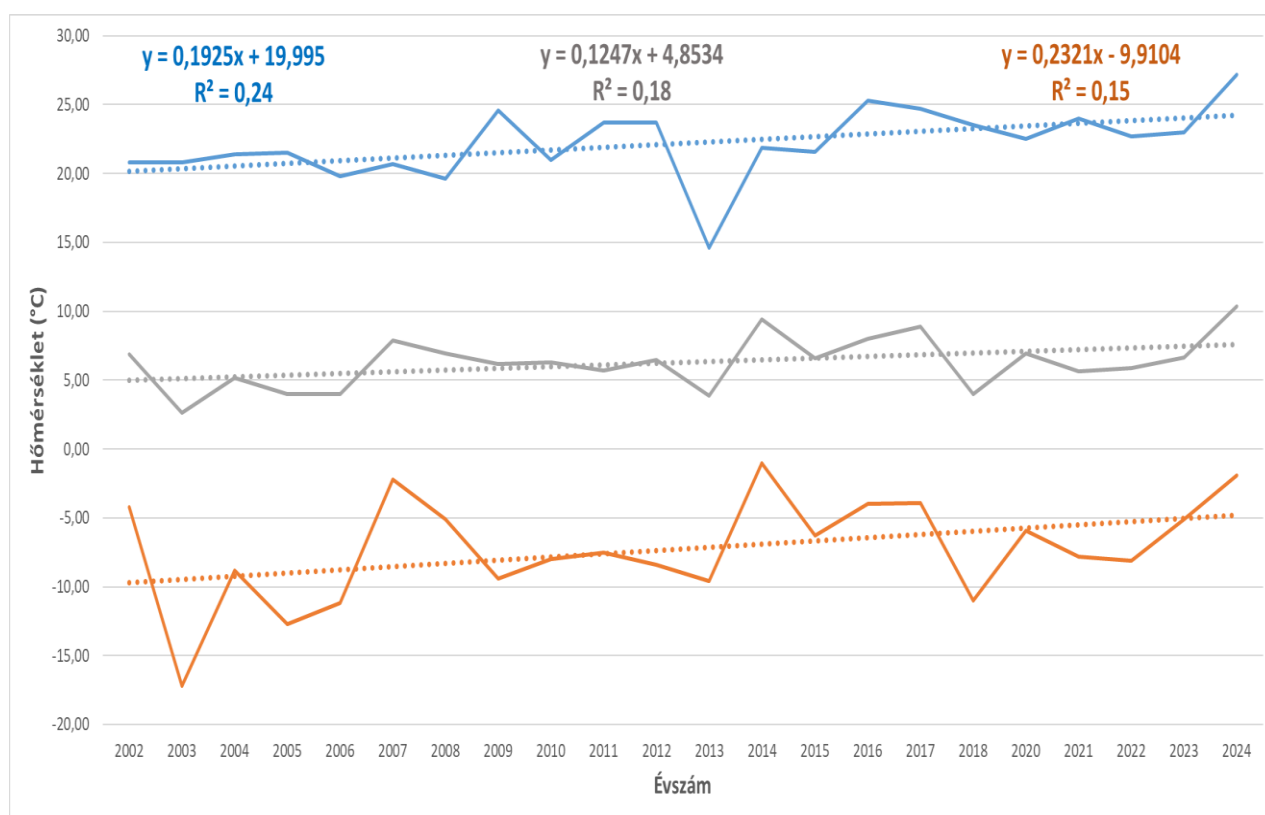


5. ábra: A felmelegedés intenzitásának vizsgálata a virágzás fenológiai fázisában Gyöngyös térségében (2002-2024)

A 6. ábra az elmúlt bő két évtizedre (2002-2024) jellemző általános felmelegedési tendenciát mutatja be, mely azt hivatott igazolni és alátámasztani, hogy a klímaváltozással azonosított globális felmelegedés, mely hazánkban, sőt egészen pontosan a heves vármegyei Sár-hegyen is tapasztalható, magával hordozza a minimum-, közép-, és maximum hőmérsékleti értékek emelkedését egyaránt, továbbá igazolja, hogy a felmelegedés jeleit nem elegendő éves viszonylatban vizsgálni. Az általunk bemutatott változások azt a megállapítást támasztják alá, miszerint szükséges a rövid éven belüli időszavok részletes analízise, mint például az általunk kijelölt, a kajszi virágzásának éven belüli időszakával egybeeső időszak.

A vonaldiagramokra illesztett trendvonalak és azok egyenletei jól mutatják, hogy az elmúlt 23 évben (2002-2024) a felmelegedés jelei a tavaszi – a kajszi virágzáskori (február 20. – április 10.) időszakában – egyértelműen tapasztalhatók voltak.

