

319. 869

"KLIMA-21" Füzetek

KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

A TARTALOMBÓL

A gyümölcsstermelést veszélyeztető időjárási hatások

Almafajták napégés-érzékenysége

Tavaszi fagyok hatásai az almára

Az időjárás meggy beltartalmára és virágzására gyakorolt hatása

Éghajlati anomáliák hatása a tápanyag-utánpótlásra gyümölcsösben

Aszálykárok mérséklése

Alma virágzáskezdet-időpontjának becslése

Növényi kórokozók és a klímaváltozás



**Jégverés kajszi gyümölcsön
(Szabó Zoltán felvétele)**

2008. 53. szám

„KLÍMA-21” FÜZETEK
KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

“CLIMA-21” BROCHURES
CLIMATE CHANGE – IMPACTS – RESPONSES

„KLIMA-21“ HEFTE
KLIMAÄNDERUNG – AUSWIRKUNGEN – LÖSUNGEN

«КЛИМА-21» БРОШЮРЫ
ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА – ВЛИЯНИЯ – ОТВЕТЫ

SZERKESZTŐ:

CSETE LÁSZLÓ
c. egyetemi tanár

SZERKESZTŐSÉG:

1093 Budapest, Zsil u. 3–5.
Tel.: 476-3295, Fax: 342-7571
E-mail: csetel@mail.datanet.hu

KIADJA:

MTA–BCE KUTATÓCSOPORT
KLÍMAVÉDELMI KUTATÁSOK KOORDINÁCIÓS IRODA, MTA KSI

FELELŐS KIADÓ:

HARNOS ZSOLT
akadémikus, egyetemi tanár

ISSN 1789-428X

Készült:
AKAPRINT KFT. BUDAPEST – Felelős vezető: Freier László

TARTALOM

TANULMÁNY

<i>Soltész Miklós – Nyéki József – Szabó Zoltán: A gyümölcsstermelést veszélyeztető extrém időjárási hatások</i>	3
<i>Racskó József.– Lakatos László – Nyéki József – Soltész Miklós – Szabó Zoltán: Almafajták gyümölcsseinek napégés-érzékenysége eltérő növekedési erélyű alanyokon</i> ...	13
<i>Lakatos László – Szabó Tibor – Racskó József – Szabó Zoltán – Soltész Miklós – Nyéki József: A nappali és éjszakai hőmérséklet hatásai az alma fedőszínére és minőségére</i>	36
<i>Szabó Zoltán – Racskó József – Szabó Tibor – Soltész Miklós – Lakatos László – Nyéki József: Tavaszi fagyok hatása az alma minőségére</i>	47
<i>Lakatos László – Szabó Tibor – Sun Zhong-Fu – Wang Yingchun – Soltész Miklós – Szabó Zoltán – Nyéki József: Meteorológiai változók szerepe a meggygyümölcsök beltartalmi értékeinek alakulásában</i>	52
<i>Lakatos László – Szabó Tibor – Soltész Miklós – Sun Zhong-Fu – Wang Yingchun – Szabó Zoltán – Nyéki József: Időjárási változók hatása a meggy virágzástartamának alakulására</i>	60
<i>Nagy Péter Tamás – Szabó Zoltán – Nyéki József – Soltész Miklós: Éghajlati anomáliák hatása gyümölcsültetvények tápanyag-utánpótlására</i>	68
<i>Nemeskéri Eszter: A gyümölcsösök aszálykárainak mérséklése és az öntözés</i>	76
<i>Lakatos László – Szabó Tibor – Racskó József – Szabó Zoltán – Soltész Miklós – Nyéki József: Bioklimatikus hidegigény-modell az alma virágzáskezdet időpontjának becslésére</i>	89
<i>Holb Imre: A légköri CO₂ és ozonkoncentráció, az UV sugárzás és a globális hőmérséklet-változás valószínűsíthető hatásai a növényi kórokozókra</i>	99
<i>Erdélyi Éva – Ferenczy Antal – Boksai Daniella: A klímavátozás várható hatása a kukorica és a búza fenofázisainak alakulására</i>	115
Summary	131
Contents	139

A GYÜMÖLCSTERMELÉST VESZÉLYEZTETŐ EXTREM IDŐJÁRÁSI HATÁSOK

SOLTÉSZ MIKLÓS – NYÉKI JÓZSEF – SZABÓ ZOLTÁN

Kulcsszavak: klímaváltozás, extrém időjárás, kármegelőzés, kármérséklés.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A globális éghajlatváltozás jelentősen hat a magyarországi gyümölcsstermelésre. A változás hátrányokkal, károkkal, de némi előnnyel is járhat. Az előnyök azonban csak akkor hasznosíthatók, ha a globális változásokat kísérő extrém időjárás hatásoktól megvédik az ültetvényeket. Az extrém időjárás hatások jelentőségére a 2007. évi súlyos időjárás károk is felhívták a figyelmet. Tavasszal súlyos és ismétlődő fagy- és jégkár érte a gyümölcsösöknek csaknem a felét, a nyári aszálykár szinte valamennyi ültetvényt sújtotta, az összes kár nagysága pedig meghaladta a 100 milliárd forintot (kb. 4 milliárd eurót).

A zöldségkultúrákkal ellentétben, a gyümölcsstermelés nem menekülhet szabályozást és védeltséget biztosító berendezések alá, hanem az extrém időjárás hatásoktól szábadföldi körülmények között szükséges megvédeni az ültetvényeket. A védekezés érdekében felmértük a gyümölcsösök extrém időjárás hatásait és a lehetséges védekezési módokat. Első lépésként az anomáliák kockázati rangsorát vettük számításba, amely Magyarországon csökkenő sorrendben a következő: tavaszi fagy, jégeső, túl magas hőmérséklet a vegetációs időszakban, téli fagy, ingadozással együtt járó túl magas téli hőmérséklet, zivatarok, szélviharok, őszi fagy. Nyilvánvaló, hogy a legtöbb figyelmet a két leginkább veszélyes időjárás anomáliára szükséges fordítani.

Magyarországon jelenleg a kármegelőző és mérséklő tevékenység elmaradott. Ezen a jövőben sürgősen indokolt változtatni. Sokkal nagyobb gondot ajánlatos fordítani a kármegelőzést közvetlenül szolgáló védelmi rendszerek alkalmazására és a kármegelőzés közvetett lehetőségeire (termőhely, faj, fajta és művelési rendszer kiválasztása). A tavaszi fagykár elkerülésénél hazánkban elsődlegesen a fagyvédelmi öntözést és a szélgépek alkalmazását célszerű számításba venni. A jégkár kivédésére az ezüst-jodidos jégelhárítás és az ültetvényben kiépített védőháló nyújthat elsősorban megoldást. A nagy értékű intenzív ültetvényeknél az indokolt védelmi berendezés(ek) használata nélkül nem képzelhető el versenyképes, biztonságos és gazdaságos termelés.

A kármérséklésre hazánkban sem jelent teljes értékű megoldást a biztosítás. Ezért olyan takarékoság is szükséges, amely nem veszélyezteti az ültetvény egészségi állapotát, későbbi produktivitását és a gyümölcs minőségét. Magyarországon miniszteri rendelet szabályozza a közös kárenyhítési rendszer működését és a csatlakozás feltételeit. Az állam 50%-ban járul hozzá a kárenyhítési forrásokhoz. Célravezető, hogy a jövőben támogatásként megjelenő állami beavatkozás súlypontja a kármegelőzésre tevődne át. Társadalmi szempontból előnyösebb és hatékonyabb, ha a gazdák nem az évről évre jelentkező károk mérséklésére várnak folyamatos segítséget, hanem a kármegelőzést szolgáló rendszerek és berendezések indokolt kiépítésére.

A biztonságot fokozza a készenléti technológiai változatok alkalmazása is, amely az agro- és fitotechnikát, a növényvédelmet, a betakarítást, a tárolást és az áruvá készítést is érintheti.

BEVEZETÉS

A VAHAVA-program aktív közreműködőként leraktuk azokat az alapokat, amelyek szükségesek ahhoz, hogy a hazai gyümölcságazat a globális éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásban is lépést tudjon tartani a fejlett gyümölcsstermelő országokkal (Soltész *et al.*, 2006). A hazai gyümölcsstermelésnek a jövőben kétféle globális kihívásnak kell megfelelnie. Az éghajlatváltozással párhuzamosan a globális gazdasági versenyhez is alkalmazkodni kell. A globális gazdasági és éghajlati hatásokra összehangolt lokális válaszokat kell adni. Hazánkban meghatározó szerepe van az alföldi gyümölcsstermelésnek, amelyet a globális éghajlati és gazdasági hatások sokkal érzékenyebben érintenek, mint a kiegyenlítettebb klímájú, védett fekvéseket biztosító domb- és hegyvidéki termelést. Ezért hazánkban sorskérdés, hogy az alföldi gyümölcsstermelés biztonságát mennyire tudjuk növelni (Soltész *et al.*, 2005). A globális éghajlatváltozás és gazdasági fejlődés összekapcsolódó jelentőségére utal az a becslült érték, hogy az átlaghőmérséklet növekedésével fordított arányban, s nagyjából hasonló mértékben csökken a GDP nagysága a világon (Nováky, 2007). Nyilvánvaló, hogy a GDP csökkenése erősebben érinti az egyébként is kedvezőtlenebb adottságú térségeket.

A folytatódó kutatási program részeseként azon kell munkálkodnunk, hogy az alföldi gyümölcsstermelés biztonságát leginkább veszélyeztető extrém időjárási hatásokkal szemben kidolgozzuk a megelőzés és a kármérséklés lehetőségeit. Az alföldi területek népességmegtartó szerepe miatt hatékonyabb tevékenységet kell kifejteni a biztonság növelését segítő K+F+I támogatások elnyerésében. Az alföldi területek termőértéke az országos átlag nyolcvan százaléka

alatt van, vagyis az EU normatívák szerint a támogatandó területekhez tartoznak. A kötet tanulmányaiban az extrém időjárási hatásokra való felkészülés első eredményeiről számolunk be.

A 2007. ÉV EXTRÉM IDŐJÁRÁSÁVAL KAPCSOLATOS TAPASZTALATOK

2007-ben ismétlődő és súlyos időjárási károk keletkeztek a hazai gyümölcsstermelésben. A legnagyobb fagykárak az északkelet-magyarországi térségben (B-A-Z megye, Sz-Sz-B megye, H-B megye) keletkeztek. A két fagyhullám áprilisban és májusban zúdult a Kárpát-medencére. A fagykár nagyságára utal, hogy olyan gyümölcsfajokat (pl. meggy) is elért, amelyeknél csak nagyon ritkán – 100 évenként egyszer – fordul elő súlyos tavaszi fagykár. Vagy pedig olyan kedvező kistérségeket is elért a fagy, amelyek még a korán virágzó kajszi számára is viszonylagos védettséget szoktak nyújtani (pl. a Gönci termőtáj). Az első fagy április 23-án hajnalban, a második május 2-án virradóra pusztított (Gonda, 2007). Az áprilisi mínusz 2–3 °C a dél-borsodi, bodrogközi területeken a kajszit még megkímélte, de a második alkalommal érkező nagyobb lehülés totális fagykárt okozott. A zempléni területeken mintegy 800 hektárnyi kajsziültetvény károsodott. Szabolcs-Szatmár-Bereg megye több térségében viszont már az első alkalommal is meghaladta a lehülés a mínusz 6 °C-ot.

A mínusz 7 °C körüli lehülés a korai vegetációkezdet miatt érzékeny stádiumban (virágzás, terméskötődés kezdete) találta mindegyik ott megtalálható gyümölcsfajt, így az alma, körte, meggy, szilva, cseresznye, málna, szamóca, kajszi és őszibarack

egyaránt károsodott. A tíznapos különbséggel érkező két fagy minden ültetvényt legalább egyszer elérte a térségben. A károsító hatást fokozta, hogy a fagy száraz időjárással érkezett, a levegő relatív páratartalma nem haladta meg a 25%-ot. Ezért a hegyeken átbukó, s a hazánkba bezúduló hideg levegő előbb lehűtötte az ültetvények állományklímáját, majd a kis páratartalmú talaj feletti légterben a kisugárzásos lehűlés is nagyfokú volt. Ez az összetett hideghatás szinte kivédhetetlen kárhelyzetet hozott létre a leginkább veszélyeztetett területeken.

A meteorológiai előrejelzés nem számolt ilyen mértékű lehűléssel, ez is hozzájárult ahhoz, hogy a fagy teljesen váratlanul érte a termelőket. Habár az is tény, hogy a felkészülés is elmaradt, ezért pontos előrejelzés esetén sem tudtak volna semmit tenni a gazdák a kármegelőzés érdekében. Néhány gyors, de nem megfelelő reagálás pedig inkább csak növelte a bajt (permetezőgépek fűvókáinak károsodása, beindított csepegtető öntözőrendszer szétfagyása stb.). Az is az igazsághoz tartozik, hogy az ilyen mértékű virágzáskori fagykárrel szemben a kiépített védelmi rendszerek sem adtak volna teljes védeltséget. A fagyvédelmi öntözés például csak mínusz 5–6 °C-ig nyújt megbízható védelmet a virágzás idején, a terméskötődés kezdetén pedig még kisebb ez az alsó határ, hiszen a szíromhullás utáni napokban a fiatal termések kevésbé ellenállóak a faggal szemben, mint a virágok. A fiatal termések a jövőben jobban ki lesznek téve a tavaszi fagynak a korábbi kítavaszkodás miatt. Ugyanis a korábbi vegetációkezdettel nagyobb valószínűséggel együtt jár a felmelegedés utáni visszahűlés.

Az ország többi térségében kisebb volt a fagykár, habár kisebb-nagyobb mértékű hatása egészen a nyugati országhatárig megmutatkozott. Az alföldi területeken több ültetvényben viszont a jégverés okozott 100%-ot is megközelítő károkat. Az ország északkeleti részén a kisméretű fák teljes magasságban károsodtak a fagytól, a

magasabb fák esetében a felső szintekben maradt elenyésző mennyiségű termés. Szüretkor kiderült azonban, hogy a részleges fagykár hatására ezek is rosszabb minőségűek, deformáltak, parafoltosak és tárolásra sem alkalmasak. A fák koronaszintjei szerinti eltérő terméskötődést az ország többi gyümölcstermő térségében jobban meg lehetett figyelni. Például Szeged környékén az őszibarackfák másfél méter magasságig 80% feletti fagykárt mutattak, az ettől magasabb koronarészekeken pedig átlagosan 20–30%-kal kisebb volt az elfagyott termések aránya.

60 éve nem volt ilyen kár a hazai gyümölcstermelésben. A gyümölcstermő területek csaknem felét fagy- vagy jégkár érte, néhány esetben pedig mindkettő. Az ültetvényeknek pedig szinte a 100%-át sújtotta kisebb-nagyobb aszálykár, aminek hatása ebben az évben azért volt kevésbé látványos, mert a gyümölcsterhelés nélküli fák jobban átvészelték a száraz nyári időszakot. A magyarországi gyümölcsösöket ért kár becslült értéke az előidéző extrém időjárási hatások szerint a következő:

- tavaszi fagy 55 milliárd Ft
- jégeső 15 milliárd Ft
- aszály 30 milliárd Ft.

2007. évi elemi károk legfőbb tanulságai és felismerései:

a) Az összetett és ismétlődő elemi károk beavatkozás nélkül az ágazat összeomlásához vezethetnek.

b) Az eddig még kételkedők is elhiszik, hogy egyrészt benne vagyunk a globális klímaváltozásban, másrészt a gyümölcstermelésre elsősorban nem a hőmérséklet-emelkedés vagy/és csapadékcsökkenés jelenti a nagyobb veszélyt, hanem a kiszámíthatatlan extrém időjárási hatások.

c) Végre neki kell látni az extrém időjárási hatásokkal való komoly foglalkozásnak, amely nem nélkülözheti a széles körű társadalmi összefogást.

AZ EXTRÉM IDŐJÁRÁSI HATÁSOK TÍPUSAI ÉS HATÁSUK

Az extrém időjárásra adott válaszok sajátosságai a gyümölcsstermelésben

1. A szintén szabadföldi szőlőtermeléshez képest a gyümölcságazatban előnyök és hátrányok egyaránt jelentkeznek. Előnynek azt számíthatjuk, hogy a többféle gyümölcs-termő növény között megoszlik a termelés időjárási kockázata. A hátrány viszont sokkal jelentősebb, hiszen a gyümölcsfajok nagyobbik része az érzékenysége és a korábbi virágzás miatt jobban ki van téve a téli, különösen pedig a tavaszi fagnak.

2. Azonosság a szőlőtermeléssel, hogy az ültetvények több évre létesülnek, ezért a kár nem csak az adott év termés kiesését érinti, hanem az extrém időjárás hatása továbbgyűrűzik a következő évekre.

3. A zöldségkultúrák zömével ellentétben az ültetvények nem vihetők az extrém időjárási hatásokkal szemben védettséget nyújtó természetű berendezések alá.

4. Szabadföldi körülmények között az extrém időjárási hatások káros következményeinek elkerülése vagy mérséklése csak speciális védelmi berendezésekkel biztosítható. Ezek azonban – a természetű berendezésekkel (üvegházakkal, fóliaházakkal) ellentétben – nem járulnak hozzá a koraiság fokozásához, az értékesítési idény széthúzásához, s így az extraprofit eléréséhez. A drága védelmi rendszerek megtérülését a nagyobb termésbiztonság, a jobb gyümölcsminőség és a kiszámítható árukinálat teszi lehetővé.

Extrém időjárási hatások típusai a gyümölcsstermelésben

Az 1. táblázatban az extrém hőmérséklet és sugárzás típusait, hatásait, illetve a közvetlen és közvetett védekezési lehetőségeket foglaltuk össze. A túl nagy meleg és az erős lehűlés egyaránt jelentős kárt okozhat. Eddig

mégis elsősorban az erős lehűlés, illetve a fagy káros következményeivel számoltunk. A globális éghajlatváltozással járó hőmérséklet-emelkedés miatt azonban a jövőben nagyobb figyelmet kell fordítani az optimálnál nagyobb hőmérséklet hatásaira is. Ezért néhány hatásra részletesebben is kitérünk. A gyümölcsfejlődés időszakában a túlzottan nagy nappali hőmérsékletnek a következő hatásai lehetnek a gyümölcsminőségre

- gyümölcsalak megváltozása, lapítottabb gyümölcsök;

- nagyobb kőmagarány, kőmagok repedése (csonthéjas gyümölcsöknél);

- duránci jelleg erősödése (magvaváló és félig magvaváló csonthéjas gyümölcsöknél);

- gyümölcshéj parásodása és repedése, napégése;

- kövecesség fokozódása (körte, birs);

- kőmag körüli mézgasodás és húsbarnulás (csonthéjasoknál) stb.

Nagyobb figyelmet kell fordítani az éjszakai hőmérséklet alakulására is a gyümölcsfejlődés időszakában. Ekkor a túl magas éjszakai hőmérsékletnek a következő hatásai lehetnek

- kisebb savtartalom;

- nem megfelelő fedőszín-borítottság és -tónus;

- rosszabb íz és zamat;

- kisebb gyümölcsméret.

Néhány példát megemlítünk a túl magas téli hőmérséklet káros hatásaira is

- kórokozók és állati kártevők nyugodt telelése;

- hosszú mélynyugalmi idejű fajták rügypergése;

- oltványok és fiatal fák kiszáradása;

- hajlamos fajtáknál gyakoribb ikertermőség (szilva, nektarin).

A 2 táblázatban az extrém csapadékvisszonyok és -formák káros hatásait és a főbb védekezési módokat adjuk meg. A 3. táblázatban az egyéb extrém időjárási és légköri hatásokat (szél, szén-dioxid-szint) foglaltuk össze. Itt még nem számoltunk a különféle légszennyezésekkel, amelyek nagymérték-

ben megváltoztathatják a növények élettevékenységét, a gyümölcsök minőségét is (Láposi et al., 2007).

Az extrém időjárási hatások kockázati rangsora a magyarországi gyümölcsstermelésben a következő, csökkenő sorrendben:

1. tavaszi fagy
2. jégeső
3. túl magas hőmérséklet a vegetációs időszakban
4. téli fagy
5. túl magas hőmérséklet a téli nyugalmi időszakban
6. zivatarok, szélviharok
7. őszi fagy

A rangsort a várható kár becslésén és a védekezési módszerek kidolgozásán kívül a biztosítási rendszereknél és az állami feladatok kijelölésénél is figyelembe vehetjük.

