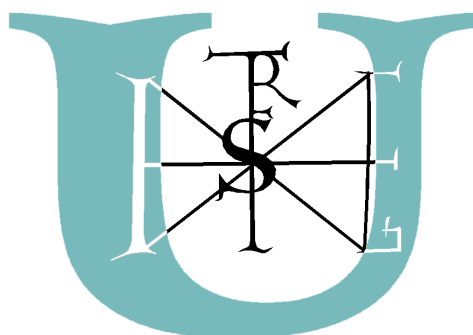




SZENT ISTVÁN EGYETEM

Doktori értekezés tézisei

A HŐMÉRSÉKLET ÉS A CSAPADÉK HATÁSA AZ ALMA FENOLÓGIAI JELENSÉGEIRE HAZAI TÖRTÉNETI ADATSOROK ALAPJÁN

SEPSI PANNA

GÖDÖLLŐ
2016

A doktori iskola

megnevezése:	Kertészettudományi Doktori Iskola
tudományága:	Növénytermesztési és kertészeti tudományok
vezetője:	Dr. Zámboriné Németh Éva egyetemi tanár, DSc Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Gyógy- és Aromanövények Tanszék
témavezető:	Dr. Tóth Magdolna egyetemi tanár, DSc Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Gyümölcstermő Növények Tanszék
	Dr. Tőkei László[†] egyetemi docens, CSc Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszék

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

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1 A munka előzményei

Az alma a mérsékelt égöv legszélesebb körben termesztett gyümölcse. A gyümölcsök közül mennyiség tekintetében világviszonylatban csupán a banán és a citrusfélék előzik meg. Bár az almafajták száma rendkívül nagy, üzemi körülmények között csupán a fajtaválaszték kis hányadát termesztik. A helyi és tájfajták fokozatosan szorultak ki az üzemi termesztésből, s az új fajták elterjedése is vontatott. A beszűkült fajtahasználat nemcsak a választék csökkenése, hanem a termesztés biztonsága és jövedelmezősége szempontjából is kockázatot jelent.

A régi és új almafajták szerepe a biodiverzitás megőrzése szempontjából kiemelkedő. Emellett a változatos gyümölcsfogyasztás feltételeinek megteremtésében is kulcsfontosságú szerepet töltenek be.

A mérsékelt égövi gyümölcsfajok termesztésének eredményességét alapvetően meghatározza az ökológiai igény és az adott termőhely természeti – földrajzi adottságainak egybeesése. Tóth (2013) szerint a különböző ökológiai hatások együttesen, komplex módon befolyásolják a növények viselkedését. E hatások közül nagy jelentőségűek az éghajlati adottságok és az időjárási tényezők. A termesztett alma alapvetően a kozmopolita gyümölcsfajok közé tartozik, mivel a faj alkalmazkodóképessége eléggé nagyfokú. Ugyanakkor az egyes időjárási viszonyok, s azon belül különösen a hőmérséklet az almatermesztés valamennyi aspektusára hatást gyakorolhat (Palmer, et al., 2003). A hőmérséklet hatással van a fiziológiai folyamatok összességének megvalósulására, de különösen a fenológiai jelenségek évenkénti alakulására.

A termesztés sikerességét alapvetően befolyásolja az is, hogy az agro- és fitotechnikai munkákat mennyire illesztjük a fenológiai menetekhez, illetve fenofázisokhoz. A gyümölcsstermesztési szakmában sematikus vagy közelítő megállapítások ismertek a fenológiai jelenségek és a termőhelyek hőmérsékleti és csapadékviszonyainak kapcsolatáról, de hazai vonatkozásban és megbízható adatok elemzésével nem készült még széleskörű elemzés az összefüggésekről.

Jelen dolgozat célja a hazai termesztésben korábban elterjedt fajták fenológiai sajátosságainak részletes leírása történeti adatsorok alapján, különös tekintettel a fenológiai viszonyok hőmérséklettel és csapadékösszeggel való kapcsolatának jellemzésére. Korábban és napjainkban dokumentált fenológiai jelenségek összehasonlítása alapján a klímaváltozásra is következtethetünk. Megállapításaink kutatók, nemesítők és termesztek számára egyaránt hasznosak lehetnek.

2 Célkitűzés

Doktori kutatásomban kárpát-medencei eredetű, illetve külföldi származású, de az 1950-es, 1960-as években ismert, az üzemi termesztésben elterjedt almafajtákat vizsgáltam az évjáráti hatások és a fenológiai jelenségeket befolyásoló hőmérsékleti és csapadékviszonyok szerepének részletesebb megismerése érdekében.

Munkám célja a hét almafajta 13 éves fenológiai adatainak feldolgozása és azok értékelése, valamint a hőmérsékleti és csapadékviszonyok hatásának elemzése az alábbi vizsgálatokon keresztül:

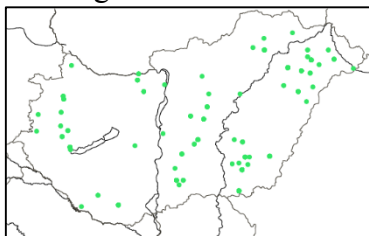
- Virágzásfenológiai adatok feldolgozása
 - A virágzási idő fajták és évek szerinti változékonyságának elemzése, valamint a hőmérsékleti indexekkel (átlaghőmérséklet, maximum hőmérséklet, minimum hőmérséklet, hőingás, hősszeg) és csapadékmennyiséggel való kapcsolatának meghatározása
 - A virágzási időtartam fajták és évek szerinti változékonyságának elemzése, valamint a virágzáskezdet, illetve a hőmérsékleti viszonyok és csapadékmennyiség hatásának elemzése
- Az érési időpontra vonatkozó adatok értékelése
 - A szedésre érettség fajták és évek szerinti változékonyságának bemutatása
 - A fővirágzástól az érésig eltelt napok számának fajtánkénti meghatározása, valamint az évek szerinti változékonyság leírása
- A vegetációs időszak tartamára vonatkozó adatok elemzése
 - A rügyattanástól a lombhullásig terjedő időtartam meghatározása fajtánként, továbbá az évek szerinti változékonyság leírása
 - A vegetációs időszakra vonatkozó hőösszegek kiszámítása fajtánként
 - A vegetációs időszak csapadékösszegének meghatározása
- Egyes fenológiai jelenségek térbeli változékonyságának bemutatása

3 Anyag és módszer

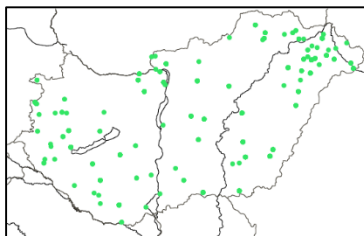
3.1 Fenológiai adatok

A vizsgálatokhoz felhasznált fenológiai adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat bocsátotta rendelkezésemre.

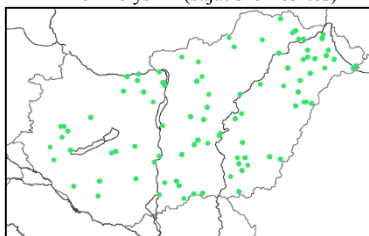
A hazai termesztésben széles körben elterjedt fajták esetében jegyezték fel a fenológiai adatokat (1. ábra – 7. ábra) 1952-től 1964-ig. Bár az adatbázis 13 év megfigyeléseit tartalmazza, ez nem azt jelenti, hogy minden egyes ültetvényről ennyi adat áll rendelkezésre, hanem hogy az 1952-től 1964-ig terjedő időszakon belül több egymást követő évből van elegendő információnk.