Az általunk végzett trendvizsgálat a maximum hőmérsékleti értékek esetében szignifikáns ($P = 0,02$) változást mutat. A növekvő irányú változást az egyenlet b_1 értéke ($b_1 = 0,192$) igazolja, miszerint az elmúlt 22 év során évtizedenként megközelítőleg 2°C -al emelkedtek a maximum hőmérsékleti értékek. Növekvő irányú ($b_1 = 0,232$) változást tapasztaltunk – $P = 0,07$ szignifikanciaszinten – a minimum hőmérsékleti értékek esetében, ami az elmúlt 22 évre vonatkozóan évtizedenként megközelítőleg $2,3^\circ\text{C}$ -os hőmérsékletemelkedést mutat. A középhőmérsékleti értékek esetében az elmúlt 22 évre vonatkozóan $P = 0,05$ szignifikanciaszinten tapasztaltunk szignifikáns növekvő irányú változást, mely évtizedenként megközelítőleg $1,2^\circ\text{C}$ hőmérsékletváltozást ($b_1 = 0,124$) jelent.



5. ábra: A maximum (kék)-, közép (szürke)- és minimum (narancs) hőmérsékleti értékek változása Gyöngyös térségében február 20. és április 10. között (2002-2024)



Ezen túlmenően a 6. ábrán bemutatott változások arra is felhívják a figyelmet – egyúttal utalva a 3-5. ábrákon bemutatott eredményeinkre is – hogy az általános felmelegedés nem jár együtt a fagyok, valamint az azokkal együtt járó veszélyek és káresemények eltűnésével és megszűnésével. Tehát a minimum-, közép- és maximum hőmérsékleti értékek emelkedése mellett szükségszerű a fagyok kialakulásának és visszatérésének veszélyével számolni.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A különböző erősségű tavaszi fagyok előfordulásának megváltozását, a visszatérő tavaszi fagyok idejét és erősségét, valamint a tavaszi felmelegedés ütemének változását a kajszi virágzásának éven belüli időszakához kötve végeztük a heves vármegyei Sár-hegyre vonatkozóan az elmúlt több mint két évtized (2002-2024) távlatában.

Eredményeinkből kitűnik, hogy a kajszi virágzásának fenológiai szakaszában (február 20. – április 10.) az elmúlt 23 év során a tavaszi fagyok megjelenésével, az általános felmelegedő tendencia ellenére is számolni kellett, ahogy az utolsó tavaszi fagyok egyre későbbi (április 2. és 3. dekádja) és egyre erőteljesebb ($T_{min} \leq -1,0^{\circ}\text{C}$) visszatérésével is. A különböző erősségű tavaszi fagyok virágzáskori megjelenése, valamint a késői (április végi) és erőteljes fagyok visszatérése összhangban van a KSH által rögzített termésmennyiség adatokkal, vagyis azon évek (2012., 2018., 2020., 2021. és 2023.), melyekben rendkívül alacsony volt a betakarított termésmennyiség (mennyiség < 17.000 tonna/év), megegyeznek azokkal az évekkel, melyekben a különböző erősségű fagyok nagy számban alakultak ki, a visszatérő fagyok április 2. illetve 3. dekádjában, valamint $-1,0^{\circ}\text{C}$ alatti hőmérsékleti érték formájában jelentek meg.

Mindezek mellett a tavaszi intenzív felmelegedések kialakulása is jellemző volt ezekre az évekre (2018, 2020, 2021), melyek a visszatérő fagyok káros hatásait fokozni képesek.

Általánosságban megállapítható tehát, hogy az általános felmelegedés ellenére a tavaszi fagyok megjelenésével és visszatérésével, valamint az ebből fakadó kedvezőtlen hatásokkal és következményekkel az elmúlt 23 év során számolni kellett, ami arra enged következtetni, hogy a kajszi termesztő gazdák számára a fagyvédelmi munkálatok elvégzése április 3. dekádjáig elengedhetetlen, melyre a kora tavasszal kialakuló intenzív felmelegedő hullámok ellenére évről évre szükség van.

Mindezek mellett megállapítható, hogy a növénynemesítés feladata immáron nem csak a kajszi tavaszi faggyal szembeni ellenállóságának fokozása, hanem az intenzív lehűléssel és felmelegedéssel – vagyis az éven belüli, kora tavaszi erőteljes hőingással – szembeni ellenállóság fejlesztése is.