KÁRMEGELŐZÉS ÉS -MÉRSÉKLÉS

A kármegelőzés és kármérséklés viszonya

A két terület viszonya jó kifejezője annak, hogy az adott országban milyen színvonalon áll az extrém időjárási hatásokkal való törődés. Az extrém időjárási hatásokkal hamarabb számoló, fejlett gyümölcsstermelő országok (Olaszország, Németország, Ausztria stb.) sokkal nagyobb súlyt helyeznek a kármegelőzésre, mint a már bekövetkezett kár mérséklésére. A számítások ezen országokban egyértelműen kimutatták, hogy a megelőzés sokkal kevesebbe kerül, mint a várható kár mértéke, illetve a már bekövetkezett kár hátrányainak mérséklése.

Az előrelátás hiányzik a kevésbé fejlett gyümölcsstermelő országokban (Magyarország, Románia, Szlovákia, Bulgária stb.), ahol a kármegelőzésben még jelentős az elmaradottság, legfeljebb az időjárási károk mérséklésére történnek intézkedések.

A kármegelőzés közvetlen lehetőségei

a) Állandó vagy ideiglenes jellegű védelmi berendezések:

- erdősáv létesítése;
- táंबरendezés építése;
- fagyvédelmi (többfunkciós) öntözőberendezés kiépítése;
- ültetvényrendszereket átfogó jégelhárító rendszer;
- jég ellen védő háló ültetvényben;
- eső ellen védő fólia;
- kombinált védelmi berendezés ültetvényben jég, eső, napégés és levegőszennyezés ellen.

b) Megelőzést szolgáló speciális termelési eljárások:

- virágzás késleltetése (vegyszer, öntözés);
- virágzás alatti hőmérséklet emelése (ültetvénykályha, paraffinkanna);
- virágzás alatti levegőkeverés (szélgépek csak sík területen és kisugárzásos fagyónál);
- éjszakai hőmérséklet csökkentése gyümölcsfejlődés idején (öntözés);
- vízmegőrző talajművelés.

Nem fordítanak kellő figyelmet a jégelhárítás lehetőségeire, pedig hazánkban jelentős kezdeti sikerekről is beszámoltak (Vajna, 2007). Annak eldöntésére, hogy melyik felhő hoz jeget, a meteorológiai radarok megfelelő lehetőséget nyújtanak, amelyek 250–300 kilométer sugarú körben észlelik a veszélyes felhőket. A megelőzés azon alapul, hogy megfelelően időzítve ezüst-jodidot juttatnak ki a levegőbe, s ez megakadályozza, hogy súlyos károkat okozó, nagyméretű jégkristályok alakuljanak ki. A kisebb jégdarabok is kárt okozhatnak, különösen érzékeny gyümölcsöknél (pl. szamóca) és a jégnek nagyobb felületen kitett fákon (pl. kisméretű karcsú orsók stb.), de a megmentett érték így is jelentős, s fedezheti a jégelhárítás költségeit. Minél több ezüst-jodid kristályrészeske (azaz mesterséges jégmag) kerül a felhőbe, annál kisebb jégdarabok képződnek, amelyek a növényre hullva

kisebb kárt okoznak, szerencsés esetben pedig el is olvadhatnak.

Az ezüst-jodid kijuttatásának jelenleg három módját ismerjük. Az ezüst-jodidot rakétával is ki lehet juttatni a felhőbe, ez azonban a legdrágább eljárás, a költségek megtérülése nagyon kétséges. Valamennyivel olcsóbb az ezüst-jodidos oldat repülőgépes permetezéssel való kijuttatása, de a megtérülésre itt is kicsi az esély. A gyakorlat számára gazdasági és műszaki szempontból is leginkább megvalósítható módszernek tekinthető a talajgenerátorok alkalmazása.

A megvédendő területen 10 kilométeres távolságban elhelyezett talajgenerátorokkal („füstölökkel”) ezüst-jodidos acetonoldatból megfelelő hőmérsékletű porlasztással óránként 1 litert juttatnak a levegőbe. A hatékonyság nagymértékben függ a kijuttatás időzítésétől. A legalkalmasabb ideje akkor van, amikor a közeledő zivatarfelhő gigantikus porszívóként a lehető legnagyobb mennyiséget tud felszippanítani a levegőbe kiporlasztott ezüst-jodid részecskékből. A módszer alkalmazhatóságáról eddig csak Pécs környékén szereztek tapasztalatot. Haladéktalanul meg kellene vizsgálni a széles körű felhasználás műszaki, szervezeti és finanszírozási feltételeit.

A nagy beruházási értékű intenzív (nagy tőszámú) ültetvények csak akkor lesznek versenyképesek, ha az indokolt védelemre felkészülnek. Az indokoltság kimondása is nagyon komoly, körültekintő munkát igényel.

Az ültetvényekben indokolatlanul létesített védelmi berendezések csak a gyártók érdekét szolgálják, de a termelést gazdaságtalanná teszik. Technikai megoldásoktól függően ugyanis a védelmi berendezések akár 50–100%-kal is megnövelhetik a beruházási költségeket. A kombinált védelmi rendszerek a legdrágábbak, ezért ezek is csak akkor térülhetnek meg, ha valóban számítani kell a többféle extrém időjárási hatás (fagy, eső, jég, napégés stb.) nagy gyakoriságára. Minél kétségesebb a védelmi

rendszerek megtérülése, annál inkább csak a közvetett módszerekre kell támaszkodni a kármegelőzésnél.

A kármegelőzés közvetett tényezői

1) Termőhely megválasztása.

A termőhelyi adottságokat (hőmérséklet, csapadék, domborzat, talaj) össze kell vetni a telepíteni kívánt gyümölcsfajok és -fajták igényeivel. Ezzel kapcsolatban a hazai gyümölcsstermelést leginkább érintő két termőhelyi problémát külön is kiemelünk. Hazánkban kiemelt jelentősége van az alföldi termőhelyeknek, hiszen ezek az összes gyümölcsstermő terület 75%-át teszik ki. Ha meg tudják oldani a biztonságosabb alföldi gyümölcsstermelést, akkor versenyképesek maradnak. Hazánkban nincs lehetőség a domb- és hegyvidéki gyümölcsstermelés előnyeinek jobb kihasználására, megfelelő termőhelyek hiánya, illetve a dombvidéki területek hosszú távra kialakult hasznosítási módja miatt.

Külön kell megemlíteni a Duna–Tisza közti Homokhátságot, amely az Alföldnek majdnem a felét teszi ki, az ország területének pedig mintegy 10%-át. A Homokhátság hazánk egyik kiemelkedő gyümölcsstermő területe. Ha viszont nem történik szinte azonnal megfelelően összehangolt lépés a fenntarthatóság megőrzésére, akkor az egész térség kikerülhet a gyümölcsstermő területek közül. A csapadékhiány és a talajvízszint drasztikus csökkenése a sivatagosodás fokozódásához vezethet. A gyümölcsültetvényeket csak öntözéssel tudják megmenteni. Az öntözést viszont csak odavezetett vízzel lehet megoldani, mert a csökutas öntözés lehetőségei kimerültek.

2) Gyümölcsfajok megválasztása.

a) *Hazánkban öntözés nélkül is bárhol termelhető:* homoktövis, fekete bodza, csipkebogyó.

b) *Alföldi területeken termelése csak öntözéssel gazdaságos:* alma, körte, birs, köszméte, piros ribiszke, szamóca, házi szilva, cseresznye, meggy, dió.

c) *Alföldi biztonságos termelése még öntözéssel is nagyon kérdéses:* kajszi, őszibarack, nektarin, japánszilva.

d) *A hazai domb- és hegyvidéki termelés is korlátozott, alföldi területeken pedig kizárt:* mandula, mogoró, gesztenye, málna, szeder, fekete ribiszke, áfonya.

3) Fajtamegválasztás, illetve a művelési rendszer és fajtaspecifikus termesztési technológia, növényvédelem, betakarítás kidolgozása. Azonos súllyal esik latba a produktivitás, a termésbiztonság és gyümölcsminőség növelése.

Kármérséklés

A kármegelőzés közvetlen és közvetett tényezőinek legkedvezőbb alakulása esetén is bekövetkezhet az extrém időjárási hatások nyomán fellépő elemi kár. A kármérséklés is nagyon fontos teendő, hiszen nem csak az adott évben okozhat kiesést, hanem hátrányos következményei a következő évek eredményeire is kihatnak. Erről a körülményről a kármérséklés egyik módjánál sem feledkezhetünk el.

A kárenyhítés legfőbb lehetőségei külön, vagy kombináltan a következők

- kárbiztosítás;
- állami segítség;
- kárenyhítési alap;
- készenléti technológiai és értékesítési változatok;
- kárral harmonizáló ésszerű takarékoság.

A kárbiztosítást inkább csak elvi lehetőségként említjük meg. A biztosítási díjak irreálisan magas szintje, a gazdabarátság biztosítási rendszerek hiánya a világban mindennütt oda vezetett, hogy a termelők kárenyhítési céllal nem kötnek üzleti szerződést biztosító társaságokkal. A biztosítási díjakból ugyanis ki tudják építeni a kármegelőzés védelmi rendszereit. Ha pedig a súlyos elemi kárt ezekkel sem lehet megakadályozni, akkor a bekövetkezett kárt más módon próbálják meg enyhíteni. A gazdák önálló kár-

enyhítési alapjainak létrehozására kevés lehetőség van, mert nem teszi lehetővé a közös teherviselést. Csak közös kárenyhítési alap létrehozása jelent megnyugtató megoldást, amely a gazdák együttműködését, összefogását és az állam támogatását egyaránt igényli.

Az elemi kár enyhítése az állam részéről társadalmi érdeket szolgál. A kárt szenvedett gazdák segítése nem csupán szociális kérdés, hanem szakmai érdek is az ágazat versenyképességének megtartása szempontjából. A kár nem csak a gazdák jövedelmét csökkenti, hanem a hazai gyümölcskínálatot, a fogyasztók ellátását és a foglalkoztatást is, illetve egyéb hátrányos következményekkel is jár. Az utóbbiaknak annál nagyobb a társadalmi hatása, minél nagyobb ültetvényfelületet ért a kár. Ezért ennek nagyságával – a társadalmi igazságosság jegyében – összhangban kell lennie az állami segítség mértékének is. Nem elfogadható álláspont az, hogy a gyümölcsösöket ért fagykár csak annyiban tartozik a társadalomra, hogy a hiányzó tételeket importból kell pótolni.

Az elemi kárt követően az állami reagálás következő lehetőségeivel számolhatunk

- az állam nem foglalkozik a kárral, a kárenyhítést a gazdák belügyének tekinti;
- támogatást kárenyhítési céllal, inkább szociális megfontolásból nyújt;
- a kármegelőzést, a gazdák által kiépítendő védelmi rendszerek létrehozását támogatja.

FVM-rendelet szabályozza az új agrárkár-enyhítési rendszer működésének és a hozzá való csatlakozásnak a szabályait. A rendszer alapelve az önkéntesség és a kölcsönös tehervállalás. Gyümölcsültetvényeknél hektáronként 3000 Ft hozzájárulást kell fizetni. Az állam a költségvetésből ugyanennyit tesz hozzá az alaphoz. A kárenyhítést biztosító forrást a termelők és az állam fele-fele arányban biztosítják.

Örvendetes, ha az állam a társadalom nevében segítő kezét nyújt a kárt szenvedett

gyümölcsstermelőknek a talpon maradáshoz. Az erre fordítható társadalmi forrás azonban véges, ezért arra nem lehet építeni a támogatási rendszert, hogy az évről-évre jelentkező kár egy részét majd az állam úgysis megtéríti. Stratégiai hiba lenne erre a megoldásra alapozni a hazai gyümölcsstermelés biztonságát. Azt tartjuk helyesnek, ha az állami beavatkozásnál a szociális célú segítségek és a szakmai szempontok megfelelő egyensúlyba kerülnek. Ezt felismerve, a jövőben várhatóan (remélhetően) az állam felelőssége és beavatkozása elsősorban a kármegelőzés támogatására fog irányulni. Ez azonban akkor vezet eredményre az extrém időjárási hatások elleni küzdelemben, ha maguk a gyümölcsstermelők is többet törődnek a kármegelőzéssel és -mérsékléssel.

A szociális és szakmai célok nem megfelelő szintű összehangolására utal az állami segítségnyújtás 2007. évi tapasztalata. Segítséget egyrészt csak a termelők egy köre kapott, másrészt a gyümölcskár-enyhítésnél nem kizárólag az ültetvényekben jelentkező tényleges kárt vették alapul, hanem a károsodott ültetvényvel rendelkező gazda/vállalkozás gazdálkodási eredményeit is. Így előfordulhatott, hogy nagy gyümölcskárt szenvedett vállalkozás annak ellenére nem részesülhetett a kárenyhítési alaptól, hogy a

díjat megfizette, mert az egyéb gazdálkodási eredményei szerint ezt nem tartották szükségesnek. Ezt az előre meg nem hirdetett megoldást a szűkös költségvetési keretek indokolhatják, s a társadalmi igazságosság szempontjából sem lehet kifogás, viszont megakadályozhatja, hogy a több lábbon álló, nyereségesen gazdálkodó vállalkozások a jövőben is szerepet vállaljanak a közös kárenyhítési alap feltöltésében.

A készenléti természetstechnológiai és gyümölcserértékesítési változatok közül a legfontosabbak

- épen maradt rügyek (termővesszők) szelektív metszése;
- épen maradt virágok megporzási és termékenyülési feltételeinek kiemelt biztosítása;
- parthenokarp termésképzés elősegítése;
- megmaradt termések fejlődési feltételeinek biztosítása;
- terméshullás megakadályozása;
- növényvédelmi eljárások módosítása;
- szüret időpontjának és módjának megváltoztatása;
- gyümölcstárolási tervek módosítása;
- új értékesítési lehetőségek feltárása;
- gyümölcs nyersanyagként való hasznosítása saját feldolgozó üzemben.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) GONDA I. (2007): A gyümölcsstermesztők Mohácsa. Magyar Mezőgazdaság, május, 8–9. pp. (2) LÁPOSI R. – MÉSZÁROS I. – FODOR L. – SZABÓ L. – MÁTHÉ P. (2007): A levegőszennyezés és a növénytermelés. „KLÍMA-21” Füzetek 50. sz. 70–80. pp. (3) NOVÁKY B. (2007): Az ENSZ éghajlat-változási kormányközi testületének jelentése az éghajlatváltozás várható következményeiről. „KLÍMA-21” Füzetek 50. sz. 6–11. pp. (4) SOLTÉSZ M. – NYÉKI J. – SZABÓ Z. – GONDA I. – LAKATOS L. – RACSKÓ J. – THURZÓ S. – DANI M. – DRÉN G. (2005): Alkalmazkodási stratégia az alföldi gyümölcsstermelésben a globális gazdasági és klímaváltozás nyomán. „AGRO-21” Füzetek 45. sz. 16–28. pp. (5) SOLTÉSZ M. – NYÉKI J. – SZABÓ Z. – LAKATOS L. – RACSKÓ J. – HOLB I. – THURZÓ S. (2006): Az éghajlat- és időjárás-változás alkalmazkodási stratégiája a gyümölcsstermelésben. In: Csete L. – Nyéki J. (szerk.): Klímaváltozás és a magyarországi kertgazdaság. „AGRO-21” Kutatási Programiroda, Budapest, 11–101. pp. (6) VAJNA T. (2007): Jégelhárítás. Ágyúval viharra. HVG 29(26): 46–47. pp.

1. táblázat

Az extrém hőmérséklet-változások és többletsugárzások hatásai a gyümölcsstermelésben

Változás típusa	A változás hatása	Válaszok, védekezési lehetőségek
Evi nagyobb hőösszeg	rövidebb (mély és kényszer) nyugalmi időszak, korábbi vegetációkezdet, hosszabb vegetációs időszak, korábbi virágzás, korábbi gyümölcsérés, hosszabb szüreti időny	termőhely, fajta
Túl magas virágzáskori hőmérséklet	bibeváladék gyorsabb beszáradása, nektár rövidebb ideig marad meg, embriózsákok degenerációja gyorsabb, hatékony megporzási időszak rövidebb, gyorsabb elvirágzás, megporzó rovarok kiszáradása	ültetvények fajtatársítása, rovarmegporzás
Túl magas nappali hőmérséklet nyáron	talajszárazság, légköri aszály, párolgás, gyümölcsrepedés, gyümölcs-parásodás, rosszabb tápanyagfelvétel, gyengébb hajtásnövekedés	folyamatos vízellátás, permettrágyázás, vízmegtartó talajművelés, vegyszeres kezelés stb.
Túl magas nappali hőmérséklet gyümölcséréskor	gyümölcshullás, korábbi érés, gyorsabb érésment, rosszabb tárolhatóság	öntözés, permettrágyázás, szüreti időpont
Túl magas éjszakai hőmérséklet gyümölcséréskor	kedvezőtlen szín, íz, zamat, kisebb gyümölcs, illetve vitamin-, sav- és szárazanyag-tartalom	éjszakai hűtés öntözéssel
Tartósan túl alacsony nyári nappali hőmérséklet és sugárzás	kisebb gyümölcs, megváltozott gyümölcsalak, rosszabb színborítottság és színintenzitás	talajtakarás alufóliával
Téli fagy	törzs- és ágrepedés, szállító pályák károsodása, rügypusztulás, kórokozók, gyengébb életképességű virágok, aszályérzékenység, Ca-hiány, B-hiány	termőhely, fajta, alany, magasabb törzs, télre való felkészülés, törzs felkupascolása, fehérre festés, takarás
Tavaszi fagy	díohajtások elfagyása, primér levelek károsodása, virágbimbók, kinyílt virágok és fiatal termések elfagyása, terméshullás, deformált és fagylicses gyümölcsök	termőhely, fajta, művelési rendszer, fűkaszálás, virágzás késleltetése, fagy elleni védelem (fűtés, füstölés, ködképzés, légkeverés, öntözés stb.)
Oszi fagy	gyümölcskárosodás, szabálytalan lombhullás	fajta, alany, termőhely, szüreti időpont
Téli erős sugárzás	törzs és ágak repedése	alany, ültetési anyag, termőhely, fehérre festés
Nyári erős sugárzás	napégés, gyümölcsrepedés, gyümölcs-parásodás	termőhely, sor- és tőtávolság, faméret, koronaforma, védőháló, folyamatos vízellátás, fitotechnika, vegyszeres kezelések

2. táblázat

A csapadékkal kapcsolatos extrém változások hatásai a gyümölcsstermelésben

Változás típusa	A változás hatása	Válaszok, védekezési lehetőségek
Hócsapadék hiánya	gyökerek elfagyása	termőhely, alany, talajtakarás
Megfagyott vastag hóréteg	kisugárzásos fagy, vadkár	hóréteg feltörése
Onos eső	gallyak letörése, rügyek beful- ladása	fák, gallyak rázása
Virágzáskori eső, erős köd	kedvezőtlen virágzás, megpor- zás és termékenyülés, kóroko- zók	termőhely, fajta, növényvédelem
Vegetációban kis napi csapadékok (5 mm alatt)	talaj hiányos vízellátása	öntözés
Jégeső	hajtások, ágak sérülése, gyü- mölcs-sérülés és -rothadás, körte és birs kövecsecsesség, kórokozók	termőhely, művelési rendszer, fitotechnika, rakétás elhárítás, jégvé- dő háló, jégkárbiztosítás
Tartós és váratlan esőzés szünet előtt	gyümölcsrepedés, gyümölcs- hullás, kórokozók	termőhely, fajta, védőtakarás, permet- trágyázás, folyamatos vízellátás, vegyszeres kezelések, növényvéde- lem
Túlzott mértékű csapadék tavasszal és nyáron	belvíz, gyökérfulladás, erózió	termőhely, talaj, alany, talajművelés, füvesítés, talajtakarás
Nyári csapadék csökkenése	talajszárazság fokozódása, légtörő aszály	termőhely, fajta, öntözés, vízmegtartó talajművelés
Csapadék kedvezőtlen eloszlása	kedvezőtlen növekedés, fejlő- dés és virágképződés	termőhely, fajta, folyamatos vízellá- tás, vízmegtartó talajművelés
Evi mennyiség csökkenése	talajszárazság, talajvízszint süllyedése	termőhely, fajta, alany, öntözés, talajművelés

3. táblázat

Az extrém szélviszonyok és a CO₂-szint változásának hatásai a gyümölcsstermelésben

Változás típusa	A változás hatása	Válaszok, védekezési lehetőségek
Szélnyomás ereje és gyako- risága, uralkodó szélirány váltakozása	fák megdőlése, hideg levegő szállítá- sa, talajtakaró elhordása, hótakaró elhordása, rovarmegporzás akadályo- zása, szélmegporzás szabálytalansá- ga, defláció, lombsérülés, levegő páratartalmának csökkenése, lomb- és gyümölcs-sérülés, gyümölcshullás	termőhely, védődő, védődér- dősáv, védősövény, sorirány megválasztása, támbereendezés
CO ₂ szintjének emelkedése a gyümölcsös légterében	szénfelvétel fokozódása, nitrogén- igény növekedése, gyökértömeg növekedése, hőmérséklet-emelkedés, aszályérzékenység fokozódása, kór- okozók és állati kártevők összetétel- ének megváltozása	talaj- és növénytrágyázás, tábla szintű előrejelzés

ALMAFAJTÁK GYÜMÖLCSEINEK NAPÉGÉS-ÉRZÉKENYSÉGE ELTÉRŐ NÖVEKEDÉSI ERÉLYŰ ALANYOKON

RACSKÓ JÓZSEF – LAKATOS LÁSZLÓ – NYÉKI JÓZSEF – SOLTÉSZ MIKLÓS –
SZABÓ ZOLTÁN

Kulcsszavak: napégés, gyümölcsminőség, napsugárzás, almafajták.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Egy nyugat-magyarországi almafajta-gyűjteményben 2004–2007 között 33 fajta gyümölcsseinek napégés-érzékenységét vizsgáltuk három alanyon (M9, MM106, vadalmagonc), továbbá kapcsolatot kerestünk az egyes gyümölcsminőségi paraméterek, valamint a napégés előfordulási gyakorisága között. Az egyes fajták alanspecifikusan viselkedtek a napégésre való érzékenység szempontjából. Ennek megfelelően a károsodás csökkenő sorrendben az M9, MM106 és vadalmagonc-alanyokon álló fáknál tapasztalható. Az eltérő érzékenység szinte kizárólagosan az alanyok növekedési erélyén alapult. Az M9 alanyon azért tapasztaltuk a legnagyobb károsodást, mert törpítő hatása révén a ráoltott nemes fajta lassú növekedésű, s nem sűrűsödik be a korona olyan mértékben, hogy azzal megvédené az erős napsugárzástól. A korona nagysága és zártsága a károsodásnak megfelelően MM106 és vadalmagonc-alanyon növekszik. Kapcsolatot sikerült kimutatni továbbá a korona felső átmérője, a levélnagyság, a fánkénti gyümölcsszám és a napégéses károsodás között. A károsodási értékek arról tanúskodnak, hogy a tünetek nagysága nem süllyed egy bizonyos mérethatár alá, ugyanis meghatározott potenciális károsodási felület szükséges ezek vizuális megjelenéséhez. A károsodási gyakorisági értékek alapján a fajtákat csoportokba soroltuk: I. „Nem érzékeny”, II. „Közepesen érzékeny” és III. „Erősen érzékeny” kategóriákat állítottunk fel. Altalánosságban a 'Topaz', 'Vista Bella' és a 'Braeburn' fajta alacsony károsodást mutatott, míg a 'Golden Delicious'-mutánsok relatíve erősebben károsodtak. A legérzékenyebbnak mindhárom alanyon a 'Jonica' bizonyult.