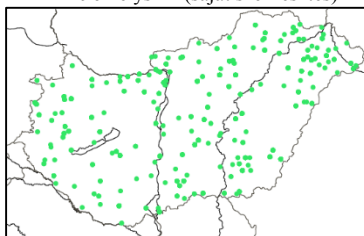
1. ábra: Fenológiai megfigyelések az 'Asztraháni piros' esetén – 61 helyszín (saját szerkesztés)



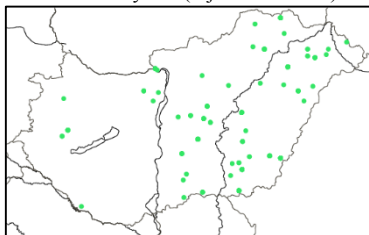
2. ábra: Fenológiai megfigyelések a 'Batul' esetén – 96 helyszín (saját szerkesztés)



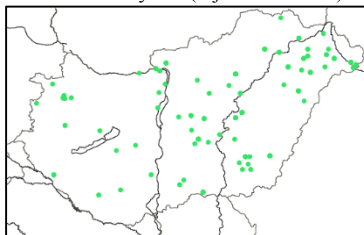
3. ábra: Fenológiai megfigyelések a 'Húsvéti rozsmaring' esetén – 93 helyszín (saját szerkesztés)



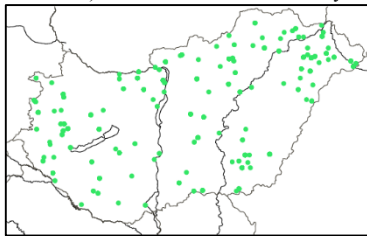
4. ábra: Fenológiai megfigyelések a 'Jonathan' esetén – 190 helyszín (saját szerkesztés)



5. ábra: Fenológiai megfigyelések a 'Nyári fontos' esetén – 50 helyszín (saját szerkesztés)



6. ábra: Fenológiai megfigyelések a 'Starking' esetén – 69 helyszín (saját szerkesztés)



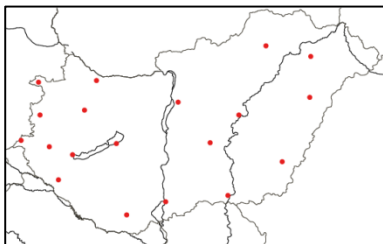
7. ábra: Fenológiai megfigyelések a 'Téli aranyparmén' esetén – 126 helyszín (saját szerkesztés)

A fenológiai vizsgálatokba bevont gyümölcsösök életkoráról, a sorok tájolásáról, a technológiáról nem állt rendelkezésre információ az adatbázisban. Az alanyhasználatot is csak néhány esetben jegyezték fel. Ezekben az esetekben többnyire magonc, ritkábban M. 4 alanyokat alkalmaztak.

Az adatok feldolgozásának első lépése a digitalizálás volt. Ezt követte a hibás adatok kiszűrése. Abban az esetben töröltem az adatokat, amikor a fenológiai fázisok nem egymást követő időrendi sorrendben szerepeltek az adatbázisban. Majd a kiugró értékek keresése következett. Amikor egy változóval dolgoztam, egydimenziós outlier kereséssel határoztam meg a kiugró értékeket. Abban az esetben, amikor két változó kapcsolatát jellemeztem, többdimenziós outlier keresést végeztem.

3.2 Hőmérsékleti adatok

A vizsgálatokhoz szükséges hőmérsékleti adatok az Országos Meteorológiai Szolgálat adatbázisából származnak (8. ábra). A napi középhőmérsékletet, a napi minimum és napi maximum hőmérséklet, valamint a napi hőingás adatokat használtam fel az elemzésekhez. A hiányzó adatokat a szomszédos állomások adatainak távolsággal súlyozott átlagával pótoltam.



8. ábra: A szinoptikus állomások – 19 szinoptikus állomás (saját szerkesztés)

A fenológiai megfigyelések mellé a megfigyelőhelyhez legközelebb eső meteorológiai állomás hőmérsékleti adatait párosítottam.

A rendelkezésre álló hőmérsékleti adatok felhasználásával hőösszegeket számítottam. Az elemzés során a hagyományos formula szerint számoltam (McMaster & Wilhelm, 1997):

$$GDD = \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_{i,min} + T_{i,max}}{2} - T_b \right),$$

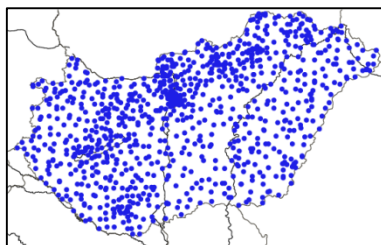
$$\text{ha } \left(\frac{T_{i,min} + T_{i,max}}{2} - T_b \right) > 0,$$

különben 0,

ahol $T_{i,max}$ a napi maximum hőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$], $T_{i,min}$ a napi minimum hőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$], T_b a bázishőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$] és n a fenológiai fázis hossza.

3.3 Csapadékmennyiség adatok

A vizsgálatokhoz szükséges csapadékadatok az Országos Meteorológiai Szolgálat adatbázisából származnak (9. ábra). A napi csapadékösszegeket használtam fel az elemzésekhez.



9. ábra: A szinoptikus és csapadékmérő állomások – 944 szinoptikus és csapadékmérő állomás (saját szerkesztés)

A csapadékösszegek meghatározásához minden esetben megkerestem a fenológiai megfigyeléshez legközelebb eső szinoptikus vagy csapadékmérő állomást, s ennek adatait vettem figyelembe. A legközelebbi állomás néhány kivételtől eltekintve a fenológiai megfigyelés 10 km-es körzetében volt.

3.4 Térképszerkesztés

A térképek megrajzolásához a GMT (The Generic Mapping Tools) szoftvert használtam, mely a kontúrvonalat háromszögeléses módszer segítségével rajzolja meg.

3.5 Statisztikai elemzések

Az egyes fenológiai fázisok, valamint a fenológiai fázisok és a meteorológiai viszonyok közötti összefüggést a korrelációs számítás módszerével vizsgáltam.

Amikor a lineáris kapcsolatot megfelelően erősnek ítéltam, a regresszió-analízis segítségével meghatároztam a kapcsolatot reprezentáló egyenes egyenletét.

Az adatbázisban szereplő fajták mintaátlagai közötti különbség felmérésére varianciaanalízist végeztem. A szórások azonossága esetén a post hoc tesztet Tukey módszerével végeztem el, ha a szórás-homogenitás enyhén sérült, akkor a Games-Howell-féle módszert alkalmaztam.

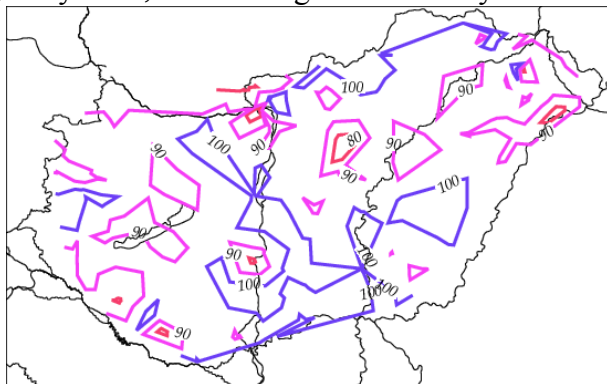
A statisztikai elemzéseket az IBM SPSS Statistics 22 szoftver segítségével végeztem el.

4 Eredmények

A vizsgálatok során több szempont szerint értékeltem az adatokat. Először minden esetben a teljes adathalmazra vonatkozóan végeztem el a kiugró értékek keresését, majd ezt megismételtem úgy, hogy az adatsort fajták, évek, végül pedig éghajlati körzetek szerint felbontottam. Az éghajlati körzeteket Réthly (1933) nyomán határoztam meg. A *C* jelű a meleg-mérséklet, a *D* pedig a hűvös területeket takarja. Ezen belül megkülönböztethetünk olyan területeket, ahol a júliusi középhőmérséklet meghaladja a 22 °C-ot (*a*), illetve ahol nem (*b*). A nyári eleji csapadékmaximumra az *x* jelölés, a júliusra (többnyire konvektív csapadék) az *x''* utal. A *z* a másodlagos őszi csapadékmaximumot jelöli.