**Case Study, Exploration of the Risk in the Cultivation of Apricots
(*Prunus armeniaca* L.) in Sár-Hegy (Heves County),
based on the examination of frost damage**

FÜZI TAMÁS¹, BOGDÁN PÉTER²

¹Albert Kázmér Faculty of Agricultural and Food Sciences of Széchenyi István University

Department of Applied Sustainability, Győr, Hungary

ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0007-6754-2911>

E-mail: fuzi.tamas@sze.hu

²Széchenyi István University, Audi Hungaria Vehicle Engineering, Győr, Hungary

*Corresponding author/Levelező szerző

ABSTRACT

Nowadays, climate change manifests itself in many ways, often in the form of weather extremes and events of unpredictable suddenness. There are many different signs of change in the climate system, and their manifestations vary in space and time. It is therefore important to study the signs of climate change at the local and regional level in as much detail as possible. The Sár-hegy in Heves County is no exception. Its specific natural geographical and microclimatic conditions are particularly favourable for the cultivation of apricots (*Prunus armeniaca* L.), which also means that even small, unfavourable atmospheric changes due to climate change can affect the success of apricot cultivation, which has a history of several decades, and which changes can have negative consequences, among others, for the national economy. Since the prosperous cultivability of apricots is mainly influenced by the onset of frosts during efflorescence, the return and reappearance (in spring) of frosts and the severity of spring frost. Therefore, the aim of this study is – for the last two decades (2002-2024) – to investigate the evolution of these phenomena and circumstances and to present and explore in detail the results obtained. Our results show, that, despite the general warming trend, the occurrence of mild ($T_{min} \leq -1.5^{\circ}\text{C}$) and moderately hard ($T_{min} \leq -4.0^{\circ}\text{C}$) spring frosts could be expected regularly throughout the phenological flowering phase (20 February – 10 April). Meanwhile, the occurrence of hard frosts ($T_{min} \leq -6.5^{\circ}\text{C}$) seemed to become less frequent in the 3rd decade of February and 1st decade of March, but their return could be expected periodically in the 2nd and 3rd decade of March. The return of the last spring frost day of the year occurred increasingly later (2nd and 3rd decade of April) and in the form of lower and lower temperatures in the period 2002-2024, in most cases in the form of a critical frost ($T_{min} \leq -1.0^{\circ}\text{C}$). All these changes suggest that in the northern parts of the country it is necessary to maintain frost protection preparedness and the possibility of applying frost protection procedures in apricot plantations until the end of April. In addition to this, our results draw attention to the combined occurrence of intense spring warming and cooling within a year, which severe heat fluctuations (e.g. 2018) are also associated with exceptional yield losses.

Keywords: *climate change, spring frost, apricot (*Prunus armeniaca* L.), Sár-hegy (Heves County), intensive spring warming*



IRODALOMJEGYZÉK

- Áldorfai, G., Hámori, J., Keszthelyi, S., Kocsis, Á., Kovač, A. R., Péter, K., & Szili, V. (2024). A mezőgazdasági kockázatkezelési rendszer működésének értékelése 2023. Agrárközgazdasági Intézet. <https://doi.org/10.7896/ai2404>
- Bokros, K. & Lakatos, M. (2022). Hőségperiódusok vizsgálata Magyarországon a XX. század elejétől napjainkig. *Léggör*, 67(3), 130-140. <https://doi.org/10.56474/legkor.2022.3.2>
- Csihon, Á. (2022). *Fajtahasználat a gyümölcstermesztésben*. Debreceni Egyetem Kiadó, Debrecen.
- Erdődiné, M. Zs. & Kovács A. V. (2024). A 2024-es tavasz időjárása agrometeorológiai szempontból. *Léggör*, 69(3), 59-60. <https://doi.org/10.56474/legkor.2024.3.1>
- Glišić, I., Milošević, T., Ilić, R., Paunović, G., Jovančić, N. & Vujisić, M. (2019). *Freezing flower buds of apricot (Prunus armeniaca L.) during winter dormancy* [Conference session]. XXIV savetovanje o Biotehnologiji 2020. pp. 523-530.
- Hitka, G. (2011). *Kajszi szabályozott légterű tárolástechnológiájának fejlesztése* [Doktori (PhD) Értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem].
- Khattak, W. A., Abbas, A., Hameed, R., Balooch, S., Jalal, A., Zaman, F., Shafiq M., & Sun, J. (2024). Climate change induced environmental adversities and their impact on agricultural productivity. In *Challenges and Solutions of Climate Impact on Agriculture* (pp. 1-28). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-23707-2.00001-5>
- Kostina, K. F. (1936). *Abrikosz*. Izd. Vseszozjuz. Akad. Sz. Nauka. Leningrad.
- La Fuente, S., Jennings, E., Lenters, J. D., Verburg, P., Kirillin, G., Shatwell, T., Couture, R-M., Côté, M., Vinnå, C. L. R., & Woolway, R. I. (2024). Increasing warm-season evaporation rates across European lakes under climate change. *Climatic Change*, 177(12), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10584-024-03830-2>
- Lakatos, M. (2021). Kiterjedt, gyors és egyre intenzívebb az éghajlatváltozás az IPCC 6. értékelő jelentése szerint. *Léggör*, 66(3), 29.
- Lakatos, M., Bihari, Z., Izsák, B., Marton, A., & Szentés, O. (2021). Megfigyelt éghajlati változások Magyarországon. *Léggör*, 66(3), 5-11.
- Mendelné, P. E. & Mendel Á. (2021a). Ceglédi kajszi fajták fagyűrésének vizsgálata szabadföldi felvételezések alapján. *Acta Agronomica Óváriensis*, 62(2), 4-15.
- Mendelné, P. E. & Mendel, Á. (2021b). Ceglédi bájos: a new apricot cultivar of Hungary. *Horticultural Science*, 56, 10.
- Mohácsy M. (1946). *A gyümölcstermesztés kézikönyve*. Pátria Kiadó, Budapest.
- Molnár, L., & Vágó E. (1999). *Kajszi termesztés képekben*. Magyar Gyümölcs-szövetség Délalföldi Tagozata, Kecskemét.
- Nyujtó, F. & Surányi, D. (1981). *Kajszi barack*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Peace, N. (2020). Impact of climate change on insects, pest, diseases and animal biodiversity. *Int. J. Environ. Sci. Nat. Resour*, 23(5), 151-153. <https://doi.org/10.19080/IJESNR.2020.23.556123>
- Rey, D., Holman, I. P., Daccache, A., Morris, J., Weatherhead, E. K., & Knox, J. W. (2016). Modelling and mapping the economic value of supplemental irrigation in a humid climate. *Agricultural Water Management*, 173, 13-22. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.04.017>
- Surányi, D., & Molnár, L. (2011). A fajták téli és tavaszi fagyűrése. In Surányi, D. (Szerk.): *A sárgabarack*. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő.
- Szabó, Z. & Nyéki, J. (1988). Kajszi-, cseresznye- és meggyfajták fagykárosodás. *Gyümölcs-Inform* 10(1), 15-19.