BEVEZETÉS

A napsugárzás okozta gyümölcs sérülések jelentősége

Az aszály tünetei többnyire minőségi defektusok formájában jelentkeznek a gyümölcsstermő növényeken, különösen az almatermésűek esetében. Ennek egyik legjellemzőbb formája a gyümölcsök napégése (Gonda, 1998; Soltész et al., 2004). Ez a napsugárzás által okozott felszíni

sérülés, ami kezdeti fázisban enyhe parásodást, elszíneződést, bőrszöveti sérülést eredményez, rendszerint a sugárzásnak kitett gyümölcsfelületen (Wünsche et al., 2000). Retig és Kedar (1967) szerint a napsugárzás a gyümölcs olyan fiziológiai károsodása, amely jelentősen befolyásolja annak minőségét, csökkenti áruértékét (Gonda, 2002). A meteorológiai elemek, az agrotechnika, a növény fajtája és a fák fiziológiai állapota egyaránt mind hozzájárulhat a sérülés kialakulásához. Az elválto-

zás elsősorban a gyümölcs felszíni és felszín közeli rétegeiben alakul ki. Később viszont a megsérült bőrszöveten keresztül fitopatogén kórokozó gombák (pl. *Alternaria tenuis*, *Physalospora obtusa*, *Monilia fruticola*, *Monilia laxa*, *Monilia fructigena*, *Glomerella cingulata*, *Venturia inaequalis* stb.) fertőzhetik meg a gyümölcsöt, és teszik eladhatatlanná azt (Gurnsey – Lawes, 1999; Holb, 2002; Leeuwen et al., 2000, 2002).

Az almákban komoly gazdasági kárt okozhat a jelenség (Brooks – Fisher, 1926; Ware, 1932; Meyer, 1932; Whittaker – McDonald, 1941; Moore – Rogers, 1942; Barber – Sharpe, 1971; Bergh et al., 1980; Simpson et al., 1988; Warner, 1997; Schrader et al., 2001; Wünsche et al., 2001).

Barber és Sharpe (1970) paprika- és töktermékek felületén mutatkozó sérüléseket tanulmányozta, és háromféle napsebtípust különböztetett meg: hő hatására kialakuló napseb (HIS), ultraibolya sugárzás hatására kialakuló napseb (UVS), és a felmelegedő gyümölcsszövetek fotodinamikus napsebe (PSHT). Az amerikai almatermelők a fenti csoportosításon kívül három csoportra osztják a magyar nyelvben napégésnek nevezett jelenséget. E szerint megkülönböztetnek napégést, napsebet és úgynevezett késleltetett napsebet. Korábban Walker (1952, 1957) a napseb fogalmát minden olyan növényi sérülésre használta, amely napsugárzás hatására alakul ki. Schrader et al. (2001) a kiváltó okok alapján két fő típusát különíti el a „napégéses” sérüléseknek. Az úgynevezett napégéses nekrosis hő hatására jön létre, és az epidermális és szubepidermális sejtek elhalásával jár. Ez a jelenség foltosodást idéz elő az alma napsütötte oldalán. A második típust napégéses barnulásnak nevezzük, és a gyümölcs napsütötte oldalán sárgás, barnás foltosodást okoz. Schrader et al. (2001) a két jelenség fiziológiai okaira is rámutatott. A napégéses nekrosis a gyümölcs felszínének 52 ± 1 °C-ra történő felhevülésekor alakul ki. Eközben a sejtek membránjá-

nak átjárhatósága sérül. A napégéses barnulás $46\text{--}49$ °C-os felületi hőmérsékleten jön létre, de kialakulásában a napfénynek van döntő szerepe. Ez esetben az alma felszíni sejtjeinek membránja csak kis mértékben sérül (Schrader et al., 2001).

A „napégés” és a „napseb” kifejezés gyakran keveredik a köztudatban. Az *American Phytopathological Society* a „napégést” napsugárzás okozta gyümölcskárosodásnak, a „napsebet” pedig a fagyás következtében a bőrszöveti és a bőrszövet alatti szövetekben kialakuló sérülésének tekinti (Jones – Aldwinckle, 1990).

A sérülés miatt sokszor jelentős mértékben csökken a termés mennyisége és minősége. Arndt (1992) szerint a 'Jonagold' fajtánál a termés 50%-os veszteségét is okozhatja, mert ez a fajta érzékenyebb a napégéssel szemben. Már az érés kezdetén olyan, napsugárzás által okozott elszíneződések, felszíni sebesedések jelenhetnek meg, amelyek alapvetően befolyásolják az alma további színeződését, ízanyagait, később pedig az eladhatóságát, tárolhatóságát (Piskolczi, 2003; Racskó, 2001, 2003). Gurnsey és Lawes (1999) megállapítja, hogy az amerikai piaci viszonyok között ládánként akár 3–4 dollárral többet jelent a kitűnő színeződésű alma. Schrader et al. (2001) pedig több millió dolláros veszteségről számol be amerikai almagyümölcsösökben. Ezzel szemben, a korábbi megfigyelések szerint Magyarországon még a legkedvezőtlenebb évszázatokban sem éri el a károsodott gyümölcsök aránya az 5%-ot (Gonda, 1998).

A napégés folyamatának alaposabb megismerése hozzájárulhat a klimatikus tényezők okozta kockázatok becsléséhez, az egyes fajtákra nézve is. A gyümölcsösök tervezésénél az így szerzett információk segítséget nyújthatnak a későbbi károk csökkentésére (pl. sorok iránya, távolsága, öntözés, lombkorona szerkezetének kialakítása). Megfelelő agrotechnikai módszerekkel így csökkenthető a napégés előfordulásának gyakorisága az almaültetvényekben (Meheriuk et al., 1994).

A napsugárzás okozta sérülések tüneti jellemzése

A „napégés” arany-bronz fedőszínenyomó elváltozást okoz az alma napsütötte oldalán. Ezáltal rontja a külső megjelenését, de a legtöbb esetben nem okozza a bőrszövet nagymértékű sérülését (*Piskolczy et al., 2004*).

A bőrszövet alatti szövet sem mutat komolyabb elváltozást. A napsütötte rész keményebb állományú, de a tárolás során gyorsan megpuhul (*Gurnsey – Lawes, 1999*).

Az igazi értelemben vett „napseb” akkor alakul ki, ha az árnyékban fejlődő gyümölcs hirtelen erős napsütésnek lesz kitéve. Ennek hatására világos- vagy sárgásbarna foltok jelennek meg az alma felületén, és külső megjelenésében is az előbbi esetnél súlyosabb felszíni szöveti sérülések alakulnak ki.

A károsodás általában a fa déli, délnyugati és nyugati részén lévő gyümölcsökön alakul ki nagyobb valószínűséggel, a délutáni hosszabb megvilágítások következtében. A tünetek megfigyelhetők a fa alatt lehullott, vagy ott ládában tárolt almákon is, ha ezek hosszabb időn keresztül erős sugárzásnak vannak kitéve.

Tárolás során, de néha már a fán is barna, kemény, fényes felületű besüppedő foltok jelennek meg, melyek belülről szivacsos szerkezetűek.

Ezt nevezzük „késleltetett napsebnek”, ami támadási pontot jelent a gombák számára (pl. alternáriás rothadás) (*Barber – Sharpe, 1971; Bergh et al., 1980; Simpson et al., 1988*).

A károsodás súlyosabb formája komoly változásokat idéz elő a kutikulában, az epidermális és a szubepidermális szövetekben.

A sejtek fala megvastagszik, intracellulárisan pedig nő a fenolok mennyisége, illetve átrendeződik a plasztidok és tilakoidok szerkezete (*Barber – Scharpe, 1971; Andrews – Johnson, 1996*).

A napégés okai, kialakulásának körülményei

A napégés tüneteinek kialakulásában a napsugárzás alapvető szerepén kívül más tényezőknek is szerepük van. *Barber és Sharpe (1970)* szerint alapvetően a következők befolyásolják a napseb kialakulását: sugárzási energia elnyelő képesség, „specifikus fotostabilitás”, hőmérséklettel és UV sugárzással, a környezeti tényezőkkel szembeni érzékenység. A tünetek főként azokon a területeken jelentkeznek, ahol a levegő hőmérséklete magas, és egyben magas a napsütéses órák száma az érési periódusban. Továbbá nagy számban jelentkezik a károsodás akkor is, ha hűvös vagy enyhe időjárási helyzetet – rövid átmenetet követően – forró, perzselő napsütésű időszak követ. Ha a változás nem hirtelen következik be, a növény jobban alkalmazkodik a megváltozott klimatikus viszonyokhoz, így a napégés kockázata is lecsökken. Különösen intenzív a károsítás, ha ebben az időszakban vízstressz is fennáll (*Brooks – Fisher, 1926; Ware, 1932; Meyer, 1932; Whittaker – McDonald, 1941; Moore – Rogers, 1942; Barber – Sharpe, 1971*).

Gonda (1998, 2002) a napégés kialakulásának okaként a rendkívül alacsony páratartalommal társuló igen magas hőmérsékletet és az ezzel együtt járó vízhiányt említi. További hajlamosító tényezőnek a tápanyagforgalmi zavarokat és a fák gyenge kondícióját tekinti.

Tapasztalatai szerint a nyári metszést követően a fényre kerülő, korábban árnyékban lévő gyümölcsökön szinte soha nem figyelhető meg napégés. Ez természetesen azzal is összefüggésbe hozható, hogy a nyári metszés klasszikus, augusztusi végrehajtását követően már lényegesen ritkábbak a perzselő hatású magas hőmérsékletek, alacsony relatív páratartalmak. Napégést Magyarországon eddig döntően csak júliusban figyeltek meg, júniusban még nem, augusztusban pedig már nem olyan erős a károsodás mértéke.

A napégés kialakulásának biotikus okai

Elsősorban az alma fajtája, fiziológiai állapota és az állomány szerkezete az, ami kulcsfontosságú lehet a károsodás kialakulása során. Az almafajták eltérő mértékben érzékenyek a napsugárzásra és a hőmérsékletre. Ez a környezeti igény eltéréseiből is adódhat, de lényeges szerepe van a gyümölcs szöveti felépítésének, a kutikula és a viasz vastagságának és a fajtára jellemző pigmentaltságnak is. Az érés egyes szakaszaiban változhat a napsugárzással és a hőmérséklettel szembeni érzékenység. Ez is a gyümölcs húsának szöveti fejlődésével magyarázható. Egyes fajták – mint például a 'Granny Smith' – fényre érzékenyek, mivel a bőrszövetük vékony, így könnyebben megsérülhet. De az 'Idared', 'Jonagold', 'Elstar' is igen gyakran károsodik, míg a 'Jonathan' és 'Gala' gyümölcssein ritkán figyelhető meg napégés (Gonda, 2002). A kalcium hiánya (kalciumhiányos talajok) növeli a fényvel szembeni érzékenységet, mivel hatással van a bőrszövet vastagságára.

Gonda (1998) szerint a napégési hatás egy belső negatív jelenséggel találkozhat, a vonatott, lassú gyümölcsnövekedési ütemmel, ami a hiányos asszimilátum-ellátottsággal (kevesebb lomb, mérsékelt gyökérfejlődés, víz- és tápanyagfelvétel) hozható összefüggésbe. Továbbá megállapítható, hogy a korona periferiáján lévő gyümölcsöknél, ha csokrosan állnak, maximum 1–2 gyümölcs perzselt a csokorból, holott a többi gyümölcs is ugyanannyi ideig, illetve ugyanolyan mértékben ki van téve az erős sugárzásnak. Általában a virágzat csúcsi virágából kötődött gyümölcs károsodik a leggyakrabban. Az oldalvirágból fejlődő gyümölcsök ebből a szempontból védettebbek. Ez elsősorban annak tulajdonítható, hogy ezek közelebb vannak a „jótékony hatású” párologtató elsődleges levelekhez. Így olyan mikroklimatikus hatások váltják ki a napégést (magas hőmérséklet, merőlegesen beeső napfény, alacsony páratartalom), amelyek a csúcsi virágokból kötődött gyü-

mölcsöket sokkal inkább érintik. Azok a gyümölcsök vannak leginkább kitéve a napégésnek, amelyeket viszonylag kevés lomb táplál. A virágzat csúcsi virágából fejlődött gyümölcsök vannak legtávolabb az ellátó lombfelülettől. Ennek az ismerete annál a döntésnél is szerepet játszik, hogy a termésritkításkor melyik gyümölcsöt távolítjuk el a virágzataból.

A növény fiziológiai állapotát jelentősen befolyásolja a víz- és tápanyag-ellátottság. A gyümölcs túlhevülését csökkenti a transzspirációs hővesztés, aminek a hatékonysága száraz periódusban (aszály), illetve kis hozzáférhető vízkészlet mellett (pl. homoktalajokon) leromlik. Ekkor növekszik a napégés kialakulásának kockázata. Nem megfelelően kijuttatott tápanyagok hatására a gyümölcs szövetei sérülékenyebbeké válhatnak. A nitrogén növeli az új hajtások megjelenését, ami az árnyékolás miatt előnytelen az optimális szín elérése szempontjából (Meheriuk et al., 1994).

Brooks és Fischer (1926) valamint Meyer (1932) megállapították, hogy a piros gyümölcsű almafajták ellenállóbbak a napégéssel szemben. Ennek oka abban keresendő, hogy mivel a fedőszínt meghatározó színanyagok kialakulásának primer feltétele a fokozott megvilágítottság, a fedőszín csak erős napsugárzásnak kitett körülmények között alakul ki. Az ilyen fajtáknál ez alapvető fajtabélyeg, sőt igénylik is az erős megvilágítottságot, így kevésbé károsíthatják őket a nap. Másrészt a magas fedőszínbőrítottsággal rendelkező fajták héjában magasabb a védelmi célokat szolgáló anti-oxidánsok mennyisége is.

Az alma intenzív színeinek kialakításához, a szedés előtti hetekben napi 20–25 °C nappali és 18 °C körüli éjszakai hőmérséklet mellett, megfelelő megvilágítottság is szükséges. A megfelelő szín kialakulásához a felszínre lejutó sugárzás 50–70%-a szükséges (Gurnsey – Lawes, 1999). Ennek elérése céljából a fa koronáját ehhez is igazítják, sőt nyaranta metszéssel csökkentik az új hajtások egy részét (pl. a 'Gala Royal' igényli

ezt), éppen azért, hogy a hajtás levelei ne árnyékolják az erő almát. A színképződés végett biztosított állomány- és faszerkezet viszont megnövelheti a napégés kialakulásának kockázatát (Gurnsey – Lawes, 1999; Racskó – Budai, 2003).

A napégés kialakulásának abiotikus okai

Smart és Sinclair (1976) megállapítása szerint a napégés kialakulása a szőlőbogyónál elsősorban a szél irányától, a szélsebesség és a turbulencia intenzitásától függ.

A sérülés különösen akkor alakul ki, ha a gyümölcs napsütötte része nagymértékben felhevül (különösen a fa déli, délnyugati oldalán lévő almáknál), így ott a szövetek sérülése miatt sebesedés jelentkezik. A gyümölcs hőmérsékletét a környezeti paraméterek közül leginkább a sugárzás intenzitása és a szél sebessége szabja meg, de kisebb súllyal szerepe van a gyümölcs méretének és albedójának, a szél sebességének, a gyümölcs transzspirációjának és a hosszúhullámú sugarak révén történő hőcserélődésnek. A felszín energiaegyenlegén alapzik az az összefüggés, ami a napsütötte gyümölcs felszínének maximális és minimális hőmérsékleti növekedését becsli meg. Az összefüggést alkotó változók: az abszorbeált sugáráram-sűrűség, a gyümölcs mérete, a hővezetése és a konvektív hőcserélődési koefficiens (Smart – Sinclair, 1976). Ez utóbbi a szél sebességéből számolható ki Nobel (1975) képlete alapján.

A napégés kialakulását néhány nap időjárási állapota is eldöntheti, ha a gyümölcs fejlődésének egy érzékeny szakaszában következnek be a változások. A napsugárzás összetevői mellett a másik lényeges változás, hogy a napsütötte oldal felszíne akár több mint 18 °C-kal is magasabb hőmérsékletű lehet a levegő hőmérsékleténél, és 8–9 °C-kal az árnyékolt résztől (Meheriuk et al., 1994). Ha a hűvös éjszakát túl magas hőmérsékletű nappal követi, az antocianin-

szintézis erősen visszaesik. Arndt (1992) szerint amennyiben júliusban, augusztusban és szeptemberben a levegő hőmérséklete meghaladja a 28–32 °C-ot, a napégés kialakulása is gyakoribb.

A levegő hőmérsékletének további hatásait különféle gyümölcsöknél Schroeder (1961), illetve Barber és Sharpe (1971) vizsgálta. Brooks és Fisher (1926) arról számolt be, hogy ha a napsütésnek kitett alma felülete 14 °C-kal melegebb a levegő hőmérsékleténél, akkor már kialakul a sérülés, ez pedig a hő, nem pedig a napsugárzás hatására jön létre. Rabinowitch et al. (1974) ezzel szemben megállapítja, hogy a napégés jelensége paradicsomnál a hő és a látható fény hatására jön létre.

Az alma gyümölcseinek felszínén és a húsból a fény és a hőmérséklet egyenlőtlen eloszlása egy sor biokémiai folyamatot indít el, miközben megváltoztatja a lédús gyümölcs vízgazdálkodását is. A növény fénnel szembeni egyik védekező mechanizmusa, hogy a napsütötte oldalon növekszik a gyümölcs héjában a színanyagok (pl. flavonoidok, karotinooidok, antocianinok) mennyisége. Ez a folyamat a növény természetes védekezési reakciója a napsugárzással szemben. Ezek az anyagok felelősek továbbá az alma íz, szín és egyéb minőségi paramétereinek kialakításáért (Reay – Lancaster, 2001; Merzlyak et al., 2002).