4.1 Rügypattanás

A rügypattanás időpontjáról 2533 megfigyelés állt rendelkezésre az adatbázisban, melynek 4,15%-át kiugró értéknek nyilvánítottam.



10. ábra: A rügypattanás átlagos időpontja

A rügypattanás átlagos időpontja egyenlőtlen területi eloszlású (10. ábra), az értékek nincsenek összhangban a hőmérséklet tavaszi térbeli eloszlásával. Ugyan a délnyugati országrészben jellemzően hamarabb tavaszodik, mégis hasonlóan korai rügypattanással találkozhatunk az Alföld északi részén is.

4.1.1 A fajták szerinti változékonyság

A fajták szerinti változékonyság vizsgálatánál az adatok 3,83%-át kiugró értéknek jelöltem. A varianciaanalízis alapján szignifikáns fajtahatás mutatható ki ($F(6;2526) = 3,337$; $p = 0,003$).

A rügypattanás egyes fajtákra vonatkozó átlagos időpontjai között néhány nap eltérés figyelhető meg. A legkorábbi időpontok a nyári fajtákra jellemzők, az összes többi vizsgált fajta átlagos rügypattanása ezután 2–3 nappal következik be.

A nyári fajták esetén az ország területének kis hányadán következik be a 100. nap után a rügypattanás. Érdeemes megjegyezni, hogy ez a terület pont az országnak az a része, ahol általában korábbi a tavasz kezdete.

4.1.2 Az évek szerinti változékonyság

Az évek szerinti változékonyság vizsgálatánál az adatok 5,49%-át kiugró értéknek jelöltem. A varianciaanalízis alapján szignifikáns évjáráthatás mutatható ki ($F(12;2520) = 220,617$; $p < 0,001$).

1. táblázat: A rügyattanás átlagos időpontja évek szerint

Évek	Átlag	Dátum	Szórás	Terjedelem	Elemzés	Post hoc teszt*
1952	94	április 3.	7,8	33	62	d
1953	88	március 28.	4,4	22	193	b
1954	100	április 9.	7,4	36	217	ef
1955	98	április 7.	8,7	36	219	e
1956	103	április 12.	5,2	24	234	g
1957	86	március 26.	6,8	30	196	b
1958	102	április 11.	6,3	27	200	efg
1959	85	március 25.	5,3	24	189	b
1960	91	március 31.	7,1	30	194	c
1961	81	március 21.	6,5	28	200	a
1962	102	április 11.	5,6	27	161	fg
1963	103	április 12.	4,1	20	156	g
1964	100	április 9.	4,4	19	173	ef

*: a legalább egy azonos betűt tartalmazó kóddal jelölt átlagok nem különböznek egymástól $p < 0,05$ szinten

A rügyattanás időpontját (1. táblázat) tekintve az egyes évek között jelentős különbségek figyelhetők meg. Kiugróan korai volt a rügyattanás az 1961-es évben, amikor a rügyattanás átlagos időpontja március 21-e volt. Az ország bizonyos területein (ilyen például a Balaton nyugati medencéjének környezete) már március 10-e környékén megtörtént a rügyattanás.

Kései időpontok jellemzik az 1956-os és 1963-as évet. Ezekben az években alig volt olyan terület az országban, ahol április előtti lett volna a rügyattanás. Az 1956-os évben az átlagos időpontnál későbbi rügyattanás jellemzi a Dunántúl legnagyobb részét.

4.1.3 Az éghajlati körzetek szerinti változékonyság

Az éghajlati körzetek szerinti változékonyság vizsgálatánál az adatok 4,50%-a kiszűrésre került. A varianciaanalízis alapján az éghajlati körzetek hatása szignifikáns ($F(5;2527) = 5,925$; $p < 0,001$).

A rügyattanás átlagos időpontja az ország egyes éghajlati körzeteiben kis mértékben tér el, négy napos különbséget tapasztalhatunk.

A legkorábbi rügyattanás az ország délnyugati részén figyelhető meg, a legkésőbbi időpontot pedig a várakozásokkal ellentétben nem az Északi-középhegység területén, hanem az Alföld déli felén tapasztalhatjuk.

4.1.4 A rügyattanást megelőző időszak meteorológiai viszonyai

A rügyattanást megelőző időszak hőmérsékleti viszonyait tekintve a vizsgált időszakok közül a 20 napos periódus szerepe a legnagyobb, azonban erre az időszakra vonatkozóan is csak a minimum hőmérséklet átlagával tapasztalunk mérsékleten erős pozitív lineáris kapcsolatot (2. táblázat). A napi hőingást vizsgálva a rügyattanást megelőző 10 napos időszak átlagértékével láthatunk gyenge negatív kapcsolatot. A korábbi rügyattanás esetén nagyobb átlagos napi hőingást mérhetünk a

rügypattanást megelőző időszakban, amely tavasszal száraz, többnyire meleg, napsütéses periódusra utal.

A csapadékösszegeket tekintve szintén a 20 napos periódus szerepe a legnagyobb. Ha nagyobb a csapadékösszeg, akkor általában későbbi a rügypattanás. Ez összhangban van a hőingás vizsgálatánál tapasztaltakkal, hiszen borult, csapadékos időjárás esetén kisebb a napi hőingás.

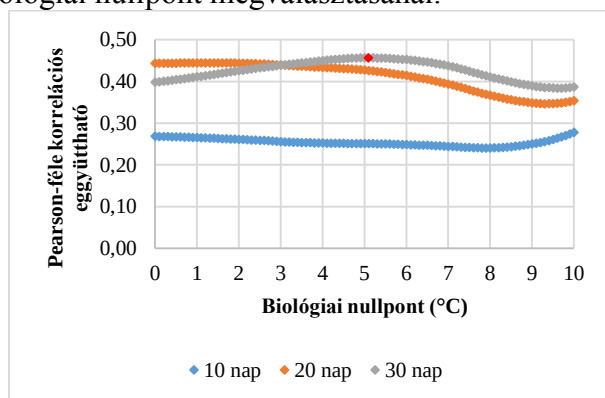
2. táblázat: A rügypattanás időpontjának és az azt megelőző 10, 20 illetve 30 napos időszak meteorológiai viszonyainak kapcsolata

Pearson-féle korrelációs együttható	10 nap	20 nap	30 nap
Átlaghőmérséklet	0,290**	0,457**	0,290**
Maximum hőmérséklet	0,102**	0,316**	0,273**
Minimum hőmérséklet	0,406**	0,514**	0,437**
Napi hőingás	-0,291**	-0,164**	-0,096**
Csapadékösszeg	0,331**	0,414**	0,393**

** $p < 0,01$ szignifikancia szint mellett

4.1.4.1 A hőösszeg szerepe a rügypattanást megelőzően

A rügypattanás időpontja és a hőösszegek kapcsolatáról megállapítható, hogy a rügypattanást megelőző 30 napos időszaknak van a lehangsúlyosabb szerepe (11. ábra), a legszorosabb összefüggést pedig az 5,1 °C-os biológiai nullponttal számolt hőösszeg esetén tapasztaljuk. Az alma esetében ez az 5,1 °C-os hőmérséklet tekinthető az optimális értéknek a biológiai nullpont megválasztásánál.