- Szabó, Z. & Nyéki, J. (1991). Csonthéjas gyümölcsfajok fagykárosodása. *Kertgazdaság*, 23(2), 9-19.
- Szabó, Z., Soltész, M., Bubán, T. & Nyéki, J. (1995). Low winter temperature injury to apricot flower bud in Hungary. *Acta Hort.* 384, 273-276. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.384.41>
- Szalay, L. (2003). A virágrügyek kialakulása és fejlődése. In Péntes, B., Szalay, L. (Szerk.), *Kajszi* (pp. 162-167). Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Szalay, L., Ladányi, M., Hajnal, V., Pedryc, A. & Tóth, M. (2016). Changing of the flower bud frost hardiness in three Hungarian apricot cultivars. *Horticultural Science (Prague)*, 43(3), 134-141. <https://doi.org/10.17221/161/2015-HORTSCI>
- Szalay, L., Bakos, J., Tósaki, Á., & Froemel-Hajnal, V. (2021). Kajszfajták virágrügyeinek és virágainak fagyűrűzése a természetes fagykárak felmérése alapján. *Kertgazdaság*, 53(2), 3-15.
- Szolnoki-T, B. (2024). 2023/2024 telének időjárása. *Léghő*, 69(2), 60. <https://doi.org/10.56474/legkor.2024.2.1>
- Szőts S. (1941). *Kajszibaracktermesztés*. Magyar Gyümölcs, Budapest.
- Tamás, A. (2016). The effect of rising concentration of atmospheric carbone dioxide on crop production. *Acta Agraria Debreceniensis*, 67, 81-84.
- Tamássy, I. (1981). *A kertészeti rezisztencia nemesítés és lehetőségei*. Agrártudományi közlemények: A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztályának Közleményei, 0(1), 119-135.
- Tonnang, H. E., Hervé, B. D., Biber-Freudenberger, L., Salifu, D., Subramanian, S., Ngowi, V. B., & Borgemeister, C. (2017). Advances in crop insect modelling methods – Towards a whole system approach. *Ecological Modelling*, 354, 88-103. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.03.015>
- Vavilov, N. I. (1951). Phytogeographic basis of plant breeding. *Chron. Bot.* 13-54.
- Wang, C., Li, Z., Chen, Y., Ouyang, L., Li, Y., Sun, F., Liu, Y., & Zhu, J. (2023). Drought-heatwave compound events are stronger in drylands. *Weather and Climate Extremes*, 42, 100632. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2023.100632>
- Zayan, A. Z. (1981). *Különböző kajszibarack fajták hidegtűrésének alakulása szénhidrát, fehérje és az aminosavtartalom függvényében* [Kandidátusi értekezés, Magyar Tudományos Akadémia], Budapest.
- HungaroMet. (2024, December). Elmúlt évek időjárása. *HungaroMet*. https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_idoj_arasa

©Copyright 2025 by the Authors.

The journal is Open Access (Platinum). This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