Smart és Sinclair (1976) a fenti megállapításokat szőlő esetében vizsgálta. Ekkor az abszorbeált napsugárzás energiájának meghatározásakor a következő értékeket vették figyelembe: a konvekciós energiaveszteség, a hosszúhullámú sugárzás révén kialakuló nettó energiaveszteség, a transzspirációs hűtés energiavesztesége, a gyümölcs belsejébe vezetett energiaveszteség. Mindezt kis méretű, gömbfelületű, fürtös gyümölcsre (szőlő) alkalmazták. Az általuk alkalmazott összefüggés esetében két korlátozást is megemlítenek. Egyrészt az általuk használt modell a gyümölcs belsejében homogén állapotot feltételez, ami igen nagy hővezető képességgel rendelkező, kis gyümölcsöknél

(például egy szőlőbogyónál) nem tekinthető hibának. Nagyobb átmérőjű vagy kis hővezetési gyümölcsöknél viszont problémát jelenthet. *Smart és Sinclair (1976)* által alkalmazott modell másik kifogásolható része, hogy a gyümölcs felszíne felett egyenesnek veszi a hőtranszformációs koefficiens (Thorpe, 1974).

Schrader et al. (2001) kimutatta, hogy az UV-B sugárzás nem előfeltétele a napégés kialakulásának, és önmagában nem okoz napégésszerű tüneteket. *Gonda (2002)* szerint a lehullott, ritkítás során talajfelszínre került gyümölcsök 24–36 órán belül napégetté válnak, ami azt igazolja, hogy sokkal inkább a környezetből hiányzó páratartalom felelős az azonnali megégesért.

SAJÁT VIZSGÁLATOK ANYAGA ÉS MÓDSZERE

Megfigyeléseinket Nyugat-Dunántúlon, a zalai almatermőtáj egy intenzív művelési rendszerű ültetvényében végeztük. A dunántúli termőterület figyelemre méltó adottsága a gyakori felhőzet és a globálisugárzás 4300–4400 MJ/m² évi összege. Ennek figyelembe vétele nem elhanyagolható, hiszen a meteorológiai tényező a napégés kialakításában meghatározó szerepet tölt be elsősorban oly módon, hogy a gyakori felhőzet-átvonulás miatt fellépő hirtelen napfénydózis-hatás jelentős megterhelést jelent a növények számára.

Az alanyfajta kísérleti ültetvény Nagykutason, 1999 tavaszán, É-D irányú sortájolással létesült, ahol 33 almafajtát 3 alanyon (M9 törpe, MM106 közepérs vegetatív szaporítású, vadalmagonc erős növekedésű), tehát összesen 99 kombinációban ültettek el, 1,2 ha felületen. Kombinációként 50, összesen 4950 fa állt rendelkezésre. A vizsgált almafajtákat az 1. táblázat szemlélteti.

Az ültetvényt 3,2 x 0,54 m térállásban telepítették. A karcsú orsó művelésmódú ültetvényben szokásos technológiát, integrált növényvédelmet alkalmaztak. A sorköz

füvesített, a levágott füvet pedig a fák alá a sorokba terítették a nedvesség megőrzése és a gyomosodás visszaszorítása céljából.

A megfigyeléseket 2004–2007 közötti négy év folyamán végeztük, a bonitálást pedig fajtánként eltérő időben, a gyümölcs szüreti érettségét követően (2. táblázat). Minden megfigyelést és mérést kombinációként 20, összesen 1980 fán végeztük. Az 5–5 fát a vizsgálatok kezdetén jelöltük ki, fajtánként 4 blokkban.

A felvételezések során a következő mutatókat rögzítettük, illetve számítottuk:

(1) *Gyümölcsök legnagyobb átmérője (gyd)*: fajtánként tolómérő segítségével állapítottuk meg, értékét 0,1 mm pontossággal fejeztük ki.

(2) *Napégéses folt átmérője (nd)*: értéket fajtánként határoztuk meg tolómérő segítségével. Ahol nem kör, hanem elliptikusan megnyúlt volt a napégéses folt alakja, ott a leghosszabb és legrövidebb átmérő számtani átlaga adta a foltátmérőt. A folt határvonaltól a fedőszíntől eltérő árnyalat jelezte. Mértékegységét mm-ben fejeztük ki.

(3) *Napégés gyakorisága (ngy)*: a napégéses tüneteket mutató gyümölcsök száma az összes megvizsgált gyümölcs százalékában kifejezve (*Nutter et al., 1991*), fajtánként értékelve. A gyümölcs napégés-gyakoriságát úgy számítottuk, hogy a napégett gyümölcsök számát az összes felvételezett gyümölcs számának százalékában adtuk meg.

(4) *Napégés mértéke (nm)*: gyümölcsönként a napégett rész területi kiterjedése a teljes gyümölcsfelület százalékában kifejezve (*Nutter et al., 1991*). A napégés gyümölcsönkénti mértékének meghatározásához *Holb et al. (2003)* almafa-varasodásra készített számítási módszerét adaptáltuk, a következő mérőszámok alkalmazásával: a) a napégett foltok átmérője és b) a gyümölcsök legnagyobb átmérője.

$$nm = [\pi (nd/2)^2] / [4 \pi (gyd/2)^2] * 100$$

nm = napégés mértéke a gyümölcsön (a számításainkban feltételeztük, hogy geomet-

riailag minden gyümölcs gömb alakú és minden folt kör alakú; ebben az esetben a napégéses folt (kör)területe = $\pi (nd/2)^2$, ill. a gyümölcs (gömb)felülete = $4 \pi (gyd/2)^2$
 nd = napégéses folt átmérője [mm]
 gyd = gyümölcs legnagyobb átmérője [mm]

(5) *Napégés erőssége (ne)*: értékét vizuálisan állapítottuk meg, amely során figyelembe vettük a fedőszíntől való színintenzitás-eltérést. A bonitálást 1-től 10-ig terjedő lineáris skálán végeztük, ahol az alacsonyabb számértéket a kevésbé károsodott, a fedőszíntől való alacsony színintenzitás-különbséget mutató szimptomák kapták.

(6) *Fedőszín-borítottság*: értékét vizuálisan állapítottuk meg, bonitálása 1-től 100-ig terjedő lineáris skálán történt oly módon, hogy a fedőszínnel kevésbé borított gyümölcsfelületek arányosan alacsonyabb értéket kaptak.

(7) *Lombkorona-sűrűség*: elbírálása vizuálisan történt, 1-től 10-ig terjedő lineáris skálán. Az alacsonyabb skálaértékek a ritka, míg a magasabb értékek arányosan a sűrű koronaszerkezetet jelölték.

(8) *Felső koronaszint átmérője*: a fa csúcsa alatt 50 cm-re mért koronaátmérő értékét jelentette. Az értékeket kategorizáltuk és rangsorba állítottuk, s 1-től 10-ig terjedő lineáris skálába soroltuk. Az alacsonyabb skálaérték (1-es esetén a korona felső részén csak elsőrendű elágazások voltak a központi tengelyen) jelölte azt, hogy a korona felső szerkezete laza, szellős. A magasabb skálaértékek azt jelölik, hogy a központi tengelyen másodrendű elágazások is vannak, sűrűbb koronaszerkezetet biztosítva.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A megfigyelések során az egyes fajták alany-specifikusan viselkedtek a napégésre való fogékonyság szempontjából. Ennek megfelelően károsodást csökkenő sorrend-

ben az M9, MM106 és vadalmamagonc-alanyon álló fajtáknál tapasztaltunk (1. ábra). Az eltérő érzékenység szinte kizárólagosan az alanyok növekedést, fa- és lombkorona-morfológiát befolyásoló hatásán alapult. Ennek megfelelően M9 alanyon azért tapasztaltunk igen nagyfokú károsodást, mert az alany törpítő hatású, a ráoltott nemes fajta gyenge növekedésű, s nem sűrűsödik be a korona olyan mértékben, hogy azzal megvédene az erős napsugárzástól. A korona nagysága és zártsága a károsodásnak megfelelően MM106 és vadalmamagonc-alany irányába növekszik. Összefüggést kerestünk a napégési károsodás és a fajták/alanyok lombkorona-sűrűsége között. Legszorosabb kapcsolatot MM106 alany esetében tapasztaltunk, ahol a korrelációs együttható értéke $-0,71$ volt, míg az M9 alany esetében $-0,68$, a vadalmamagonc-alanynál $-0,37$. Az értékek azt tükrözik, hogy nem elsősorban – de mégis érezhető mértékben – a koronasűrűség hat a napégési károsodásra. A famagasság és a legnagyobb koronaátmérő értékei nem mutattak szignifikáns kapcsolatot a napégés gyakoriságával és mértékével.

Szorosabb kapcsolatot csak a felső koronaszint átmérője mutatott a károsodás gyakoriságával, mértékével és erősségével (3. táblázat). Legnagyobb károsodást az orsó alakú fákon tapasztaltunk, ahol a felső koronaszerkezet szinte csak a csúcshajtásból áll (kizárólag M9 alanyon, pl. 'Golden Reinders' és 'Novayo' esetében), míg a henger alakú (különösen a vadalmamagonc-alanynál, és pl. 'Topaz', 'Pink Lady') fákra a kisebb mértékű károsodás volt jellemző. Az utóbbiaknál a korona felső szerkezete hasonlóan tágas és sűrű, mint a fa középső és alsó részei. Ez azzal magyarázható, hogy a napégéses tünetek kizárólag a gyümölcsfák felső $1/2-1/3$ -ában vagy csúcsában keletkeznek. Így azok a fajták (illetve az alanyhatás nyomán azok a fák), amelyek ritka felső koronaszerkezetet fejlesztenek, hajlamosak a napégésre. Bár ez természetesen csak hajlamosító tényező, mert ehhez a gyümölcsfelület napégésre való érzékenysége (a kutikula

szerkezete, vastagsága stb.) is jelentősen hozzájárul.

Kapcsolatot sikerült kimutatni a levélnagyság és a napégéses károsodás között (4. táblázat). Ebben nagy szerepet játszott, hogy a legkisebb egyedi levélfelület az M9 alanyra jellemző, míg növekvő sorrendben az MM106 és vadalmagoncon lévő fák, egyes esetekben kiemelkedően nagy a levélhosszúság és -szélesség paramétere. Bár előfordulhat, hogy az egyedi levélfelület viszonylag nagy, mégsem véd teljesen a napsugárzástól, mert a koronasűrűség kicsi.

Megállapítottuk, hogy a napégés leggyakrabban az M9 alanyon lévő fajtáknál fordult elő. Az MM106, illetve vadalmagonc-alanyon csak azok a fajták szenvedtek napégést, amelyek M9 alanyon is, tehát itt fajtareakcióról van szó.

M9 alanyon a károsodás gyakorisága kiugróan magas a 'Novayo' és a 'Golden Reinders' esetében (5. táblázat). Ez azt tükrözi, hogy ezeken a fajtákon a károsodott gyümölcsök számaránya viszonylag magas. Azonban ez nem jelenti feltétlenül azt, hogy a gyümölcsökön egyedileg is nagy lenne a károsodás mértéke. A 'Boskoop' fajtánál alacsony a károsodás gyakorisága (1,6%), de az egyes gyümölcsön magas a károsodás felülete (29,3%). A 'Gala' igen alacsony károsodási gyakoriságot (1,5–1,8%) mutatott, vagy tünetmentes maradt. Ezzel szemben a 'Golden Delicious' fajtakör tagjai fokozott érzékenységgel (3,2–11,0%) reagáltak (kivéve a 'Golden Rusett').

Az egyes gyümölcsök károsodásának mértéke a 'Smoothee' esetében volt a legnagyobb, ahol a gyümölcsfelület 37,1%-át borította a napégett folt (az átlagon belül a legnagyobb egyedi érték 45,3% volt). Magas károsodási mértékkel jellemezhető még a 'Boskoop' (29,3%), a 'Gloster' (29,2%) és a 'Gala Delbard' (27,0%). A legalacsonyabb értéket az 'Arlet' esetében tapasztaltuk, 12,2%-ot. Ez alatt már nem alakult ki napégéses tünet a gyümölcs felületén, illetve olyan csekély mértékű lehetett, hogy látens maradt. A károsodás igen nagy erősségét a

'Gloster' fajtánál tapasztaltuk (9,8-as skálaérték), ahol a sötétlila fedőszínen a károsodott folt fehér színeződést kapott. A napégés erőssége szintén magas volt a 'Golden Reinders' esetében (8,6-as skálaérték), ahol éppen ellentétesen alakult a színváltozás. Itt a sárga fedőszín a túlzott napsugárzás hatására először fehér, majd lila színűvé változott. Hasonlóan színeződtek a 'Granny Smith' gyümölcsök is, de zöld alapszínből indulva. Előbbi megállapítások összefüggésbe hozhatók a fánkénti gyümölcszám-mal és -berakódással, illetve a térbeli elhelyezkedésükkel is. Minél nagyobb a fánkénti gyümölcszám, a károsodásra hajlamos fajtáknál annál nagyobb a károsodási gyakoriság. Ez figyelhető meg pl. a 'Granny Smith' esetében is, ami egy napégésre hajlamos fajta, de a kísérletben lazább felső koronaszerkezet mellett sem károsodott olyan gyakoriságban, mint egy tömörebb koronánál. Ennek az az oka, hogy a 'Granny Smith' gyümölcskötődése 2004-ben igen alacsony volt M9 alanyon (4,6%), míg sokkal magasabb MM106-on (8,7%). Ráadásul a kötődött gyümölcsök nem a korona felső részén, hanem a közepén helyezkedtek el, ahol egyébként is védve vannak az erős napsugárzástól. Az MM106 alanyon a legnagyobb károsodási gyakoriság csak 6,0% volt ('Granny Smith'), és igen gyakoriak az 1,0% alatti értékek. Legfeljebb csak azok a fajták károsodtak MM106 alanyon, mint amelyek M9-en is. De a károsodás gyakorisága minden esetben kisebb, mint M9 alanyon (kivéve a fentebb tárgyalt 'Granny Smith'). A legnagyobb csökkenés azokra a fajtákra jellemző, amelyek MM106 alanyon már nem is mutattak tüneteket. Ezek csökkenő sorrendben a következők: 'Elstar', 'Jonagored', 'Arlet' és 'Red Elstar'. Ezzel szemben a károsodás mértéke nem mutatott egyértelmű csökkenést M9 alanyhoz képest, ugyanis voltak olyan fajták, amelyek károsodási mértéke (napégett folt nagysága) csökkent ('Boskoop', 'Gala Delbard', 'Gala Prince', 'Galaxy', 'Gloster', 'Granny Smith', 'Jonica', 'Smoothee', 'Snygold',

'Summerred' és 'Sampion'), volt olyan, ahol nem változott ('Novayo'), és voltak olyan esetek is, amikor növekedett ('Golden B', 'Golden FGA' és 'Golden Reinders') a károsodás mértéke. A napégés erősségét tekintve domináns volt a csökkenő tendencia (kivéve 'Golden Reinders', 'Granny Smith' esetében), de a csökkenés mértéke nem túl jelentős. Közel azonos színváltozást mutattak az egyes károsodott fajták. Az adatok arról tanúskodnak, hogy az erős növekedési erélyű vadalmamagonc-alany minden nemes fajta esetében jelentősen csökkentette a napégés kockázatát. Mindössze 5 esetben tapasztaltunk tüneteket a gyümölcsön, s ezek értékei is jóval alatta maradnak a másik két alany értékeihez képest. Legmagasabb érzékenységi gyakoriságával a 'Jonica' emelhető ki (3,2%). A napégés mértéke ezzel szemben nem mutatott nagyon jelentős csökkenést, bár értéke mindenütt 20% alatt maradt. Az értékek arról tanúskodnak, hogy a tünetek nagysága nem süllyed egy bizonyos szint (jelen esetben 16,5%) alá. Ugyanis meghatározott potenciális károsodási felület szükséges a vizuális megjelenéshez. Ennek megfelelően nem talákoztunk jelentéktelen, pl. 10 mm alatti tünetekkel. Ugyanez a megállapítás igaz a napégés erősségére is. Noha a csökkenés itt is megfigyelhető, azonban egy minimális (4,5) erősségi szintet el kell érnie a tüneteknek, hogy egyértelműen felismerhetők legyenek.

A 6. táblázat a vizsgált alany-nemes kombinációk esetében a 2005-ben tapasztalt napégés-károsodást mutatja. A fajták hasonló mértékben voltak érzékenyek a napégésre, a mutatók értékei azonban csekély mértékben, de alacsonyabbak voltak, összehasonlítva a megelőző évben tapasztaltakkal. M9 alanyon a 'Granny Smith' (4,4%), 'Golden Reinders' (3,9%) és 'Golden B' (3,3%) gyümölcssei károsodtak a leggyakrabban, és ezeknél a fajtáknál volt a legnagyobb a károsodás felületi nagysága és erőssége is. A három mutató értékeit tekintve, a legnagyobb szóródást a napégés gyakoriságánál tapasztaltuk az egyes fajták között, ettől

kisebb mértékű volt a napégés mértékének variációs szélessége és a legkevésbé volt eltérés a fajták között a napégés erősségében. MM106 alany esetében már lényegesen lecsökkent a károsodást mutató fajták száma. A vizsgálatba vont 33 fajta közül mindössze 8 esetében figyeltünk meg tünetet. Meglepetésünkre, legnagyobb gyakorisággal a 'Gala Prince' (2,1%) fajta rendelkezett, de károsodást mutattak a 'Golden Delicious' fajtakör tagjai is. A napégés mértékét és erősségét tekintve az értékek alacsonyabbak voltak, mint M9 alanyon. A vadalmamagonc-alanyon mindössze 3 fajta gyümölcssei esetében talákoztunk – kismértékű – napégéses tünetekkel. A gyakorisági értékek nagyon alacsonyak, minden esetben 1,0% alattiak voltak, a fajták közötti különbség tehát nem értékelhető. A 'Golden Reinders' fajtánál volt a legnagyobb a károsodás mértéke (18,6%) és a károsodás erőssége is (6,3%).

A 2006. évi napégés-felvételezések eredményeiről a 7. táblázat ad felvilágosítást. Az előző két évben tapasztaltakhoz hasonlóan a károsodás különböző volt az alanyok növekedési erélye szerint. Legnagyobb volt a károsodás gyakorisága, mértéke és erőssége M9 alanyon, melyet az MM106 alany követett. Ebben az évben pedig nem tapasztaltunk károsodást vadalmamagonc-alanyon. M9 alanyon a legnagyobb arányban a 'Golden Delicious' fajtakör tagjai károsodtak, közülük is a 'Golden Smoothee' emelhető ki (3,4%). Egyáltalán nem károsodtak a 'Braeburn' fajta változatai ('Braeburn Hillwell' és 'Braeburn Schneider'), továbbá az 'Idared', 'Pink Lady', 'Prima', 'Rubinette', 'Topaz', valamint a nyári érésű fajták közül a 'Summerred' és a 'Vista Bella'. Ezzel szemben gyakori volt a napégés tüneteinek megjelenése a 'Gala' gyümölcssein. Az MM106 alanyon lévő fákon leginkább a 'Sampion' (1,7%), a 'Golden Reinders' (1,5%) és a 'Gala Prince' (1,2%) mutattak érzékenységet a napégésre. A károsodás mértéke azonban nem minden esetben követte a gyakorisági értékek nagy-

ságát, hiszen annak ellenére, hogy a 'Granny Smith' és az 'Elstar' nem volt jellemezhető magas károsodási gyakorisággal, esetükben a károsodás mértéke magasnak tekinthető a többi fajtához viszonyítva. A napégés erőssége minden esetben alacsony, 3,3 és 5,6 közötti volt MM106 alanyon, nem figyeltünk meg olyan mértékű felszíni színváltozást vagy szövethárosodást, mint M9 alanyánál.

A vizsgált négy év közül 2007 bizonyult a leginkább kritikusnak a napégés szempontjából, ebben az évben tapasztaltuk ugyanis a károsodás legnagyobb gyakoriságát és mértékét (8. táblázat). Különösen igaz ez a megállapítás az M9 és MM106 alanyra. M9 alanyon a 'Granny Smith' fajta volt leginkább érzékeny a napégésre, a napégés gyakorisága 6,8% volt, míg a károsodás mértéke és erőssége rendre 24,6 és 8,9%. Erősen károsodtak a 'Gala' és 'Golden Delicious' gyümölcsök ebben az évben. MM106 alanyon leggyakrabban (3,3%) a Jonica gyümölcssein figyeltünk meg napégéses tüneteket. Vadalmamagonc-alanyon mindössze a 'Golden Reinders' és a 'Jonica' károsodott, de csak kismértékben.