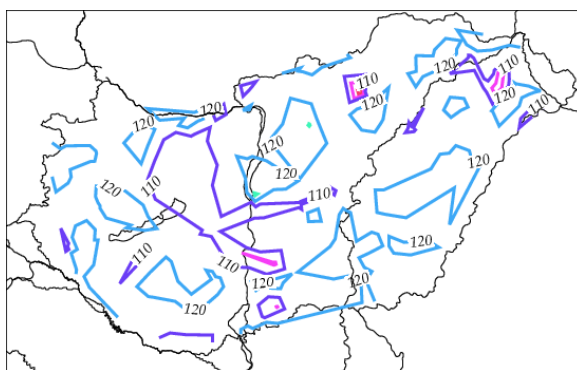
11. ábra: A különböző biológiai nullpontokkal és eltérő hosszúságú időszakokra számolt hőösszegek és a rügypattanás időpontja közötti lineáris összefüggés

4.2 A virágzás kezdete

A virágzás kezdetéről 2538 megfigyelés állt rendelkezésre az adatbázisban, melynek 2,40%-át kiugró értéknek nyilvánítottam.

A virágzáskezdet átlagos időpontja (12. ábra) egyenlőtlen területi eloszlású, az értékek nincsenek összhangban a meteorológiai változók tavaszi térbeli eloszlásával.

Az Északi-középhegység egy pontján kiugróan korai virágzáskezdetet láthatunk. Ez minden bizonnyal arra utal, hogy a megfigyelt ültetvény délies kitettségű lejtőn, illetve fagytól védett területen helyezkedett el. A Nyírségi területek korai virágzáskezdetére a talajadottságok adhatnak magyarázatot.



12. ábra: A virágzás kezdetének átlagos időpontja

4.2.1 A fajták szerinti változékonyság

A fajták szerinti változékonyság vizsgálatánál az adatok 2,52%-át kiugró értéknek jelöltem. A varianciaanalízis alapján szignifikáns fajtahasadás mutatható ki ($F(6;2467) = 11,025$; $p < 0,001$).

3. táblázat: A virágzás kezdetének átlagos időpontja fajták szerint

Fajta	Átlag	Dátum	Szórás	Terjedelem	Elemsszám	Post hoc teszt*
Asztraháni piros	114	április 23.	9,2	35	183	a
Batul	116	április 25.	9,2	36	342	ab
Húsvéti rozsmaring	117	április 26.	8,9	37	364	bc
Jonathan	118	április 27.	8,7	36	782	bc
Nyári fontos	113	április 22.	8,6	32	167	a
Starking	118	április 27.	8,0	32	201	c
Téli aranyparmen	117	április 26.	8,8	36	435	bc

*: a legalább egy azonos betűt tartalmazó kóddal jelölt átlagok nem különböznek egymástól $p < 0,05$ szinten

A vizsgált hét fajta virágzásának kezdete (3. táblázat) között jelentős különbségek mutathatók ki. Korábban kezdenek virágozni a nyári fajták: az 'Asztraháni piros' és a 'Nyári fontos'. Jellegzetesen korai virágzáskezdetet tapasztalhatunk a Hajdúság területén az 'Asztraháni piros' esetén. A 'Starking' és a 'Jonathan' virágzáskezdeté a legkésőbbi. A 'Starking' fajta esetén különösen kései virágzáskezdetek jellemzik a Balaton-felvidék területét.

4.2.2 Az évek szerinti változékonyság

Az évek szerinti változékonyság vizsgálatánál az adatok 9,15%-át kiugró értéknek jelöltem. A varianciaanalízis alapján szignifikáns évjáráthatás mutatható ki ($F(12;2369) = 750,530$; $p < 0,001$).

A virágzás kezdeti időpontját tekintve jelentős különbség figyelhető meg az egyes évek között (4. táblázat). Brózik és Regius (1957) több mint 250 fajta hatévi vizsgálata alapján az 1953-as évben korai virágzáskezdetet jegyzett föl, az 1954-es évben pedig viszonylag késeit. Az általam vizsgált adatbázisban szereplő adatok alátámasztják ezt a megállapítást. Az 1954-es évhez hasonlóan az 1958-as évnek is kései volt a virágzáskezdeté.

A vizsgált 13 évben az átlagos virágzáskezdetek között 23 nap eltérés mutatkozott. Soltész a virágzás kezdeti időpontjában 20 év megfigyelései alapján 30 nap különbséget mutatott ki, ő azonban 300 fajta

bevonásával végezte vizsgálatait (Soltész, 1992). Grausland (1996) 25 nap eltérést jegyzett fel, 11 fajta 10 éven keresztüli megfigyelésével Dániában. Blasse és Hoffmann (1992) a ‘Golden Delicious’ fajtát figyelte meg Berlin közelében 22 éven keresztül, s 35 napos eltérést mutattak ki a virágzás kezdetében.

4. táblázat: A virágzás kezdetének átlagos időpontja évek szerinti

Évek	Átlag	Dátum	Szórás	Terjedelem	Elemszám	Post hoc teszt*
1952	114	április 23.	3,6	22	75	e
1953	108	április 17.	4,6	24	201	c
1954	126	május 5.	4,3	25	202	i
1955	124	május 3.	2,8	16	219	h
1956	124	május 3.	4,2	20	236	h
1957	110	április 19.	5,5	23	198	d
1958	127	május 6.	4,2	20	199	i
1959	107	április 16.	3,2	15	188	b
1960	112	április 21.	4,1	20	184	e
1961	103	április 12.	2,5	11	196	a
1962	117	április 26.	3,6	18	154	f
1963	118	április 27.	3,6	17	157	f
1964	121	április 30.	5,1	23	173	g

*: a legalább egy azonos betűt tartalmazó kóddal jelölt átlagok nem különböznek egymástól $p < 0,05$ szinten

4.2.3 Az éghajlati körzetek szerinti változékonyság

Az éghajlati körzetek szerinti változékonyság vizsgálatánál az adatok 2,72%-a kiszűrésre került. A varianciaanalízis alapján az éghajlati körzetek hatása szignifikáns ($F(5;2436) = 10,708$; $p < 0,001$).

Az éghajlati körzetek között 5 napos eltérés figyelhető meg. Legkorábbi virágzáskezdetek az ország legmelegebb nyarú területeit jellemzik, ezzel szemben a legkésőbbi virágzáskezdeteket a Kisalföld területén tapasztalhatjuk.

Illés et al. (2010) egy nyírségi és egy zalai gyümölcsös négy fajtájának virágzásfenológiáját hasonlították össze, s arra a megállapításra jutottak, hogy bár a nyugati országrészben hamarabb következik be a virágzás, ennek okát nem a meteorológiai tényezők eltérőségével, hanem a talajadottságok és a technológiai elemek különbözőségével magyarázták.

A vizsgált adatbázis alapján az ország északkeleti és délnyugati vidéke között egy napos eltérés mutatkozik az átlagos virágzáskezdetek tekintetében.

4.2.4 A virágzás kezdetét megelőző időszak meteorológiai viszonyai

Bár Sunley et al. (2006) szerint minél magasabb a virágzást megelőző időszak hőmérséklete, annál hamarabb kezdődik a virágzás, az általam vizsgált időszakra vonatkozóan azonban nem lehet kapcsolatot kimutatni a virágzást megelőző időszak átlaghőmérséklete és a virágzáskezdet időpontja között (5. táblázat).

Gyenge pozitív kapcsolat mutatható ki a minimum hőmérsékletek 30 napos átlagával, hasonlóan gyenge, de negatív kapcsolat figyelhető meg a napi hőingás átlagával. Ha a virágzáskezdetet megelőzően nagy átlagos napi hőingást tapasztalunk, az a rügypattanásánál leírtakhoz hasonlóan száraz, többnyire meleg, napsütéses időszakra utal.