Az egyes fajtákat – alanyonként – érzékenységi kategóriákba soroltuk a napégés előfordulási gyakorisága szerint (9. táblázat). A csoportosítást a 10. táblázatban közöljük. A táblázat adatai szerint az M9 alanyon álló fajták aránya a legkisebb a „nem érzékeny” kategóriában (2. ábra). Ez az alany kevésbé zárt lombkoronát fejlesztő hatásával magyarázható. A „nem érzékeny” kategóriában említhetők az 'Idared', 'Vista Bella' vagy a 'Topaz'. „Közepesen érzékeny” a 'Sampion', 'Snygold' ('Earligold') vagy a 'Gala' fajtakör egyes tagjai ('Imperial', 'Mundial', 'Royal', 'Delbard' és 'Prince'). Tapasztalataink szerint a 'Gala' fajtaváltozatoknál általában nincs tünetmentesség, de jellemző az alacsony érzékenységi szint. Az 'Elstar', 'Gloster', 'Granny Smith',

'Jonagored' és a 'Golden Delicious' fajta mutatott fokozott érzékenységet a napégésre M9 alanyon.

Az MM106 alanyon álló fajták esetében a „nem érzékeny” kategóriában növekedett a fajták száma, M9 alanyhoz képest a „közepesen érzékeny” kategóriából átkerült az 'Arlet', 'Red Elstar', 'Rubinette', az „érzékeny” kategóriából pedig az 'Elstar' és a 'Jonagored'. A „közepesen érzékeny” kategóriában már nagyobb volt az átrendeződés: M9 alanyon az „érzékeny” fajták közül a 'Galaxy', 'Gloster', 'Golden FGA', 'Novayo', 'Smoothee' és a 'Summerred' fajta került át ebbe a csoportba. Az érzékeny fajták száma ezen az alanyon már csak 4 ('Golden B', 'Golden Reinders', 'Granny Smith' és 'Jonica') volt. A vadalmamagonc-alanyon álló fajtákra az igen alacsony érzékenységi szint volt jellemző: 84,8%-a a vizsgált fajtáknak a „nem érzékeny” kategóriába tartozott. Mindössze 12,1% volt „közepesen érzékeny” és 3,1% „érzékeny” (2. ábra). Az egyetlen érzékeny fajta a 'Jonica' volt, mely mindhárom alanyon erősen károsodott.

Elemeztük a fedőszín-borítottság és a napégés gyakorisága közötti kapcsolatot. Az összefüggést a 3. ábra szemlélteti. Minél magasabb a fedőszín-borítottsága a gyümölcsnek, annál nagyobb a valószínűsége, hogy napégéses folt található rajta. Fordítva: a napégés tüneteit mutató gyümölcsök szinte kizárólag magas fedőszín-borítottsággal jellemezhetők. Ennek az a magyarázata, hogy a magasabb fedőszín-borítottságú gyümölcsök a korona perifériális részén helyezkednek el és itt éri őket a legerősebb, károsító napsugárzás. E megállapítás fajtaspecifikusan érvényesül, azaz pl. a 'Sampion' esetében 50% fedőszín-borítottságnál számíthatunk fokozott napégéses foltgyakoriságra, míg a 'Granny Smith' esetében (ahol az 5–8% piros fedőszín-borítottság magasnak mondható) már 2–3%-nál is megjelennek a tünetek.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) ANDREWS, P. K. – JOHNSON, J. R. (1996): Physiology of sunburn development in apples. *Good Fruit Grower* 47(12): 32–36. (2) ANDREWS, P. K. – JOHNSON, J. R. (1997): Anatomical changes and antioxidant levels in the peel of sunscald damaged apple fruit. *Plant Physiol.* 114(3): 103. (3) ARNDT, H. (1992): Apple shading to reduce heat damage. *Tree Fruit Leader*, Vol. 1. (4) BARBER, H. N. – SHARPE, P. J. H. (1971): Genetics and physiology of sunscald fruits. *Agric. Meteorol.* 8: 175–192. (5) BERGH, O. – FRANKEN, J. ZYL, E. J. – KLOPPERS, VAN, F. – DEMPERS, A. (1980): Sunburn on apples – Preliminary results of an investigation conducted during during the 1978/79 season. *Deciduous Fruit Grower* 30 (1): 8–22. (6) BROOKS, C. – FISHER, D. F. (1926): Some high-temperature effects in apples: contrasts in the two sides of an apple. *J. of Agr. Research* 32(1): 1–23. (7) GONDA, I. (1998): Az aszály tünetei a gyümölcsstermő növényeken In: Nyíri L. (szerk.), *Az aszálykárok mérséklése a kertészetben. Mezőgazda Kiadó*. Budapest, 28–29. (8) GONDA, I. (2002): Drought-induced losses in fruit orchards. *Journal of Agricultural Sciences* 1: 37–40. (9) GURNSEY, S. – LAWES, G. S. (1999): Improving apple color. In: *The Orchardist of New-Zealand*. (10) HOLB, I. (2002): A betegség és a kórokozó általános jellemzői. In: Holb I. (szerk.) *Az alma ventúriás varasodása: biológia, előrejelzés és védekezés. Szaktudás Kiadó Ház*, Budapest, 13–20. (11) HOLB, I. J., HEIJNE, B., JEGER, M. J. (2003): Summer epidemics of apple scab: the relationship between measurements and their implications for the development of predictive models and threshold levels under different disease control regimes. *Journal of Phytopathology* 151 (6): 335–343. (12) JONES, A. L. – ALDWINCKLE, H. S. (eds.) (1990): *Compendium of apple and pear diseases*. American Phytopathological Society, St. Paul. (13) LEEUWEN, VAN G. C. M. – HOLB, I., J. – JEGER, M. J. (2002): Factors affecting mummification and sporulation of pome fruit infected by *Monilia fructigena* in Dutch orchards. *Plant Pathol.* 51: 787–793. (14) LEEUWEN, VAN G. C. M. – STEIN, A. – HOLB, I., J. – JEGER, M. J. (2000): Yield loss in apple caused by *Monilia fructigena* (Aderh. & Ruhl.) Honey, and spatio-temporal dynamics of disease development. *Eur. J. Plant Pathol.* 106: 519–528. (15) MEHERIUK, M. – PRANGE, R. K. – LIDSTER, P. D. – PORRITT, S. W. (eds.) (1994): *Postharvested disorders of apples and pears*. Communications Branch, Agriculture Canada, Ottawa, Ont K1A 0C7 pp. 31–32. (16) MERZLYAK, M. N. – SOLOVCHENKO, A. – CHIVKUNOVA, O. B. (2002): Patterns of pigment changes in apple fruits during adaptation to high sunlight and sunscald development. *Plant Physiol. Biochem.* 40: 679–684. (17) MEYER, A. (1932): Comparative temperatures of apples. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 28: 566–567. (18) MOORE, M. H. – ROGERS, W. S. (1943): Sun scald of fruits. *East Malling Res. Sta. Rept.* pp. 50–53. (19) NOBEL, P. S. (1975): Effective thickness and resistance of the air boundary layer adjacent to spherical plant parts. *J. Exp. Bot.* 26: 120–130. (20) NUTTER, F. W. – TENG, P. S. – SHOKES, F. M.: (1991): Disease assessment terms and concepts. *Plant Disease* 75: 1187–1188. (21) PISKOLCZI, M. (2003): Tissue deformations of sunscald injury on the surface of apple fruit (*Malus domestica* Borkh.) and its meteorological causes. 3th International Plant Protection Symposium. Proceedings, 207–214. (22) PISKOLCZI, M. – VARGA, Cs. – RACSKÓ, J. (2004): The meteorological causes of the sunburn injury on the surface of apple fruit (*Malus domestica* Borkh.). Workshop on „Orchard Management in Sustainable Fruit Production. Poland, Skierniewice (in press). (23) RABINOWITSH, H. D. – KEDAR, N. – BUDOWSKI, P. (1974): Induction of sunscald damage in tomatoes under natural and controlled condition. *Scientia Hort.* 2: 265–272. (24) RACSKÓ, J. (2001): Az almatárolás során előforduló veszteségek. *Nyír-Gazda* 2001. 10: 7–9. (25) RACSKÓ, J. (2003): Almatárolás, a tárolás eredményességét meghatározó tényezők. *Mezőhír.* 10: 34–36. (26) RACSKÓ, J. – BUDAI, L. (2003): A gépesített metszés és koronaalakítás technológiai kérdései. *Gazda-fórum* 10: 10–11. (27) REAY, P. F. – LANCASTER, J. E. (2001): Accumulation of antocyanins and quercetin glycosides in Gala and Royal Gala apple fruit skin with UV-B-Visible irradiation: modifying effects of fruit maturity, fruit side, and temperature. *Scientia Horticulturae* 90: 57–68. (28) RETID, N. – KEDAR, N. (1967): The effect of stage maturity on heat absorption and sunscald of detached tomato fruit. *Israel J. Agr. Res.* 17: 77–83. (29) SCHRADER, L. A. – ZHANG, J. – DUPLAGA, W. K. (2001): Two types of sunburn in apple caused by high fruit surface (peel) temperature. In: *Plant Health Progress*. (30) SCHRADER, L. A. – ZHANG, J. – SUN, J. (2003): Environmental stresses that cause sunburn of apple. *Acta Horticulturae* (in press) (31) SCHROEDER, C. A. (1961): Temperature relationships in fruit tissues under extrem

conditions. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 87: 199–203. (32) SIMPSON, J. – ROM, C. R. – PATTERSON, M. (1988): Causes and possible controls of sunburn on apples. The Good Fruit Grower 39(2): 16–17. (33) SMART, R. E. – SINCLAIR, T. R. (1976): Solar heating of grape berries and other spherical fruits. Agricultural Meteorology 17: 241–256. (34) SOLTÉSZ, M. – NYÉKI, J. – SZABÓ, Z. (2004): A klímaváltozás kihívásai a gyümölcsstermesztésben. „AGRO-21” Füzetek 34: 3–20. (35) WALKER, J. C. (1952): Diseases of vegetable crops. McGraw-Hill, New-York, N.Y., 529. (36) WALKER, J. C. (1957): Plant Pathology. McGraw-Hill, New-York, N.Y., 707. (37) THORPE, M. R. (1974): Radiant heating of apples. J. Appl. Ecol. 11: 755–760. (38) WARE, W. M. (1932): High temperature injury on the growing apple. Gardners Chron. 92: 287–288. (39) WARNER, G. (1997): Sunburn is a hot topic in orchards of Washington. The Good Fruit Grower 48(13): 22–23. (40) WHITTAKER, E. C. – McDONALDS, S. L. D. (1941): Prevention of sunscald of deciduous fruit trees in hot climates. Agr. Gaz. N. S. Wales 52: 231–233. (41) WÜSCHE, J. N. – GREER, D. H. – PALMER, J. W. – LANG, A. – MCGHIE, T. (2000): Sunburn – the cost of a high light environment. Proceedings of the Seventh International Symposium on Orchard and Plantation Systems. Acta Horticulturae 557: 349–356.

1. táblázat

A nagykutatási ültetvényben vizsgált almafajták

Arlet	Gloster	Novayo
Boskoop	Golden B	Pink Lady
Braeburn Hillwell	Golden FGA	Prima
Braeburn Schneider	Golden Reinders	Red Elstar
Elstar	Golden Rust	RubINETTE
Gala Delbard	Granny Smith	Smoothee
Gala Imperial	Green Sliws	Snygold (Earligold)
Gala Mundial	Idared	Summerred
Gala Prince	Jonagored	Šampion
Gala Royal	Jonica	Topaz
Galaxy	Mollie's Delicious	Vista Bella

2. táblázat

Az egyes almafajták napégéstünet bonitálási időpontja (Nagykutas, 2004–2007)

aug. 10–25.	aug. 26. – szept. 15.	szept. 16. – okt. 20.	okt. 21. után
Vista Bella	Prima Snygold (Earligold) Summerred	Arlet Braeburn Hillwell Elstar Gala Delbard Gala Imperial Gala Mundial Gala Prince Gala Royal Galaxy Gloster Golden B Golden FGA Golden Reinders Green Sliws Idared Jonagored Jonica Mollie's Delicious Novayo Red Elstar Rubinette Smoothee Sampion Topaz	Boskoop Braeburn Schneider Golden Rust Granny Smith Pink Lady

3. táblázat

A korrelációs együtthatók nagyságának alakulása a felső koronater átmerője és a napégési károsodás között

Korrelációs együttható	<i>ngy</i>	<i>nm</i>	<i>ne</i>	<i>nd</i>
M9 alanyon	-0,81	-0,52	-0,55	-0,29
MM106 alanyon	-0,76	-0,53	-0,49	-0,47
Vadalmaalanyon	-0,51	-0,34	-0,16	-0,21

4. táblázat

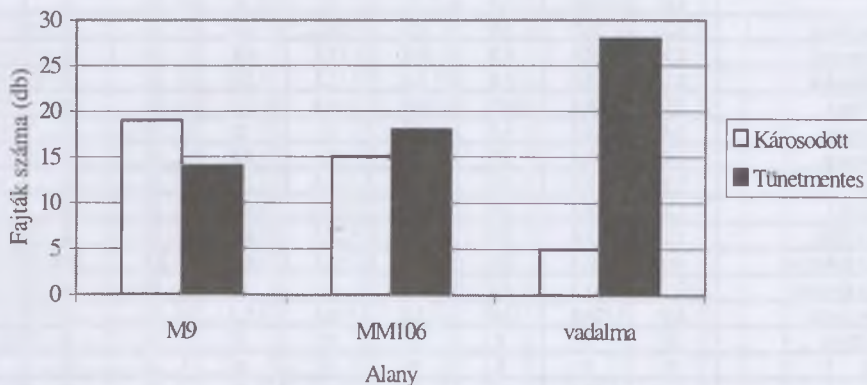
A korrelációs együtthatók nagyságának alakulása az egyedi levélterület és a napégési károsodás között

Korrelációs együttható	<i>ngy</i>	<i>nm</i>	<i>ne</i>	<i>nd</i>
M9 alanyon	-0,46	-0,58	-0,37	-0,22
MM106 alanyon	-0,62	-0,58	-0,44	-0,25
Vadalmaalanyon	-0,59	-0,50	-0,52	-0,31

9. táblázat
Almafajták csoportképző ismérve a napégés előfordulási gyakorisága alapján

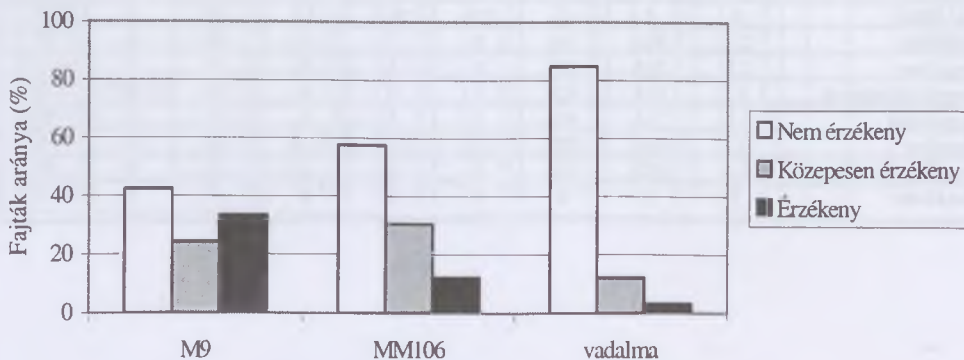
Kategória	Napégés előfordulási gyakorisága (%)
I. Nem érzékeny (tünetmentes)	0
II. Közepesen érzékeny	0,1–2,0
III. Erősen érzékeny	2<

1. ábra



A vizsgált 33 almafajta megoszlása napégés-károsodás szerint (Nagykutas, 2004-2007)

2. ábra



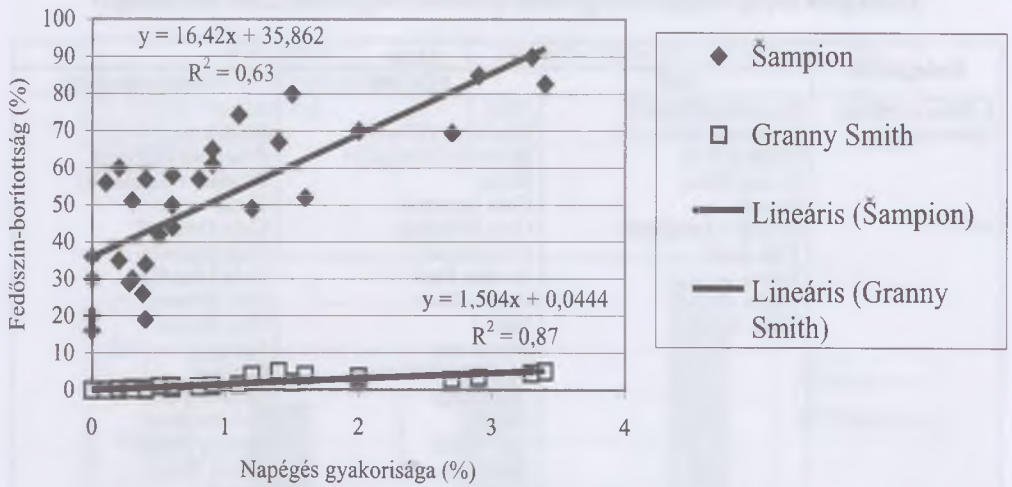
A vizsgált almafajták megoszlása alanyok és napégés-érzékenységi kategóriák szerint

10. táblázat

Almafajták napégés-érzékenysége alanyok szerint (Nagykutas, 2004–2007 átlaga)

Kategóriák	Alany		
	M9	MM106	Vadalmamagoc
I. Nem érzékeny (tünetmentes)	Braeburn Hillwell Braeburn Schneider Golden Rust Green Sliws Idared Mollie's Delicious Pink Lady Prima Topaz Vista Bella	Arlet Braeburn Hillwell Braeburn Schneider Elstar Gala Imperial Gala Mundial Gala Royal Golden Rust Green Sliws Idared Jonagored Mollie's Delicious Pink Lady Prima Red Elstar Rubinette Topaz Vista Bella	Arlet Boskoop Braeburn Hillwell Braeburn Schneider Elstar Gala Delbard Gala Imperial Gala Mundial Gala Prince Gala Royal Galaxy Gloster Golden FGA Golden Rust Granny Smith Green Sliws Idared Jonagored Mollie's Delicious Pink Lady Prima Red Elstar Rubinette Smoothee Snygold (Earligold) Summerred Topaz Vista Bella
II. Közepesen érzékeny	Arlet Boskoop Gala Delbard Gala Imperial Gala Mundial Gala Royal Gala Prince Red Elstar Rubinette Snygold (Earligold) Sampion	Boskoop Gala Delbard Gala Prince Galaxy Gloster Golden FGA Novayo Smoothee Snygold (Earligold) Summerred Sampion	Golden B Golden Reinders Novayo Sampion
III. Erősen érzé- keny	Elstar Galaxy Gloster Golden B Golden FGA Golden Reinders Granny Smith Jonagored Jonica Novayo Smoothee Summerred	Golden B Golden Reinders Granny Smith Jonica	Jonica

3. ábra



A fedőszín-borítottság és a napégés gyakorisága közötti összefüggés a 'Sampion' és a 'Granny Smith' esetében, M9 alanyú fákon (Nagykutas, 2004)



Napégés Golden Delicious gyümölcsön (Racsó József felvétele)



Fagyléc Golden Delicious gyümölcsökön (Raeskö József felvétele)



Fagyléc Gála Delicious almán (Szabó Zoltán felvétele)



Fagyott kajszi terméskezdemény (Szabó Zoltán felvétele)



Deformálódott kajszi terméskezdemények (Szabó Zoltán felvétele)



Fagyott almavirágok
(Racsó József felvétele)



Fagyott almavirágok
(Racsó József felvétele)



Cseresznye gyümölcsrepedés
(Thurzó Sándor felvétele)



Cseresznye gyümölcsrepedés
(Thurzó Sándor felvétele)

A NAPPALI ÉS ÉJSZAKAI HŐMÉRSÉKLET HATÁSAI AZ ALMA FEDŐSZÍNÉRE ÉS MINŐSÉGÉRE

LAKATOS LÁSZLÓ – SZABÓ TIBOR – RACSKÓ JÓZSEF – SZABÓ ZOLTÁN –
SOLTÉSZ MIKLÓS – NYÉKI JÓZSEF

Kulcsszavak: gyümölcsfedőszín, gyümölcsminőség, termikus paraméter.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A fedőszín azon fenometriai jellemzők közé sorolható, melyeknek csak a végső értéket veszik figyelembe. A gyümölcsök fedőszíne igen fontos minőségi mutatónak tekinthető. Az eladhatóság jelentős mértékben függ attól, miképpen alakul az adott fajta gyümölcsseinek fedőszín-borítottsága. A bemutatott regressziós kapcsolatok meggyőzően bizonyították, hogy a nappali és éjszakai hőmérséklet ismeretében megbecsülhető a színeződés várható mértéke.

A téli érésű fajtáknál a fajta genetikai tulajdonságainak nagy a hatása, míg a nyári és őszi érésűeknél az évjárat szerepe erőteljes. A spúr fajták fedőszíne általában intenzívebb, mivel a kisebb faméret miatt az időjárási hatásokkal szembeni kitettség jelentősebb.

A vizsgálati eredmények azt mutatták, hogy a nappali és éjszakai hőmérsékletek jelentős hatást gyakoroltak a gyümölcsminőségi mutatók (cukortartalom, C-vitamin-tartalom, savtartalom) alakulására. Mivel a nappali és éjszakai hőmérséklet frissítő öntözéssel befolyásolható, lehetőség adódik arra, hogy a nappali és éjszakai hőmérséklet-különbséget az optimális értékre módosítsák.

BEVEZETÉS

A fedőszín is egyike azon fenometriai változóknak, melyek évről évre jelentős eltérést, különbségeket mutathatnak. A tapasztalható ingadozások létrejöhetnek kedvezőtlen víz- vagy tápanyag-ellátottság következtében, de kiváló tényező lehet valamilyen növénybetegség, szélsőségesen magas vagy alacsony hőmérséklet, vagy átlagon felüli kötődési arány, illetve kimagasló terméssűrűség. Munkánk során azt kívántuk tisztázni, hogy a nappali és éjszakai hőmérséklet mennyire befolyásolja a gyümölcsök fedőszín-borítottságát.

A gyümölcsfenometriai vizsgálatoknak régre visszanyúló gyökerei vannak hazánk-

ban. Az 50-es években *Zerinvári (1950)*, *Berényi és Justyák (1956)* kezdték el a vizsgálatokat gyümölcsösökben, valamint hegyvidéki szőlőállományokban. A 60-as években láttak napvilágot az első állományklíma-vizsgálati eredmények *Bognár és Kozma (1961)* kutatásai révén. A makro- és mikroklimatikus jellemzők gyümölcsnövekedésre gyakorolt hatásainak elemzése *Szász (1961)* nevéhez fűződik. Az agrometeorológia szerepének átfogó értékelését a hazai gyümölcsstermelésben *Nyujtó (1965)* végezte el. A 60-as évek végén megjelentek a fenológiai, fázistartam és az időjárási paraméterek kölcsönhatását elemző tanulmányok, melyek főként alma- és szőlőkultúrákat vizsgáltak (*Csöbönyi – Stollár, 1969*).

Ezek hatékonyan segítették a gyümölcsösök terméshibáztatásának, a fajták teljesítőképességének megismerését. Az évtized néhány igen zord telének hatására megjelentek az első fagyvédelemmel foglalkozó tanulmányok (Pletser – Radnai, 1964). A 70-es években számos vizsgálati eredmény született a gyümölcsnövekedés, valamint a szaranyag-tartalom és az időjárás közötti összefüggések feltárására. Ugyancsak előtérbe kerültek az evapotranszspirációs kutatások (Füri – Kozma, 1975), az alma vízfogyasztásának vizsgálatai (Gergely – Stollár, 1978), valamint érési időpont időjárási változókkal való becsülésre vonatkozó eredmények a 'Jonathan' almafajtánál (Stollár, 1977). A 80-as években egyre nagyobb hangsúlyt kapott a fajtákra bontott termőhely-kiválasztás meteorológiai háttérének jellemzése (Stollár – Zárbok, 1981; Stollár, 1984), az állományok hő- és sugárzásellátottságának (Dunkel et al., 1981), valamint a téli kritikus hőmérséklet hatásának vizsgálatai (Dunkel – Kozma, 1981; Csapó, 1984).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálati anyag az Újfehértói Gyümölcsstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Kht. fajtagyűjteményéből származik.

A vizsgálatok során 2 fa/fajta ismétlési rendszerben 586 almafajta fenológiai fázisait és fenometriai mutatóit jegyeztük fel, illetve mértük meg az 1984–2001 időszakra vonatkozóan. Éréstartam-csoportok szerint

- (1) nyári érésű;
- (2) őszi érésű;
- (3) téli érésű.

A mintából külön válogattuk a jó fedőszínt mutató fajtákat, a továbbiakban a meteorológiai tényezőkkel való kölcsönhatást ezeknél elemeztük.

Megvizsgáltuk, hogy a vegetációs időszak különböző hónapjaiban, illetve az érés előtti 30 napra jellemző átlagos nappali és éjszakai hőmérsékleteknek milyen kölcsönhatása van a fedőszín-borítottság mértékére.

A fajták között szerepeltek „régí”, a termesztésből kiszoruló fajták, elterjedt áruajták, valamint perspektivikus fajták. Összesen 1172 fát vizsgáltunk. Az almafajtákat 1981–82-ben termőkaros orsó ültetvényben MM106 alanyon lévő oltványokkal telepítették. A sor- és tőtávolság 8 x 2 m.

A megfigyelések és az adatfelvétel-ek az újfehértói kutatóhelyen folytak. A terület fekvése sík, a tengerszint felett 115 m-en, Nyíregyházától délre 19 km-re terül el. Talaja a homok talajképző kőzetén kialakult, nem karbonátos, többretegű humuszos homok, melynek erősen savanyú (pH 5,74–5,79) a kémhatása. Szervesanyag-tartalma genetikai kategóriáján belül alacsony (<1%).

A mikroklíma adatai közül a vizsgálati időszakra vonatkozóan a levegő hőmérsékletét óránkénti gyakorisággal, naponta rögzítettük, számítógépes detektálású automata meteorológiai mérőállomással.

Számításaink során az alábbi időjárási változókat használtuk fel

- éjszakai hőmérséklet ($T_{\text{éjsz}}$);
- nappali hőmérséklet (T_{nap});
- nappali és éjszakai hőmérséklet különbsége (T_{diff}).

A felvételések során a fedőszín-borítottságot %-ban kifejezve (0–100%) intervallumban rögzítettük.

Az adatok értékelését Excel 97 for Windows program segítségével végeztük. Az adatokból átlagot és szórást számítottunk. A fenometriai mutatók és a meteorológiai tényezők összefüggését lineáris regresszió, valamint korreláció-analízissel értékeltük.

EREDMÉNYEK

A fedőszín-borítottság értékeinek gyakorisági eloszlása alapján megállapítható, hogy a nyári érésű fajták közel fele (49,7%) rendelkezik jó fedőszínnel, míg ezen éréscsoport 25,2%-a kevésbé jól színeződő fajtának tekinthető. Legnagyobb részarányt (32,1%-ot) a mintában azon fajták képviselik, ame-

lyek színeződési aránya 64–81%. Lényegesen nagyobb arányban fordulnak elő a mintában a jó fedőszínnel jellemezhető fajták, mint a gyenge fedőszínnel.

Az őszi érésű almafajták a színeződés tekintetében meglehetősen egyenletes eloszlást mutatnak. Ezen éréscsoportba tartozó almák 42,5%-a jó, 36,4%-a gyenge fedőszín-borítottsági értékkel jellemezhető. A gyümölcsfedőszín osztályközeit szemlélve jól látható, hogy igen csekély eltérés tapasztalható a relatív gyakorisági értékek között. Csaknem azonos mértékben vannak jelen a mintában a jó, illetve a gyenge fedőszínnel jellemezhető fajták.

A téli érésű fajták fedőszíneinek gyakorisági eloszlása U alakú függvénnyel jellemezhető, azaz túlsúlyban vannak a mintában, a jól, illetve gyengén színeződő fajták. A közepes fedőszínnel rendelkező fajták részaránya ennél az éréscsoportnál a legkisebb arányú.

Amennyiben a teljes fajtaválaszték esetében vizsgáljuk meg, hogy miként alakulnak a fedőszín-borítottsági értékek, a következő megállapításokat tehetjük:

A vizsgált fajták 34,1%-a 70% fölötti színeződési aránnyal jellemezhető. Ezeket a továbbiakban jól színeződőnek tekinthetjük (1. ábra). A minta 24,6%-ánál a színeződési arány 10–39% között alakult. Ezek alkotják a gyengén színeződő fajtaválasztékot. A fajtagyűjtemény 41,2%-ánál a fedőszín-borítottság mértéke 40–70% közötti, ezek közepesen jól színeződő fajtáknak tekinthetők (1. ábra). A bemutatott gyakorisági értékek alapján külön vizsgálhatjuk a jól és a kevésbé jól színeződő fajtákat. A továbbiakban a jól színeződő fajták esetében vizsgáltuk meg, hogy a nappali és éjszakai hőmérséklet, illetve ezen hőmérsékletek különbsége miképpen befolyásolja a gyümölcsfedőszín-borítottság mértékét.

A fedőszín-borítottság mértékét, feltételezésünk szerint, leginkább a nappali és éjszakai hőmérséklet alakulása befolyásolja. Megvizsgáltuk tehát, hogy a vizsgált időszakban miként alakult az éjszakai, illetve

nappali hőmérséklet. A vegetációs időszak átlagos éjszakai hőmérséklete az elmúlt 20 év során igen erőteljesen növekedett a vizsgált termőhelyen (2. ábra). A hőmérséklet-emelkedés 0,1%-os szinten szignifikánsnak tekinthető. A magasabb éjszakai hőmérséklet általában kedvezőtlen hatású a produkció alakulására. A légzés intenzívebbé válik, így a napi tömeggyarapodás kisebb lesz. Számos minőségi mutató, mint pl. a cukortartalom is alacsonyabb értéket ér el magasabb éjszakai hőmérséklet esetén, mivel a megnövekedett légzésintenzitáshoz szükséges energiát a növény a saját tartalékaiból fedezi.

Természetesen fontos azt is megvizsgálni, hogy milyen változások jellemzik a nappali hőmérséklet időbeli alakulását ugyanezen időszak során. Ha ugyanis a nappali hőmérséklet erőteljesebben növekedett, akkor nem kell aggódnunk, a produkció növekedésének éghajlati feltételei rendelkezésre állnak. Még az sem okoz problémát, ha a nappali és éjszakai hőmérséklet növekedési üteme azonos. A gondok akkor jelentkezhetnek természetű oldalról, ha a két vizsgált változó növekedési üteme eltérő. Az eredmények azt mutatják, hogy a nappali hőmérséklet növekedésének mértéke elmarad az éjszakitól (3. ábra).

Amennyiben a nappali és éjszakai hőmérséklet különbsége alapján elemezzük, hogy ennek a különbségi értéknek az időszora milyen változást mutat a vizsgált időszakban, akkor a következő megállapításokat tehetjük:

A vegetációs időszakra jellemző átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség az elmúlt 20 év során csökkenést mutatott. A csökkenő trend azt igazolja, hogy az éjszakai hőmérséklet növekedésének mértéke felülmúlja a nappali változás mértékét. Azaz, ha ez a tendencia tovább folytatódik, akkor a termésminőség további romlásával számolhatunk.

A továbbiakban azt mutatjuk be, hogy éréscsoportonként a különböző hónapokra jellemző éjszakai, nappali hőmérsékletek, illetve ezek különbségei miként befolyásolják az alma fedőszín-borítottságának mértékét.

Nyári érésű fajták

Az augusztusi átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség nyári érésű almafajták esetében mutatott 1%-os szinten szignifikáns kapcsolatot a fedőszín-borítottság-gal (4. ábra).

A kapcsolat jellege másodfokú, megállapíthatjuk, hogy 6,2 °C-nál nagyobb nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség esetén a nyári érésű almafajták fedőszín-borítottsága már nem növekszik, hanem csökken (4. ábra).

Őszi érésű fajták

Őszi érésű fajták esetében a szeptemberi nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség mutatott 1%-os szinten szignifikáns kapcsolatot a fedőszín-borítottság mértékével (5. ábra). A bemutatott regressziós kapcsolat alapján kijelenthető, hogy amennyiben 4 °C-kal nő a hőmérséklet-különbség, ennek hatására 10%-kal magasabb fedőszín-borítottság érhető el. A színező öntözéssel ez a hatás elérhető azokban az években, amikor kicsi a nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség.

Téli érésű fajták

Az októberi átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség téli érésű almafajták esetében mutatott 1%-os szinten szignifikáns kapcsolatot a fedőszín-borítottsággal (6. ábra).

A hőmérséklet-különbség hatására bekövetkező fedőszín-változás ezen éréscsoport esetében volt a legkisebb arányú. Egy Celsius-fokos nappali és éjszakai hőmérsékletkülönbség-változás hatására 2,2%-kal nőtt a fedőszín-borítottság mértéke.

Az érés időpontjának fontossága

Amennyiben pontosan ismerjük az érési, illetve szedési időpontokat a vizsgált fajtáknál, a nappali és éjszakai hőmérséklet-

különbséggel való kapcsolat még szorosabb lehet.

A 7. ábrán jól látható, hogy amennyiben az átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség 3 °C-ról 8 °C-ra nő, a fedőszín-borítottság ezalatt 54%-ról 78%-ra emelkedik (7. ábra). Azaz 1 °C-os nappali és éjszakai hőmérsékletkülönbség-növekedés hatására 4,3%-kal nőtt a fedőszín-borítottság mértéke.

Egyéb minőségi mutatók kapcsolata a nappali és éjszakai hőmérséklettel

Hat hazai termesztésű almafajta esetében ('Idared', 'Jonathan', 'Golden Delicious', 'Jonagold', 'Granny Smith', 'Mutsu') vizsgáltuk meg néhány más minőségi paraméter (szárazanyag-tartalom, összesavtartalom, cukortartalom, C-vitamin-tartalom, cukor/sav arány) kapcsolatát a vegetációs időszak alatti átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbséggel. A rendelkezésre álló 17 éves minőség-vizsgálati időszak alapján a következő megállapításokat tehetjük:

A gyümölcsök szárazanyag-tartalmára, különösen a 'Jonagold', 'Idared', 'Jonathan' fajtáknál leginkább a szeptemberi nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség gyakorol hatást. A 'Granny Smith', valamint a 'Mutsu' esetében a kezdeti időszak (április) hőmérsékleti viszonyainak is nagy hatása van a szárazanyag-tartalomra.

A savtartalom alakulásában ugyancsak a szeptemberi nappali és éjszakai hőmérséklet-különbségnek van legnagyobb jelentősége, különösen a 'Jonathan', 'Golden Delicious', valamint a 'Mutsu' fajták esetében, míg a 'Jonagold' savtartalmának alakulásában a júniusi, a 'Granny Smith'-nél a májusi, az 'Idared' esetében a kezdeti, áprilisi időszak hőmérsékleti viszonyaival sikerült szignifikáns kapcsolatot kimutatnunk.

A cukortartalom alakulására a 'Golden Delicious', valamint a 'Mutsu' fajtáknál a vegetációs időszak végének hőmérsékleti viszonyai, míg a 'Jonagold', 'Idared' és a

'Granny Smith' fajták cukortartalmát már a vegetációs időszak elejének nappali és éjszakai hőmérséklet-különbségei is jelentősen befolyásolják. A cukor- és savarány alakulására a 'Jonagold', valamint a 'Mutsu' fajtánál a szeptemberi hőmérséklet, az 'Idared' fajtánál a júliusi hőmérséklet, a 'Granny Smith' esetében a májusi hőmérséklet alakulása mutatott legszorosabb kapcsolatot. A 'Golden Delicious' cukor-sav arányának alakulását leginkább a teljes vegetációs időszak átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbsége határozza meg.

A C-vitamin alakulásában az 'Idared' esetében a szeptemberi hőmérséklet, a 'Golden Delicious', valamint a 'Mutsu' fajtánál a júniusi hőmérséklet a meghatározó, míg a 'Jonagold' és 'Granny Smith' fajtánál az áprilisi nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség van legszorosabb kapcsolatban a C-vitamin képződésével.

A vegetációs időszak alatt képződött szárazanyag-tartalom, valamint az átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség kapcsolatát vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a hőmérséklet-különbség növekedésével a szárazanyag-tartalom egy optimum értékig (4,4–5,1 °C) nő, majd csökken, azaz másodfokú polinommal jellemezhető a változása. A 'Granny Smith' és 'Mutsu' fajtánál találtunk (5%-os szinten) szignifikáns kapcsolatot (8. ábra).

A két fajta hőmérséklet-különbségi jelleggörbéje hasonló, bár az optimum értékük eltérő. A 'Mutsu' nagyobb hőmérséklet-különbség hatására mutat magasabb szárazanyag-tartalom-arányt, mint a 'Granny Smith'.

A savtartalom vegetációs időszak alatti átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség kapcsolatánál is a korábban említett két fajtánál találtunk 5%-os szinten szignifikáns kapcsolatot. A függvénykapcsolat jellege azonban a két fajtánál eltérő. A 'Mutsu' esetében a hőmérséklet-különbség növekedésével a savtartalom egy optimum értékig (4,7

°C) nő, majd csökken. A 'Granny Smith'-nél a hőmérséklet-különbség növekedésével a savtartalom folyamatosan, egy parabolikus függvénykapcsolat szerint nő a teljes vizsgált intervallumban (9. ábra).

A cukortartalom kapcsolata a vegetációs időszak alatti átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbséggel szintén a 'Mutsu' és 'Granny Smith' fajtánál mutatott 5%-os szinten szignifikáns kapcsolatot. A függvénykapcsolat jellege mindkét fajtánál azonos, másodfokú polinommal jellemezhető, azaz optimum függvény. Mindkét fajtánál a hőmérséklet-különbség növekedésével a cukortartalom egy optimum értékig (5,1 °C) intenzíven nő, majd mérsékeltén csökken (10. ábra).

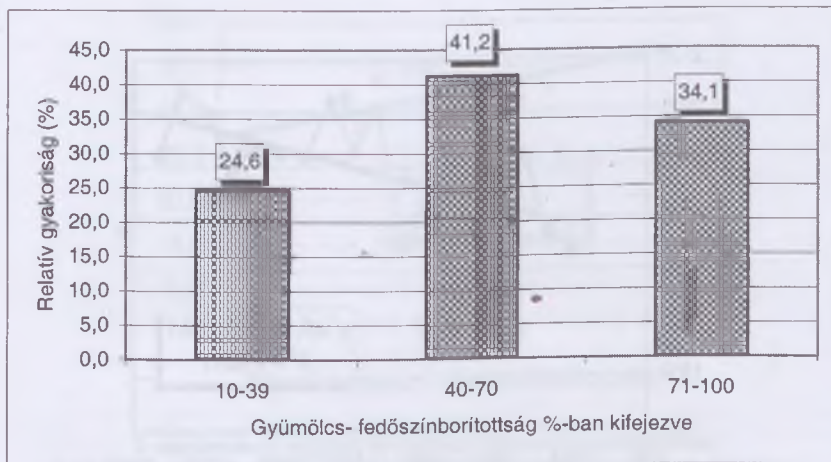
A cukor-sav arány a vegetációs időszak alatti átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbséggel szintén a 'Mutsu' és 'Granny Smith' fajtánál mutatott 5%-os szinten szignifikáns kapcsolatot. A függvénykapcsolat jellege mindkét fajtánál azonos, azaz másodfokú polinommal jellemezhető optimum függvény. Az optimum értékek azonban meglehetősen eltérőek a fajtánál. A 'Granny Smith' maximális cukor/sav arányt 4,3 °C-nál, míg a Mutsu 5,2 °C-os átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbségnél mutatja.