5. táblázat: A virágzás kezdetének és az azt megelőző 10, 20 illetve 30 napos időszak meteorológiai viszonyainak kapcsolata

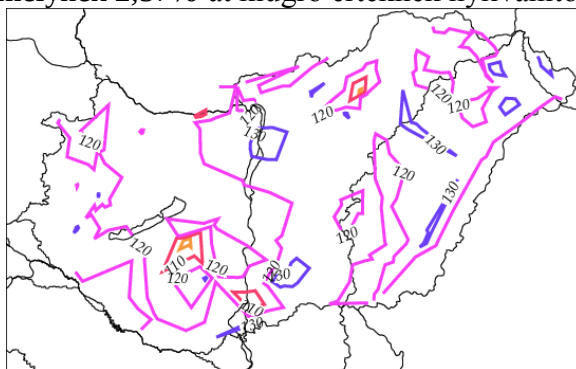
Pearson-féle korrelációs együttható	10 nap	20 nap	30 nap
Átlaghőmérséklet	0,213**	0,152**	0,163**
Maximum hőmérséklet	0,109**	-0,004**	-0,096**
Minimum hőmérséklet	0,348**	0,310**	0,384**
Napi hőingás	-0,176**	-0,333**	-0,458**
Csapadékösszeg	0,277**	0,384**	0,530**

** : $p < 0,01$ szignifikancia szint mellett

A virágzást megelőző 30 napos időszak csapadékösszegével mérsékeltén erős pozitív kapcsolat mutatható ki. Ez azt jelenti, hogy minél nagyobb a csapadékösszeg ebben a 30 napban, annál később kezdődik a virágzás. A vizsgált időszakban átlagosan 39 mm csapadék hullott a virágzás kezdetét megelőző 30 napban.

4.3 A teljes virágzás

A teljes virágzás időpontjáról 2533 megfigyelés állt rendelkezésre az adatbázisban, melynek 2,57%-át kiugró értéknek nyilvánítottam.



13. ábra: A teljes virágzás átlagos időpontja

Az Északi-középhegység kis területén a virágzás kezdeténél tapasztaltakhoz hasonlóan szokatlanul korai időpontban következik be a teljes virágzás (13. ábra). Hasonlóan korai időpontokat látunk a Balatontól délkeletre, ez azonban a virágzás kezdetét szemléltető térképen nem rajzolódott ki.

Brózik és Nyéki (1974) a teljes virágzás időpontjában 14 napos különbséget mutatott ki az 1954-es és az 1957-es adatok alapján.

4.3.1 A fajták szerinti változékonyság

A fajták szerinti változékonyság vizsgálatánál a 2533 adatból adatok 3,04%-át kiugró értéknek jelöltem. A varianciaanalízis alapján szignifikáns fajthatás mutatható ki ($F(6;2449) = 20,502$; $p < 0,001$).

A teljes virágzás időpontja a virágzás kezdetéhez hasonló sorrendben alakul a hét fajta esetében. A legkorábbi időpontokat a nyári fajták esetén tapasztaljuk, majd középidőben virágzik a 'Batul', legkésőbb a 'Starking'. Több fajta esetén korai fővirágzás figyelhető meg az Alföld középső területein.

Soltész (1992) négy csoportba sorolta az almafajtákat virágzási idejük alapján. Korai, középkorai, középkései és kései virágzású fajták

elkülönítését tartja indokoltnak. Király (2013) szintén középidőben virágzóznak jelölte meg a 'Batul' fajtát a fővirágzás ideje alapján.

4.3.2 Az évek szerinti változékonyság

Az évek szerinti változékonyság vizsgálatánál a 2533 adatból az adatok 5,45%-a kiszűrésre került. A varianciaanalízis alapján szignifikáns évjáráthatás mutatható ki ($F(12;2382) = 627,031; p < 0,001$).

Az 1961-es év szignifikánsan eltért a többi közül, nemcsak szokatlanul korai fővirágzást tapasztalunk, hanem az adatok szórása is ebben az évben a legkisebb. Kirívóan kései volt a fővirágzás az 1954-es és 1958-as évben.

4.3.3 Az éghajlati körzetek szerinti változékonyság

Az éghajlati körzetek szerinti változékonyság vizsgálatánál a 2533 adatból 2445 adat került az elemzésbe, míg az adatok 3,47%-a kiszűrésre került. A varianciaanalízis alapján az éghajlati körzetek hatása szignifikáns ($F(5;2439) = 20.892; p < 0,001$).

Az ország déli felén tapasztalhatjuk a legkorábbi fővirágzást, míg a legkésőbbi időpontokat a Kisalföld azon területeiről jegyezték föl, ahol a másodlagos őszi csapadékmaximum kimutatható.

4.4 A virágzástartam

A virágzástartam 2524 esetben számítható az adatbázisból a virágzás kezdetének és a szíromhullás végének ismeretében. A számított értékek 3,88%-át kiugró értékek nyilvánítottam.

A virágzástartam átlagos értéke 15 nap. A legrövidebb és leghosszabb virágzási periódus között több mint 3 hétnyi időtartambeli különbség volt.

4.4.1 A fajták szerinti változékonyság

A fajták szerinti változékonyság vizsgálatánál a 2524 adatból az adatok 4,08%-át kiugró értékek jelöltem. A varianciaanalízis alapján szignifikáns fajtáhatás mutatható ki ($F(6;2414) = 4,026; p = 0,001$).

A vizsgált hét almafajta virágzástartamában 1 nap különbséget mutattam ki. Legrövidebb virágzástartam a 'Starking' fajtát jellemzi, míg a leghosszabb a 'Húsvéti rozsmaring' fajtát és a 'Jonathan'-t. Pethő (1984) szerint a 'Starking' virágzástartama a többi fajtához képest igen rövid, így a hatékony megporzási periódus is rövid ideig tart.

4.4.2 Az évek szerinti változékonyság

Az évek szerinti változékonyság vizsgálatánál a 2524 adatból az adatok 5,35%-a kiszűrésre került. A varianciaanalízis alapján szignifikáns évjáráthatás mutatható ki ($F(12;2376) = 74,036; p < 0,001$).

Az elemzett 13 év során 10 naptól 19 napig terjedt a virágzástartam (6. táblázat): a 1958-ban mindössze 10 nap alatt zajlott le a virágzás, míg

1959-ben és 1960-ban 19 nap telt el a virágzás kezdetétől a szíromhullás befejeződéséig.

6. táblázat: Az átlagos virágzástartam évek szerint

Évek	Átlag	Szórás	Terjedelem	Elemzés	Post hoc teszt*
1952	10,6	2,23	10	77	a
1953	18,0	5,31	24	200	c
1954	14,5	4,27	22	204	cd
1955	12,9	3,43	15	214	b
1956	13,3	3,72	18	239	bc
1957	15,5	4,71	23	195	d
1958	10,1	3,98	20	195	a
1959	18,6	4,65	23	192	e
1960	18,9	4,73	20	192	e
1961	14,5	3,85	18	199	cd
1962	14,7	3,47	16	156	cd
1963	14,1	3,49	16	153	bcd
1964	14,4	4,03	17	173	bcd

*: a legalább egy azonos betűt tartalmazó kóddal jelölt átlagok nem különböznek egymástól $p < 0,05$ szinten

4.4.3 Az éghajlati körzetek szerinti változékonyság

Az éghajlati körzetek szerinti változékonyság vizsgálatánál a 2524 adatból az adatok 4,40%-a kiszűrésre került. A varianciaanalízis alapján az éghajlati körzetek hatása szignifikáns ($F(5;2407) = 12,532$; $p < 0,001$).

A legrövidebb virágzástartamot az ország leghidegebb területein figyelhetjük meg. Említésre méltó, hogy a statisztikai elemzés nem tudott különbséget kimutatni az ország ezen területei, és a legmelegebb nyarú részei között virágzástartam tekintetében. A leghosszabb időtartam a Kisalföld területén jellemző.

4.4.4 A virágzástartam meteorológiai viszonyai

7. táblázat: A virágzástartam alatti meteorológiai viszonyok

	Átlaghőmérséklet	Maximum	Minimum	Hőingás	Csapadékösszeg
Átlagérték	13,90 °C	19,83 °C	8,10 °C	11,73 °C	28,82 mm
Pearson-féle korreláció együttható	-0,389**	-0,403**	-0,343**	-0,271**	0,442**

** $p < 0,01$ szignifikancia szint mellett

A virágzástartam átlaghőmérsékletével gyenge negatív kapcsolat mutatható ki (7. táblázat). Hasonló szerepe van a maximum és a minimum hőmérsékleteknek is. A csapadékösszeggel gyenge negatív kapcsolata van a virágzási időtartamnak.