A C-vitamin-tartalom a vegetációs időszak alatti átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbséggel a 'Jonagold', 'Mutsu', valamint az 'Idared' fajtánál mutatott 5%-os szinten szignifikáns kapcsolatot (11. ábra). A függvénykapcsolat jellege mindhárom fajtánál azonos, de az előzőekkel ellentétes másodfokú polinommal jellemezhető, azaz minimum függvény. A növekvő nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség hatására a C-vitamin-tartalom csökken, majd 4,5–5,0 °C-nál nagyobb különbség esetén ismét nő. A minimum érték utáni legnagyobb növekedés a 'Mutsu' fajtára, míg legkisebb mértékű C-vitamin-növekedés a 'Jonagold' fajtára jellemző.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

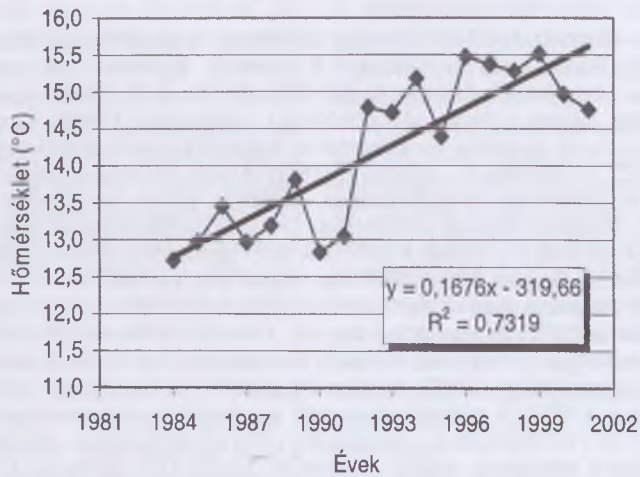
(1) BERÉNYI D. – JUSTYÁK J. (1956): Fenológiai felvételezés hegyvidéki szőlőállományban. Időjárás 2: 104–111. (2) BOGNÁR K. – KOZMA F. (1961): Együttes szőlő-gyümölcsstermesztés mikrometeorológiai vizsgálatáról. Időjárás 6: 366–369. (3) CSAPÓ P. (1984): Szőlőültetvények téli fagykárának becslése. Léggör 1: 19–21. (4) CSÖBÖNYEI I. – STOLLÁR A. (1969): Az alma rügyfakadása és a rügyfakadás-virágzás fenofázis összefüggése a léghőmérséklettel. Kísérletügyi Közlemények. Kertészet 1–3: 19–23. (5) DUNKEL Z. – KOZMA F. (1981): A szőlő téli kritikus hőmérsékleti értékeinek területi eloszlása és gyakorisága Magyarországon. Léggör 2: 13–15. (6) DUNKEL Z. – KOZMA F. – MAJOR GY. (1981): Szőlőültetvényeink hőmérséklet- és sugárzás-ellátottsága a vegetációs időszakban. Időjárás 4: 226–234. (7) FÜRI J. – KOZMA F. (1975): A szőlő tényleges evapotranszpirációja és öntözővíz szükséglete. OMSZ. Beszámoló az 1975-ban végzett tud. kut.-ról, 138–145. (8) GERGELY I. – STOLLÁR A. (1978): Almaültetvények és tenyészedenyben nevelt fák vízfogyasztásának vizsgálata. OMSZ. Beszámoló az 1978-ban végzett tud. kut.-ról, 138–145. (9) NYUJTÓ F. (1965): Gyümölcsstermesztés és agrometeorológia az Alföldön. Kertészet és Szőlészet 15: 8–9. (10) PLETZER J. – RADNAI K. (1964): Őszibarack fagyvédelme. OMSZ. Beszámoló az 1964-ben végzett tud. kut.-ról. II. rész, 135–146. (11) STOLLÁR A. (1984): A gyümölcsstermesztés agrometeorológiai vonatkozásai a Duna–Tisza közén. Léggör 4: 8–10. (12) STOLLÁR A. – ZÁRBOK ZS. (1981): A gyümölcsök optimális termőhelyének elemzése hőmérsékleti adottságok alapján. Léggör 3: 15–17. (13) SZÁSZ G. (1961): Makro- és mikroklimatikus hatások a köszméte bogyók növekedésére és beltartalmára. Időjárás 5: 279–288. (14) ZERINVÁRI E. (1950): Növényfejlődési megfigyeléseink a gyümölcsfákon. Időjárás 5–6: 154–155.

1. ábra



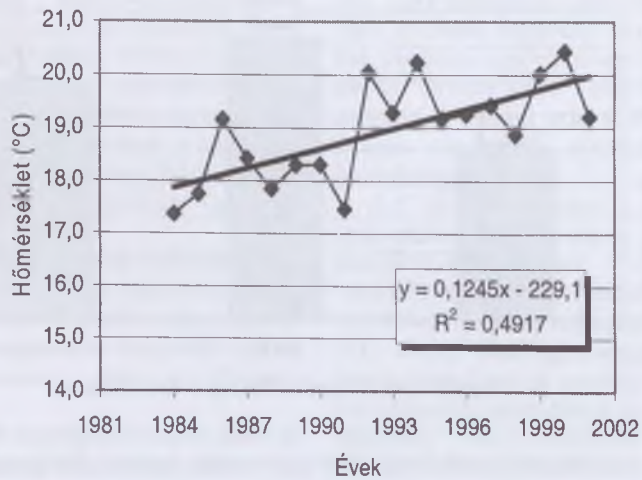
A gyümölcsök fedőszin-borítottságának relatív gyakorisági eloszlása 586 almafajta esetében

2. ábra



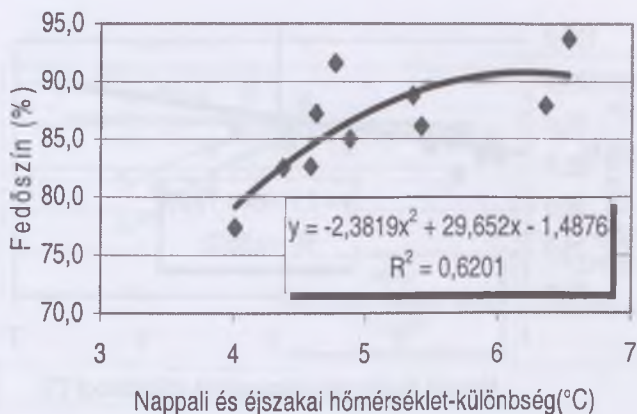
A vegetációs időszak alatti átlagos éjszakai hőmérséklet időbeli változása
(Újfehértó, 1984–2001 között)

3. ábra



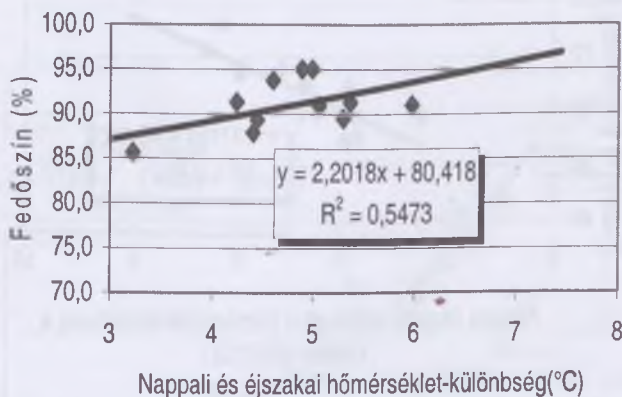
A vegetációs időszak alatti átlagos nappali hőmérséklet időbeli változása
(Újfehértó, 1984–2001 között)

4. ábra



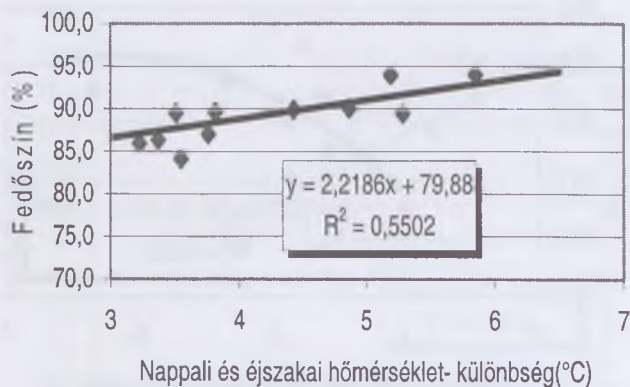
Az augusztusi nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség és a fedőszín-borítottság közötti kapcsolat nyári érésű almafajták esetében

5. ábra



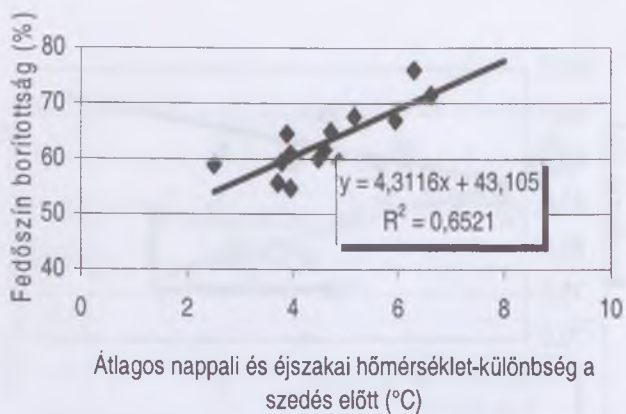
A szeptemberi nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség és a fedőszín-borítottság közötti kapcsolat őszi érésű almafajták esetében

6. ábra



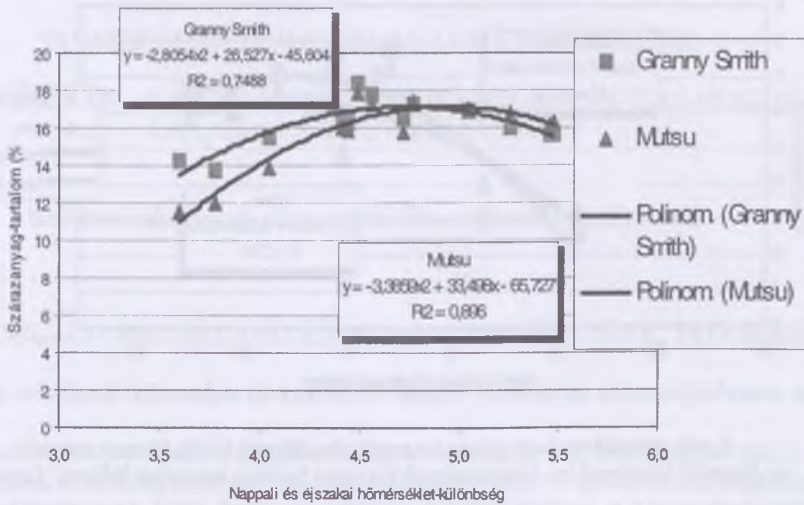
Az októberi nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség és a fedőszín-borítottság közötti kapcsolat téli érésű almafajták esetében

7. ábra



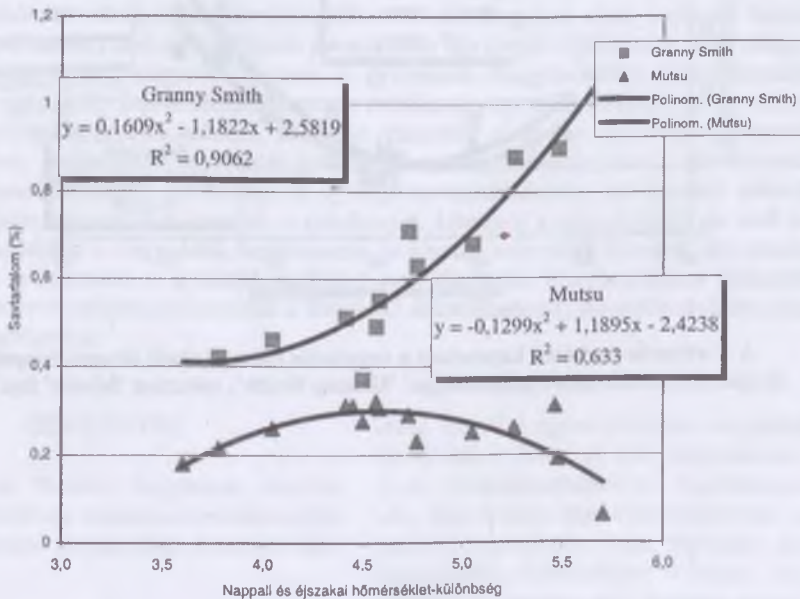
A fedőszín és a szedés előtti 30 nap átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség közötti kapcsolat nyári érésű fajták esetében alma génbank-ültetvényben (Újfehértó, 1984–2001)

8. ábra



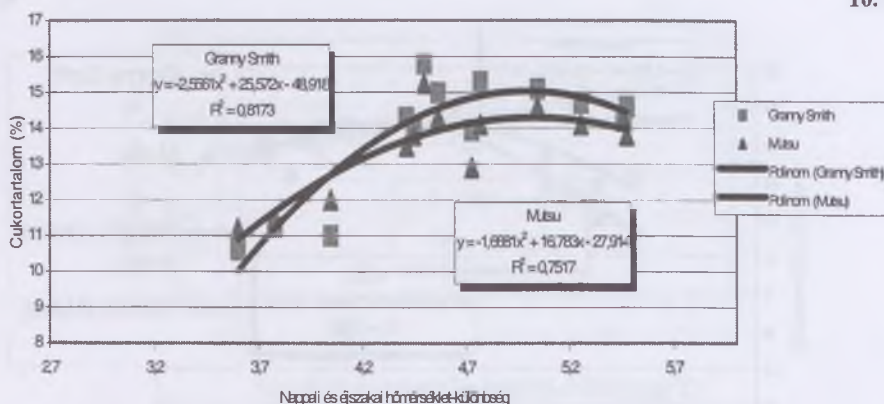
A száranyag-tartalom kapcsolata a vegetációs időszak alatti átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbséggel 'Granny Smith', valamint 'Mutsu' fajtánál

9. ábra



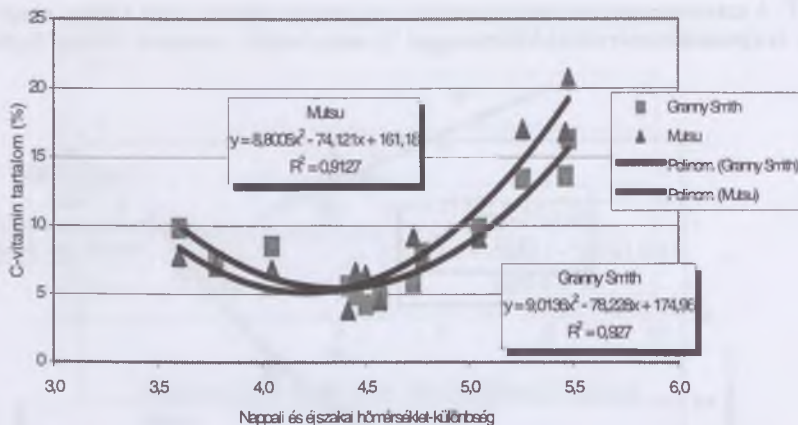
Az összsvartartalom kapcsolata a vegetációs időszak alatti átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbséggel 'Granny Smith', valamint 'Mutsu' fajtánál

10. ábra



A cukortartalom kapcsolata a vegetációs időszak alatti átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbséggel 'Granny Smith', valamint 'Mutsu' fajtánál

11. ábra



A C-vitamin-tartalom kapcsolata a vegetációs időszak alatti átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbséggel 'Granny Smith', valamint 'Mutsu' fajtánál

TAVASZI FAGYOK HATÁSA AZ ALMA MINŐSÉGÉRE

SZABÓ ZOLTÁN – RACSKÓ JÓZSEF – SZABÓ TIBOR – SOLTÉSZ MIKLÓS –
LAKATOS LÁSZLÓ – NYÉKI JÓZSEF

Kulcsszavak: méret, alak, parásodás, szárazanyag-tartalom.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A tavaszi lehülések közvetlen és közvetett módon hatnak az alma fejlődésére és minőségére.

Közvetlen hatások: A terméskezdemények szöveteinek fagykárosodása hat a gyümölcs méretére, alakjára, felületére és beltartalmi értékére. A gyümölcsön repedések és parásodás alakulhat ki. Ezek helye és mértéke fajtától is függ. A károsodott gyümölcsök első osztályú áruként nem értékesíthetők. A ritkítás során ezeket is célszerű eltávolítani.

Közvetett hatások: A terméskezdeményen okozott fagsérülések behatolási kaput jelentenek több súlyos kárt előidéző kórokozónak (pl. a baktériumos tűzelhalás kórokozója az almatermésűeken, az almatermésűek monília gyümölcsrothadásának kórokozói). A bimbók és virágok kismértékű, 20–40%-os elfagyása akár kedvező hatású is lehet, ha az ültetvényben egyenletesen jelentkeznek. Ez korai ritkításnak felel meg, aminek következménye a nagyobb termés és gyümölcs. Nagymértékű virágkárosodás a növekedési egyensúly felborulásához vezet. A túlzott vegetatív növekedés következménye az általában nagyobb méretű, kevésbé színezett, alacsony szárazanyag-tartalmú, később érő, rosszabbul tárolható gyümölcs. A nagy lombfelület a növényvédelmi kezelések hatékonyságát csökkenti. A gyenge terméskilátások az ápolási műveletek elhanyagolásán keresztül is rontják a minőséget. Almánál gyakori, hogy az első lomblevelek károsodnak a fagyoktól, hullámosak és kisebb méretűek lesznek. Az asszimilációs felület csökkenése a gyümölcsméretet mérsékelheti. Parthenokarp gyümölcsök arányának növekedésére elsősorban a körténél számíthatunk, de előfordulhat almánál és csonthéjasoknál is.¹

BEVEZETÉS

A téli és tavaszi fagykárok kisebb-nagyobb mértékben minden évben károsítják a gyümölcsstermő növényeket. A termésvesz-

teség mértéke egyes években meghaladja a 10 milliárd Ft-ot. A fák, termőrészek, rügyek, terméskezdemények fagykárosodásának, elhalásának mértékét különböző szempontból (termőhely, fajta, fejlődési állapot, hozamszint, technológiai változat, lehülés mértéke és tartama stb.) korábbi munkáinkban részletesen elemeztük. A fagykárosodásoknak a gyümölcs minőségére kifejtett hatásával eddig kevésbé foglalkoztunk.

¹ A kutatásokat a K 63065 számú OTKA és 00909/2005 számú OMF B pályázat támogatásával végeztük.

A téli és a tavaszi fagyok hazánkban szinte minden évben károsítják a gyümölcsstermő növényeket. Termőhelytől, kitettségétől, fajtától, művelési módtól és az alkalmazott termesztéstechnológiától függően nagymértékben eltérő a károsodás mértéke. Az ország egészére, vagy több megyére kiterjedő, jelentős veszteséget okozó károsítások 20 évente fordulnak elő. A 2007. tavaszi fagyokhoz hasonló típusú fagykárosodás szinte példa nélküli. A lehülés két hullámban érkezett. Az első jelentős lehülések április 22–23-án jelentkeztek, elsősorban az Észak-Alföldön (különösen Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében) és Észak-Magyarországon (elsősorban Borsod-Abaúj-Zemplén megyében) károsított a fagy. A leghidegebb hőmérsékletet Csenger környékén ($-8\text{ }^{\circ}\text{C}$) mérték. Az alma ebben az időszakban a teljes virágzás állapotában volt. A második hideghullám május 2-án éjjel érkezett, a minimum hőmérséklet $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig terjedt, amit Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében jegyeztek fel. A szállított hideg elárasztotta egész Észak-Magyarországot Soprontól Fehérgyarmatig. Délkelet- és Délnyugat-Magyarország gyümölcstütvényei nem károsodtak. Az alma terméskezdemények 10–12 mm-esek voltak.

Szabó et al. (1995) részletesen elemezték a téli és tavaszi fagyok előfordulási valószínűségét és a károk csökkentésének lehetőségeit a gyümölcstütvényekben. A fagykárok kockázatát és következményeit az almatermelésben *G. Tóth M. (2004)*, a körtetermelésben *Göndörné et al. (2004)*, az őszibarack-termelésben *Szabó et al. (2004)*, a kajszitermelésben *Szalay (2001)* értékelte. Az eddigi hazai vizsgálatoknál azonban kevésbé foglalkoztak a tavaszi fagyok gyümölcsminőségre gyakorolt hatásával. Dolgozatunkban ezért röviden ezt tekintjük át.

ANYAG MÓDSZER ÉS EREDMÉNYEK

Az almára vonatkozó részletes vizsgálatokat három termőhelyen végeztük: Újfehértó ('Idared', 'Gloster', 'Smoothie', 'Jona-

gold', 'Mutsu'), Tornyospálca ('Braeburn', 'Idared', 'Janica', 'Summerred', 'Topaz') és Boldogkőváralja ('Golden Delicious', 'Kiku 8', 'Rubens', 'Sonya'). A csonthéjas gyümölcsűekre vonatkozóan részletes vizsgálatokkal nem rendelkezünk, több termőhelyen a fagykárosodás formájára vonatkozóan végeztünk megfigyeléseket.

A tavaszi fagykárosodás néhány közvetett hatása

Almánál a vegyes rügyben fejlődő hajtás primer levelei károsodásának hatására gyengébb minőségű virág(vegyes)rügy képződik, melynek eredménye a gyengébb rügy, gyengébb virágzat, fejletlenebb termő, rosszabb gyümölcsminőség. Almánál a bogernyő virágzatban, ha csak a csücsi virág fagy el (egyszeri, korai fagy esetén), a gátlás alól felszabadult virágzati oldalvirágok terméskötődése attól függetlenül nagyobb lehet, hogy fagy volt a virágzás során. Ez pedig termésritkítást tesz szükségessé, különben romlik a gyümölcsminőség, főként a méret. Fagysérüléseket követően előfordul a másodlagos sebaraziták behatolása a sérüléseken (*Monilinia*, *Erwinia* stb.). A deformált gyümölcsök gyakorisága annál nagyobb, minél nagyobb magtartalomra van szükség a gyümölcs szabályos kifejlődéséhez.

A szállítópályák téli fagykárosodása rontja a Ca-ellátottságot, ezért a tavaszi fagykár után hiába kevesebb a gyümölcs, mégis rosszabb a Ca-ellátottságuk, a tárolhatóság, polctartósság erősen romlik. Ehhez hozzájárul az is, hogy az esetleges Ca/N arány megváltozása miatt még erősebb lesz a hajtásnövekedés, amely inkább elvonja a kevés Ca-t is a gyümölcsöktől.