4.4.4.1 A hőösszeg értéke a virágzástartam alatt

Bármekkora biológiai nullponttal is számolunk, minden esetben pozitív kapcsolatot figyelhetünk meg a hőösszeg és a virágzás időtartama között, tehát hosszabb virágzástartam alatt nagyobb hőösszeg halmozódik fel.

Az 5,1 °C-os biológiai nullponttal számolt hőösszeg esetén a lineáris korrelációs együttható értéke 0,625. Ezzel az értékkel számolva a virágzástartam alatt átlagosan 136,04 °C hőösszeg halmozódik fel.

4.4.5 A virágzás kezdetének és tartamának kapcsolata

A virágzás kezdete és vége között igen erős ($r=0,818$, $p < 0,01$) pozitív lineáris kapcsolatot figyelhetünk meg, azaz minél később kezdődik a virágzás, annál később is ér véget.

4.5 A szedésre érettség

A szedésre érettségről 2169 megfigyelés állt rendelkezésre az adatbázisban.

4.5.1 A fajták szerinti változékonyság

A fajták szerinti változékonyság vizsgálatánál az adatok 4,79%-át kiugró értéknek jelöltem. A varianciaanalízis alapján szignifikáns fajtahas mutatható ki ($F(6;2048) = 850,410$; $p < 0,001$).

8. táblázat: A szedésre érettség átlagos időpontja fajták szerint

Fajta	Átlag	Dátum	Szórás	Terjedelem	Elemsszám	Post hoc teszt*
Asztraháni piros	210	július 28.	11,2	53	160	a
Batul	263	szeptember 19.	13,2	55	274	d
Húsvéti rozmaring	273	szeptember 29.	13,9	63	310	e
Jonathan	276	október 2.	10,6	46	646	f
Nyári fontos	223	augusztus 10.	12,3	59	140	b
Starking	275	október 1.	9,0	39	175	ef
Téli aranyparmen	254	szeptember 10.	11,5	54	360	c

*: a legalább egy azonos betűt tartalmazó kóddal jelölt átlagok nem különböznek egymástól $p < 0,05$ szinten

A legkorábban az 'Asztraháni piros' szedhető (8. táblázat), majd a másik nyári fajta a 'Nyári fontos'. Szeptember elején szüretelhető a 'Téli aranyparmen', majd a 'Batul', míg szeptember végén a 'Húsvéti rozmaring'. Legkésőbb a két amerikai fajtát szüretelték.

4.5.2 A teljes virágzástól számított időszak meteorológiai viszonyai

Korábbi tanulmányok bizonyították, hogy a hőösszeg és a teljes virágzástól a szüret optimális idejéig eltelt idő között szoros összefüggés van (Warrington, et al., 1999).

9. táblázat: A teljes virágzástól a szedésre érettségig tartó időszak hőösszege $5,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os biológiai nullponttal számolva és az ezzel való lineáris kapcsolat erőssége

Fajta	Hőösszeg	Pearson-féle korrelációs együttható
Asztraháni piros	1196,68 $^{\circ}\text{C}$	0,819**
Batul	1918,18 $^{\circ}\text{C}$	0,773**
Húsvéti rozmaring	2007,40 $^{\circ}\text{C}$	0,813**
Jonathan	2025,14 $^{\circ}\text{C}$	0,548**
Nyári fontos	1429,73 $^{\circ}\text{C}$	0,859**
Starking	2029,18 $^{\circ}\text{C}$	0,477**
Téli aranyparmen	1792,49 $^{\circ}\text{C}$	0,763**

** $p < 0,01$ szignifikancia szint mellett

A teljes virágzástól a szedésre érettségig tartó időszak hőösszegeit fajtánként a 9. táblázat tartalmazza. A korai érésű fajták esetén igen erős pozitív kapcsolatot találunk a periódus hossza és az ezalatt felhalmozódott hőösszeg között. A későn érő Starking fajta esetén viszont csak gyenge kapcsolat figyelhető meg.

Az érés dátumának másik lehetséges meghatározási módja a napok számolása a teljes virágzás bekövetkezésétől. Az adatbázis hét fajtája esetén kiszámítottam a teljes virágzás és szedési érettség közötti időszak hosszát. Az eredményeket a 10. táblázat tartalmazza. A nyári fajták esetén ez az időtartam 90–110 nap hosszúságú, míg az amerikai fajták esetén a fővirágzást követő több mint 150 nappal szedhető a gyümölcs.

10. táblázat: A teljes virágzástól a szedésre érettségig terjedő időszak hossza

Fajta	Napok száma
Asztraháni piros	90,6
Batul	142,4

Húsvéti rozmaring	150,2
Jonathan	153,8
Nyári fontos	106,1
Starking	152,1
Téli aranyparmen	131,2

Az almafajták szüreti idejét a fővirágzást követő időszak hőmérséklete döntően befolyásolja (Tóth, 2013). Eggert (1960) a 'McIntosh' fajta esetén kimutatta, hogy a szüret időpontját nagyban befolyásolja a virágszirmok hullását követő 40 nap hőösszege.

A fővirágzást követő 40 napos periódusban átlagosan 454,97 °C-os hőösszegben részesültek az almafák. A hőösszeg fajtákra bontott értékeit a 11. táblázat tartalmazza. Minden fajta esetén gyenge negatív kapcsolat figyelhető meg. Ez annyit jelent, hogy minél melegebb a fővirágzást követő időszak, annál korábbra tehető az érés.

11. táblázat: A teljes virágzást követő 40 napos időszak hőösszege 5,1 °C-os biológiai nullponttal számolva, és az ezzel való lineáris kapcsolat erőssége

Fajta	Hőösszeg	Pearson-féle korrelációs együttható
Asztraháni piros	439,65 °C	-0,479**
Batul	449,53 °C	-0,341**
Húsvéti rozmaring	456,27 °C	-0,416**
Jonathan	459,66 °C	-0,430**
Nyári fontos	432,09 °C	-0,312**
Starking	468,97 °C	-0,446**
Téli aranyparmen	458,71 °C	-0,415**

** : $p < 0,01$ szignifikancia szint mellett

4.6 A vegetációs időszak

A vegetációs időszak hossza 1992 esetben számítható az adatbázisból a virágzás kezdetének és a szíromhullás végének ismeretében. A számított értékek 4,96%-át kiugró értéknek nyilvánítottam.

A vegetációs időszak hossza átlagosan 222 nap. A legrövidebb és leghosszabb vegetációs időszak között majdnem két hónapnyi eltérés figyelhető meg.

4.6.1 A fajták szerinti változékonyság

A fajták szerinti változékonyság vizsgálatánál az adatok 4,87%-át kiugró értéknek jelöltem. A varianciaanalízis alapján szignifikáns fajtahas mutatható ki ($F(6;1888) = 4,853$; $p = 0,003$).

A vegetációs időszak fajták szerinti átlagos hosszában néhány nap különbséget figyelhetünk meg. A legrövidebb vegetációs időszak a 'Nyári fontos' fajtát jellemzi, csupán 1 nappal hosszabb az 'Asztraháni piros' vegetációs ideje, megközelítőleg 5 nappal hosszabb a 'Starking' és 'Jonathan' fajtáé.

4.6.2 Az évek szerinti változékonyság

Az évek szerinti változékonyság vizsgálatánál az adatok 5,37%-át kiugró értéknek jelöltem. A varianciaanalízis alapján szignifikáns évjáráthatás mutatható ki ($F(12;1872) = 56,598$; $p < 0,001$).

A legrövidebb vegetációs időszak az 1962-es évet jellemzi, ekkor átlagosan mindössze 214 nap telt el a rügypattanás kezdete és a

lombhullás vége között. Az ezt megelőző 1961-es évben 235 napos volt a vegetációs időszak. A vegetációs időszak átlagos éves hosszában 21 nap különbség figyelhető meg a vizsgált 13 évben (12. táblázat.)

Brózik és Nyéki (1974) 19 nap eltérést mutatott ki a vegetációs időszak átlagos hosszában az 1954-es és 1957-es év között. Az elemzett adatok alapján az 1957-es évben 12 nappal volt hosszabb a vegetációs időszak, mint 1954-ben. Bár az eltérés mértéke nem egyezik, az elemzett adatok alapján is kimutatható a szignifikáns különbség a két év között.

12. táblázat: A vegetációs időszak hossza évek szerint

Évek	Átlag	Szórás	Terjedelem	Elemzés	Post hoc teszt*
1952	228,5	15,70	38	8	de
1953	230,9	9,15	41	109	ef
1954	218,6	12,66	55	153	abc
1955	222,0	12,66	55	163	cd
1956	215,3	13,80	60	168	ab
1957	230,5	10,47	45	170	ef
1958	217,7	9,21	42	181	abc
1959	221,7	10,69	48	183	bc
1960	229,3	12,36	54	179	ef
1961	235,2	13,38	61	160	f
1962	214,0	8,73	40	145	a
1963	215,2	8,87	41	140	ab
1964	219,4	11,50	49	126	abc

*: a legalább egy azonos betűt tartalmazó kóddal jelölt átlagok egy oszlopon belül nem különböznek egymástól $p < 0,05$ szinten

4.6.3 Az éghajlati körzetek szerinti változékonyság

Az éghajlati körzetek szerinti változékonyság vizsgálatánál az adatok 5,17%-a kiszűrésre került. A varianciaanalízis alapján az éghajlati körzetek hatása szignifikáns ($F(5;1883) = 12,275$; $p < 0,001$).

A legrövidebb vegetációs időszak az Alföld déli felét és a Dunántúl délkeleti sarkát jellemzi, az ország leghidegebb területein (Dbf) átlagosan 3 nappal hosszabb a vegetációs időszak. Még ennél is hosszabb vegetációs időszak jellemzi az ország további területeit.

4.6.4 A vegetációs időszak meteorológiai viszonyai

Bár szakirodalmi források szerint az almafák hőigénye a vegetációs időszakban 18–19 °C (Tóth, 1997), az adatsor alapján ennél alacsonyabb értéket mérhetünk (13. táblázat), de emellett is sikeres lehet az almatermesztés. Ezzel az értékkel mérsékleten erős negatív kapcsolatot figyelhetünk meg.

13. táblázat: A meteorológiai paraméterek átlagértéke a vegetációs időszak alatt

	Átlaghőmérséklet	Maximum	Minimum	Hőingás
Átlagérték	15,6 °C	21,6 °C	10,1 °C	11,6 °C
Pearson-féle korrelációs együttható	-0,560**	-0,532**	-0,422**	-0,166**

*: $p < 0,01$ szignifikancia szint mellett

A hőösszeg átlagos értéke a vegetációs időszak alatt 2409 °C. A vegetációs időszak alatt átlagosan 404 mm csapadék hullott. Ez az érték kielégíti az almafa vízigényeit.

5 Új tudományos eredmények

Az 1952-től 1964-ig terjedő 13 éves időtartam fenológiai megfigyeléseinek és meteorológiai adatainak feldolgozása alapján az alábbi új tudományos eredményekre jutottam:

1. A rügypattanást megelőző időszakra vonatkozóan a lineáris kapcsolat erősségének mérésével meghatároztam, hogy az 5,1 °C-os hőmérséklet használható az alma biológiai nullpontjaként a hőösszeg számításánál.
2. Hét almafajta 13 éves adatainak értékelése alapján korrelációs számításokkal cáfoltam azt a régi keletű megállapítást, hogy a virágzás vége adott mennyiségű hőösszeg felhalmozódása után következik be. A hosszabb virágzástartam alatt nagyobb mennyiségű hőösszeg halmozódik fel. Kései virágzáskezdethez általában kései szíromhullás társul.
3. Korrelációs számításokkal kimutattam, hogy a fővirágzást követő időszak hőösszegeinek negatív kapcsolata van a szedésre érettség időpontjával, azaz a teljes virágzást követő melegebb időszak korábbra hozza az érést.
4. Az 5,1 °C-os biológiai nullpontot alapul véve meghatároztam a hőösszeg értékét a virágzástartamra és a teljes vegetációs időszakra vonatkozóan. A virágzástartam alatt átlagosan 136 °C, míg a vegetációs időszak alatt 2409 °C hőösszeg halmozódik fel.
5. Magyarország éghajlati körzetei között az egyes fenológiai fázisokra vonatkozóan szignifikáns különbséget mutattam ki, azonban ez a különbség nem minden esetben magyarázható a meteorológiai változók térbeli eloszlásával.

6 Következtetések

Kutatásomban az 1952 és 1964 közötti időszak fenológiai megfigyeléseinek elemzését végeztem el hét almafajta, az 'Asztraháni piros', a 'Batul', a 'Húsvéti rozmaring', a 'Jonathan', a 'Nyári fontos', a 'Starking' és a 'Téli aranyparmen' esetén.

Meghatároztam az adatbázisban szereplő fenológiai fázisok átlagos időpontját, ezt követően minden fenológiai fázist megvizsgáltam 3 szempont alapján. Egyrészt elemeztem a fajták közötti különbséget, majd az egyes évjáratok hatását, végül az éghajlati hatásokat vizsgáltam.

A fajták közötti különbség vizsgálatánál az adatbázis alapján igazolható a legtöbb fenológiai fázis esetén, hogy a korai fajták ('Asztraháni piros', 'Nyári fontos') esetén a vizsgált fenológiai fázisok korábban következnek be. Ezzel szemben kései időpontok jellemzik a nem kárpát-medencei eredetű fajtákat.

Az évek közül a legtöbb esetben kitűnik az 1961-es év a fenológiai fázisok korai időpontjával, ugyanígy kitűnik az 1954-es és 1958-as év a kései időpontokkal.

Bár a legtöbb esetben a megrajzolt térképekről területi jellemzőket nehéz megállapítani, a statisztikai vizsgálatok eredményei szerint Magyarország egyes éghajlati körzetei között lehet szignifikáns különbséget kimutatni.

A meteorológiai tényezők közül kiemelhető a hőösszeg szerepe. A rügypattanást megelőző különböző hosszúságú időszakokra vonatkozó számításokból kiderült, hogy az 5,1-os biológiai nullpont alkalmazásával számolt hőösszeggel láthatjuk a legszorosabb összefüggést. A teljes virágzást követő 40 napos időszak hőösszegeinek számítása alkalmas a szüret időpontjának becslésére.

A hőösszeg számításánál tapasztaltakhoz hasonlóan pozitív kapcsolat mutatható ki a rügypattanást és a virágzás kezdetét megelőző időszakok csapadékösszegei és az említett fenológiai fázisok időpontja között.

Említést érdemel, hogy a fenti megállapítások hagyományos termesztésmód mellett, magonc alanyon nevelt almafák fenológiai sajátosságait jellemzik. Bár manapság ezek nem tekinthetők korszerű gyümölcstermesztési módnak, a régi fajták iránti nosztalgia, a biodiverzitás megőrzése és még számos más ok indokolja a vizsgált fajták újbóli elterjedését, s ennek megvalósulásához a dolgozat eredményei hasznos információul szolgálhatnak.

7 Idézett forrásmunkák

Blasse, W. & Hoffmann, S., 1992. Phänologische Untersuchungen an Sorten von Apfel, Birne und Quitte. *Erwerbsobstbau*, 34. kötet, pp. 140-144.

Brózik, S. & Nyéki, J., 1974. Fenológia. In: F. Gyúró, szerk. *A gyümölcsstermesztés alapjai*. Budapest: Mezőgazda Kiadó, pp. 299-318.

Brózik, S. & Regius, J., 1957. *Termesztett gyümölcsfajtáink I. Almatermésűek*. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó.

Eggert, F. G., 1960. The relation between heat unit accumulation and length of time required to mature McIntosh apples in Maine. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 76. kötet, pp. 98-105.

Grausland, J., 1996. Flowering dates of pome and stone fruit cultivar - 10 years results. *Acta Horticulturae*, 423. kötet, pp. 31-37.

Illés, A. és mtsai., 2010. *Egy dunántúli és egy nyírségi gyümölcsös almafajtáinak virágzás fenológiai és szabadtermékenyülési összehasonlító elemzése*. Keszthely, Pannon Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, pp. 1-8.

Király, I., 2013. *Kárpát-medencei almafajták jellemzése pomológiai vizsgálatokkal és mikroszatellit alapú molekuláris markerezéssel*. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem: Doktori értekezés.

McMaster, G. S. & Wilhelm, W. W., 1997. Growing degree-days: one equation, two interpretations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 87. kötet, pp. 291-300.

Palmer, J. W., Privé, J. P. & Tustin, D. S., 2003. Temperature. In: *Apples. Botany, production and uses*. Wllingford, UK: CABI Publishing, pp. 217-236.

Pethő, F., 1984. *Az alma*. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó.

Réthly, A., 1933. Kísérlet Magyarország klímaterképének szerkesztésére a Köppen-féle klímabeosztás értelmében. *Időjárás*, pp. 105-115.

Soltész, M., 1992. *Virágzásfenológiai adatok és összefüggések hasznosítása az alamültetvények fajtatársításában*. Budapest: MTA, Doktori értekezés.

Sunley, R. J., Atkinson, C. J. & Jones, H. G., 2006. Chill unit models and recent changes in the occurrence of winter chill and spring frost in the United Kingdom. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81. kötet, pp. 949-958.

Tóth, M., 2013. *Magyarország kultúrflórája - Az alma*. Budapest: Agroinform Kiadó.

Warrington, L. J., Fulton, T. A., Halling, E. A. & de Silva, H. N., 1999. Apple Fruit Growth and Maturity are Affected by Early Season Temperatures. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124 (5). kötet, pp. 468-477.

8 Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk

Osztálylistás folyóiratban megjelent cikkek

- Juhász, Á., Sepsi, P., Nagy, Z., Tőkei, L., Hrotkó, K. (2013) Water consumption of sweet cherry trees estimated by sap flow measurement *Scientia Horticulturae* 164 ISSN: 0304-4238 pp.41-49. IF₂₀₁₃ 1.504
- Juhász, Á., Sepsi, P., Tőkei, L. (2011) Micrometeorological measurements in orchard and bare soil *Acta Universitatis Sapientiae Agriculture and Environment* 3 ISSN: 2065-748X pp.93-101.
- Sepsi P., Ladányi M., Tóth M. (2016) Analyses of long-term and multi-site floral phenological observations of apple cultivars in comparison with temperature datasets *Időjárás* ISSN: 0324-6329 közlésre leadva IF₂₀₁₄ 0.500
- Juhász, Á., Sepsi, P., Tőkei, L., Hrotkó, K. (2013) Night-time transpiration rate of sweet cherry trees *Acta Horticulturae* 981 ISSN: 0567-7572 pp. 591-596.
- Juhász, Á., Sepsi, P., Tőkei, L., Hrotkó, K. (2012) Transpiration of high density sweet cherry orchard *Acta Horticulturae* 951 ISSN: 0567-7572 pp. 251-257.

Konferencia proceeding közlemények

- Juhász Á., Sepsi P., Búcsi A., Tőkei L. (2011) Meteorológiai paraméterek vertikális profilja jégálló alatt *Erdei Ferenc 6. Tudományos Konferencia* 3 Kecskemét 2011. augusztus 25-26. ISBN: 978-963-7294-98-3 Ö pp.344-348.
- Sepsi P., Juhász Á., Aszalos I., Tőkei L. (2011) A magyarországi téli alma termésátlagok vizsgálata az időjárási viszonyok függvényében *Erdei Ferenc 6. Tudományos Konferencia* 3 Kecskemét 2011. augusztus 25-26. ISBN: 978-963-7294-98-3 Ö pp. 467-471.
- Juhász Á., Hrotkó K., Sepsi P., Aszalos I., Tőkei L. (2011) Cseresznyeültetvény transzspirációjának becslése mérés és számítással *Erdei Ferenc 6. Tudományos Konferencia* 1 Kecskemét 2011. augusztus 25-26. ISBN: 978-963-7294-98-3 Ö pp. 426-430.

Konferencia összefoglalók

- Sepsi P., Sárközi E., Gáspár T., Aszalos I., Tőkei L. (2012) Impact of weather conditions to apple production in flowering period *The 18th International Symposium on Analytical and Environmental Problems, with Special Emphasis on Heavy Metal Ions as Contaminants* 2012. szeptember 24. Szeged *Proceedings* pp. 165-168.
- Sepsi P., Juhász Á., Gáspár T., Aszalos I., Tőkei L. (2011) Egy hajdúhadházi almaültetvény termésmennyiségének vizsgálata a meteorológiai paraméterek függvényében *VII. Alföldi Tudományos Tájékoztató Nap Szolnok* 2011. november 17. CD-kiadvány ISBN: 978-963-89339-1-1 5 oldal terjedelem

- Sepsi P., Sárközi E., Kardos L., Tóth M. (2015) Régi almafajták virágzás-fenológiai tulajdonságai II. Gazdálkodás és Menedzsment Tudományos Konferencia 2015. augusztus 27-28., Kecskemét
- Juhász Á., Sepsi P., Aszalos I., Hrotkó K., Tőkei L. (2012) Sap Transport of Sweet Cherry Trees on Heat Wave Days *VIPCA Vienna International Plant Conference Association* 2012. február 18-21 Bécs Ausztria *International Conference Plant Growth, Nutrition & Environmental Interactions Programme and Abstracts* p.73.
- Sepsi P., Juhász Á., Gáspár T., Aszalos I., Tőkei L. (2012) Impacts of Weather Conditions to Apple Production in Typical Apple Orchard in the Eastern Part of Hungary *VIPCA Vienna International Plant Conference Association* 2012. február 22-25. Bécs Ausztria *International Conference Plant Abiotic Stress Tolerance II. Programme and Abstracts* p.75.
- Juhász Á., Hrotkó K., Sepsi P., Tőkei L. (2012) Sap flow of sweet cherry trees depending on meteorological conditions *2nd Symposium on Horticulture* 2012. július 1-5. Angers Franciaország *2nd Symposium on Horticulture in Europe Book of Abstracts* p. 316.
- Tőkei L., Sepsi P. (2012) Az almatermesztés időjárási vonatkozásai *Magyar Meteorológiai Társaság XXXIV. Vándorgyűlés és VII. Erdő és Klíma Konferencia* 2012. augusztus 29-31. Debrecen *Összefoglalók* p.21.
- Sepsi P., Juhász Á., Aszalos I., Tőkei L. (2012) Impact of weather on apple production in Hungary *12th EMS Annual Meeting: 9th European Conference on Applied Climatology (ECAC)* 2012. szeptember 10-14. Łódź Lengyelország Paper FF47.

Tudományos könyvrészletek

- Juhász Á., Sepsi P., Tőkei L. (2012) Gyümölcsültetvények nedváramlási dinamikája *Fenntartható fejlődés, Élhető régió, Élhető települési táj* 3 pp. 37-44. ISBN: 978-963-503-506-2