Sokbibés virágoknál, ha csak a bibék egy része károsodik a fagytól, de a termők épek maradnak, akkor az alma, körte és birs esetében kevesebb mag fejlődik a gyümölcsökben, ezáltal kisebbek és deformáltak lesznek. A fagykárt szenvedett virá-

gok nem vonzzák a megporzó rovarokat, a megporzási hatékonyság csökkenése pedig közvetve rontja a gyümölcsminőséget.

A tavaszai fagykárosodás hatása az alma gyümölcsminőségére

A virágrészek károsodása befolyásolja az alma magtartalmát és ezen keresztül a gyümölcs méretét és alakját is. Tornyospálcán három évben vizsgáltuk a gyümölcsök magtartalmát, amely 2005-ben és 2006-ban fajták szerint eltérő, de átlagosan 5 feletti volt gyümölcsönként. A tavaszai fagykárosodást követően 2007-ben valamennyi fajtánál szignifikánsan kisebb volt, mint az előző években (1. ábra).

Az alacsonyabb magtartalom befolyásolta a terméskezdemények hullását is. Májusban és júniusban elsősorban a fagykárosodott, kisebb magtartalmú terméskezdemények hullottak. Az ép terméskezdemények hullása az érés előtti időszakban vált nagyobb arányúvá (2. ábra).

Újfehértón elemeztük a tavaszai fagy hatását a gyümölcsök alakjára. Fajtánként igen eltérő eredmények születtek. Nem a fajtára

jellemző alakokkal a gyümölcsök 3–13%-a rendelkezett. Magas, 16 és 57% közötti volt a parásodott gyümölcsök aránya. Legtöbb (66%) egészséges gyümölcs a 'Gloster' fajtánál, legkevesebb (23%) az 'Idared' fajtánál fejlődött (1. táblázat).

A gyümölcsök mérete alapján az 'Idared' esetében nem volt szignifikáns különbség a fagykárosodottak és az egészségesek között. A 'Golden Delicious' egészséges gyümölcsai azonban nagyobbra (8%-kal) növekedtek, mint a fagykárosodottak.

Boldogkővőralján egyértelműen megnyilvánult a fagykárosodás hatása a gyümölcsök alakját tekintve. A 'Sonya' és 'Golden Delicious' fajtánál a fagykárosodás hatására kevésbé megnyúlt gyümölcsök fejlődtek. A 'Kiku 8' és a 'Rubens' esetében a gyümölcsök teljesen deformálódtak, lapossá váltak (3. ábra).

Tornyospálcai vizsgálataink alapján mind a négy vizsgált fajtánál a hús keménység és a szárazanyag-tartalom is nagyobb volt a fagykárosodott gyümölcsöknél. Az Újfehértón szüretelt 'Idared' és 'Golden Delicious' gyümölcsök több szárazanyagot, cukrot és savat tartalmaztak, mint az épek (2. táblázat).

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) G. TÓTH M. (2004): Fagykárosodás az almatermesztés kockázati tényezője. „AGRO-21” Füzetek 34: 21–36. (2) GÖNDÖR JNÉ – SZABÓ T. – GONDA I. – DREMÁK P. – SOLTÉSZ M. – IVÁNCICS J. – KOCSISNÉ MOLNÁR G. – SZABÓ Z. – RACSKÓ J. – NYÉKI J. (2004): A körtefajták téli és tavaszai fagykárosodásának gyakorisága és mértéke. „AGRO-21” Füzetek 34: 37–45. (3) SZABÓ Z. – NYÉKI J. – RACSKÓ J. – LAKATOS L. – HARSÁNYI G. – SOLTÉSZ M. (2005): Téli és tavaszai fagyárkok előfordulása és csökkentésének lehetőségei a gyümölcstüvelvényekben. „AGRO-21” Füzetek 45: 64–76. (4) SZABÓ Z. – NYÉKI J. – SZALAY L. (2004): Az őszibaracktermelés kockázati tényezői. „AGRO-21” Füzetek 34: 46–60. (5) SZALAY L. (2001): Kajszi- és őszibarackfajták fagy- és téltűrése. Doktori értekezés. Szent István Egyetem, Budapest (Kézirat)

1. táblázat
Fagy hatása néhány almafajta gyümölcsminőségére, Újfehértó, gyümölcsök megoszlása (%)

Fajta	Deformált	Parás	Apró	Egészséges
Idared	3	57	17	23
Gloster	7	16	11	66
Smoothee	5	53	7	35
Jonagold	3	42	12	43
Mutsu	13	45	7	35

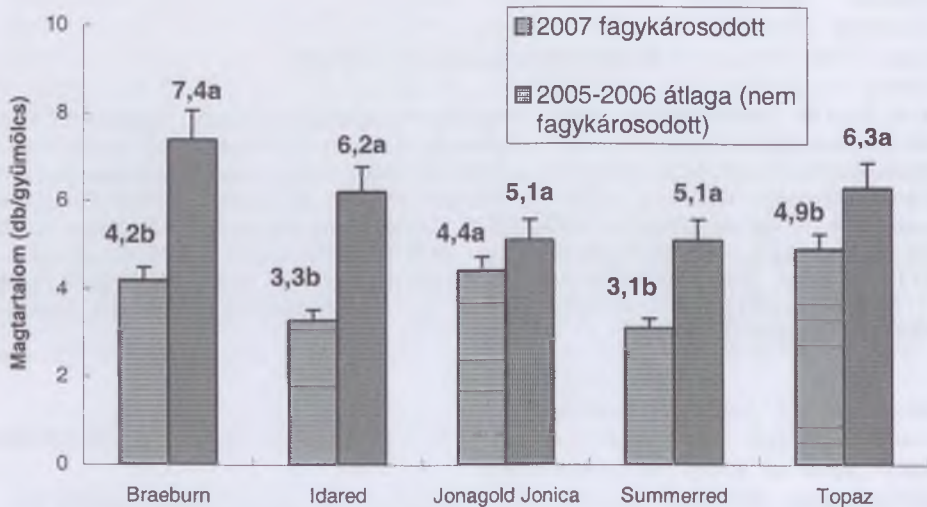
Megjegyzés: Mérés ideje: 2007. 07. 30. A vizsgálatok a fa tetején megmaradt, kb. 2–2,5 m magasságban lévő gyümölcsökre vonatkoznak, fajtánként 100 db gyümölcsből számolva.

2. táblázat
Almagyümölcsök beltartalmi értékei, Újfehértó

Vizsgált minta	Száranyag (%)	Cukor (%)	Osszsvav (%)
Idared ép	18,0	14,9	0,560
Idared fagykárosodott	18,9	15,1	0,602
Golden Delicious ép	14,5	12,0	0,215
Golden Delicious fagykárosodott	20,2	14,8	0,292
Megbízhatóság	± 0,2% A	± 8% R	± 10% R

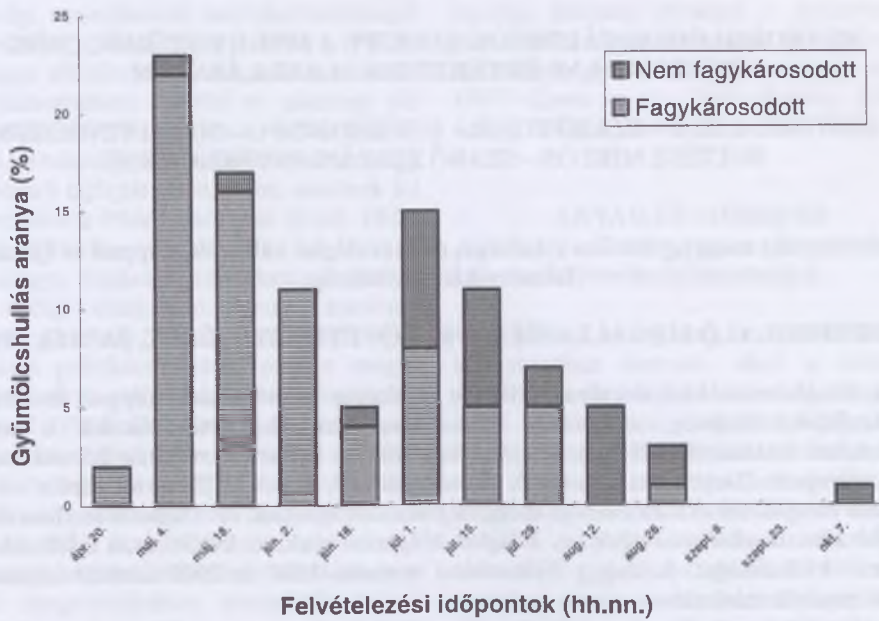
Vizsgálta: DE ATC MTK Agrárműszerközpont

1. ábra



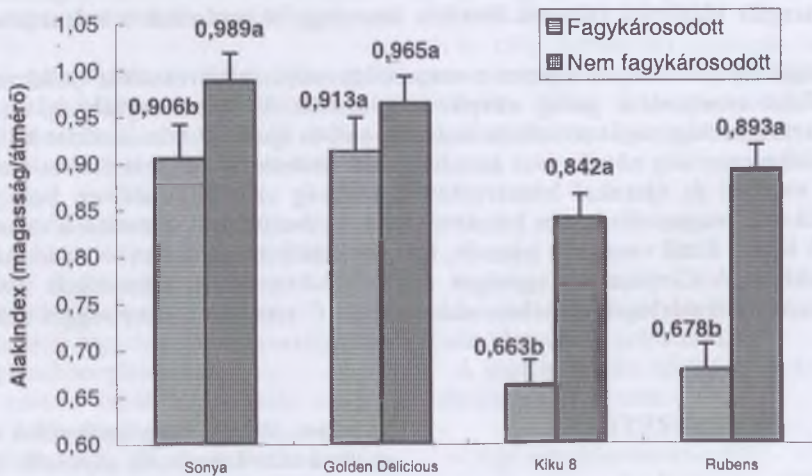
A fagykárosodás hatása a gyümölcsök magtartalmára, Tornyospálca, 2005-2007

2. ábra



A fagykárosodott gyümölcsök részaránya a 'Jonagold' almafajta gyümölcs hullásában, Tornyospálca, 2007

3. ábra



A fagykárosodás hatása a gyümölcsök alakjára, Boldogkőváralja, 2007

METEOROLÓGIAI VÁLTOZÓK SZEREPE A MEGGYGYÜMÖLCSÖK BELTARTALMI ÉRTÉKEINEK ALAKULÁSÁBAN

LAKATOS LÁSZLÓ – SZABÓ TIBOR – SUN ZHONG-FU – WANG YINGCHUN –
SOLTÉSZ MIKLÓS – SZABÓ ZOLTÁN – NYÉKI JÓZSEF

Kulcsszavak: meggygyümölcs minősége, meteorológiai változók, nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az átlaghőmérséklet, maximum, illetve minimum hőmérséklet, nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség, csapadék, klimatikus vízmérleg változóknak a meggy beltartalmi értékeivel való kapcsolatát vizsgáltuk. A fajtaválasztékban három meggy-fajta szerepelt: 'Debreceni bőtermő', 'Kántorjánosi', illetve 'Újfehértói fürtös'. A regressziós vizsgálatokat mindhárom meggyfajánál elvégeztük, de a tanulmányban csak a legjobb illesztéseket mutatjuk be. A fajták időjárási reakciói között nem találtunk számottevő különbséget. A meggy beltartalmi mutatói 1998 és 2005 közötti időszakból állnak rendelkezésünkre.

A vizsgált paraméterek a következők voltak: szárazanyag- (%), cukor- (%), C-vitamin- (mg) és az összesavtartalom (%).

A maximum hőmérséklet, a nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség, valamint a minimum hőmérséklet szoros kapcsolatban áll a meggy vizsgált beltartalmi paramétereivel. A minimum hőmérséklet a cukortartalommal, a nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség a szárazanyag-tartalom alakulásával másodfokú kapcsolatot, az egyéb vizsgált időjárási változók lineáris összefüggést mutattak a beltartalmi értékekkel.

A vizsgálati eredmények szerint a csapadékmennyiség növekedése csökkentette, a hőmérséklet emelkedése pedig növelte a gyümölcsök összesavtartalmát. A szárazanyag-tartalom nagyságát növelte a nagy nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség, a csapadékmennyiség növekedése azonban csökkentette. A cukortartalom alakulását a nagy nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség szintén pozitívan befolyásolta, ugyanakkor a magas minimum hőmérsékletek kedvezőtlenül hatottak a cukortartalomra. A légzés általi veszteség jelentős, ha nem csökken számottevően a hajnali órák hőmérséklete. A C-vitamin nagyságát növelte a kedvezőbb klimatikus vízmérleg. Nagy negatív vízmérlegek esetében alacsonyabb C-vitamin-mennyiséggel számolhatunk.

BEVEZETÉS

A meggy az egyik legfontosabb gyümölcsünk. Eredete régre nyúlik vissza, már az őshazában is ismerte a magyarság (Soltész *et al.*, 1997). Noha a gyümölcsünk között a 4–

5. helyen áll, az árugyümölcsöket tekintve az alma után következik (Apostol, 1990). A jelenlegi termésmennyiség értékesítése is komoly gondot okoz, ezért a mennyiség növelése nem cél. A minőség javításával azonban megtarthatjuk és erősíthetjük piaci

pozíciókat (Kállayné, 1996). A megye minőségi termelésének termőhelyadottságai megfelelőek hazánkban (Pór, 1982). A megye jól alkalmazkodik hazánk klimatikus viszonyaihoz. Jól túri az alacsony téli hőmérsékletet. Virágzaskor a $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os lehűlést is jól tolerálja. A vizsgálatba három nagy gyümölcsű tájfajtát vontunk be, amelyek jól helyettesítik a Pándy megyet (Pető, 1978; Szabó, 1995).

A megye minőségi paramétereinek vizsgálata eddig elsősorban annak antocián-tartalmára irányult (Blando et al., 2005). Igen kisszámú publikáció jelent meg a megye fejlődésének időjárási összefüggéséről (Heide, 2007). Ezek a munkák főleg a nappali és éjszakai hőmérséklet hatását vizsgálták (Downs – Borthwick, 1956). Számos vizsgálat irányult a kőmagarány meghatározására (Faluba, 1982; Szabó, 1995).

Ezeket az eredményeket elsősorban a fajták rangsorolásához használták fel. A gyümölcsméret és a mag nagysága között nem találtak szoros összefüggést. A gyümölcs- és magméretre, a kőmagarányra a fajta érési ideje sincs hatással (Cociu et al., 1981b). A friss fogyasztásra kerülő gyümölcsök fogyasztási értékét a következő tulajdonságok határozzák meg (Soltész et al., 1997):

Elsődlegesen fontos: érési idő, gyümölcsméret, héjszín, íz, zamat, cukor- és savtartalom, hússzilárdság. (Ezen említett paraméterek közül a cukor- és savtartalmat elemeztük.)

Másodsorban fontos: magnagyság, vitamin, illat, hússzín, kocsány jelenléte, gyümölcsslak. (Ezek közül a vitamintartalom elemzése történt meg.) Minőségi elvárás szempontjából legnehezebb a gyorsfagyasztás igényeinek megfelelni.

Erre azok a fajták alkalmasak, melyek legalább középnagy gyümölcsűek, nagy az antocián-tartalmuk, jó a színük, kedvező a beltartalmi értékük, frissen és felolvasztás után is. A csonthéjasoknál nagyon fontos, gyümölcsminőséget meghatározó paraméternek tekinthető a nagyság, alak, alakindex,

kocsánymélyedés, kocsány hossza és vastagsága, kocsány elválása a gyümölcstől, viaszfelület, alapszín, szín és érettség egyenetlensége, gyümölcsrepedés (Nyéki et al., 1997; Kerek et al., 1998; Soltész, 1998a; Szabó, 1998; Szabó et al., 1998).

ANYAG ÉS MÓDSZER

Termőhelyi adottságok

Újfehértó a Nyírség természetföldrajzi tájegységéhez tartozik, ahol a jellemző domborzati és talajtani viszonyok megtalálhatók. A térségben uralkodó talajtípusok a homok talajképző közeten kialakult humuszos homok, kelet-európai barna erdőtalajok és réti talajok. A Kutató Állomás területének felszíne enyhén hullámos, makro- és mikromélyedésekkel szabdalta. Az előforduló talajtípus az izapos homok talajképző közeten kialakult, nem karbonátos, humuszos homoktalaj.

A Hajdú-Bihar megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat Talajtani Laboratóriumában készült talajvizsgálat alapján a talajszelvény 60 cm-es rétegének főbb jellemzői az alábbiak:

A talaj kémhatása gyengén savanyú, szervesanyag-tartalma kategóriáján belül közepes, fizikai félesége homok. A talaj vízszintje 250 cm alatt található.

Anyag

A vizsgálati anyagok és a meteorológiai adatok az Újfehértói Gyümölcstermesztési Kutató Intézetből származnak.

A meteorológiai adatbázis a következő változókat tartalmazza:

- napi átlaghőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$);
- napi maximum hőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$);
- napi minimum hőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$);
- nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség ($^{\circ}\text{C}$);

- napi csapadékösszeg (mm);
- klimatikus vízmérleg (mm).

A fajtákkal kapcsolatos vizsgálatokat a termelő üzemekben, házikertekben, szórványgyümölcsösökben 1972-től folyamatosan végeztük. A vizsgálatokba fokozatosan bevontuk az Északkelet-Magyarországon szelektált összes meggyfajtát és azok változatait. A megfigyeléseket minden esetben az állami minősítés előtti szakaszban és a termesztésbe vonás után, vagyis az első évtől kezdődően folyamatosan végeztük.

Módszer

Az Újfehértói Kutató Állomáson vizsgált fajták teljesen azonos termőhelyi és termesztési (tenyészterület [8 x 5 m], koronaforma [ágcsoportos], fito- és agrotechnika, növényvédelem) körülmények között találhatók. A fák sajmeggy alanyra oltottak. A vizsgálati mintákat az Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet által elfogadott és leírt véletlen blokk elrendezésű kísérleti ültetvényekből gyűjtöttük be.

A szelektált fajták gyümölcs-áruértékének (gyümölcsméret és -tömeg, magtömeg, pálhalevelesség) vizsgálatát az Országos Mezőgazdasági Fajtakísérleti Intézet által 1976-ban kiadott „Gyümölcsfák megfigyelési rendszere fajtakísérletekben” című módszertani kiadvány alapján végeztük.

A gyümölcsök főbb beltartalmi tulajdonságait (szárazanyag-tartalom, cukortartalom, savtartalom, C-vitamin-tartalom) a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum akkreditált laboratóriumának közreműködésével vizsgáltuk, a vonatkozó szabványok figyelembevételével.

Az adatokat a *Sváb* által leírt hagyományos statisztikai módszerekkel, illetve a Microsoft Excel és SPSS 12.0. for Windows számítógépes programmal értékeltük.

EREDMÉNYEK

Összsavtartalom

Az összsavtartalom alakulásában a csapadékmennyiségnek jelentős szerepe van. A virágzás és érés közötti időszak csapadékmennyisége a 'Kántorjánosi' meggyfajta esetében mutatott ($P = 1\%$ -os szinten) szignifikáns kapcsolatot a vegetációs időszak csapadékösszegével (1. ábra). A lineáris regressziós kapcsolat alapján kijelenthetjük, hogy nagyobb csapadékmennyiségek esetében a gyümölcs savtartalma alacsonyabb, míg száraz, kis csapadékú években nagyobb savtartalommal rendelkezik a meggy.

Az összsavtartalom ezen kívül a maximum hőmérséklettel is szoros, szignifikáns kapcsolatot mutat (2. ábra). Magasabb hőmérsékletű években az összsavtartalom magasabb, mint hűvösebb évjáratokban.

Szárazanyag-tartalom

A meggy szárazanyag-tartalmának alakulásában meghatározó szerep jut a virágzás-érés közötti időszak csapadékának. Azt állapíthatjuk meg, hogy növekvő csapadékmennyiség esetében az érés kori szárazanyag-tartalom mennyisége szignifikánsan csökken (3. ábra). Bőséges csapadékellátottságú években kisebb szárazanyag-tartalommal rendelkeztek a vizsgált gyümölcsök.

A szárazanyag-tartalom emellett szignifikáns kapcsolatot mutatott a vegetációs időszak átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbségével is. A regressziós kapcsolat a 4. ábrán látható. A kapcsolat másodfokú polinommal jellemezhető legjobban. Az összefüggés arról informál bennünket, hogy azokban az években, amikor jelentős különbség mutatkozik a nappali és éjszakai hőmérsékletek között, a meggy szárazanyag-tartalma magasabb volt, mint azon években, amikor ez a hőmérsékleti differencia alacsony értéket ért el. A másodfokú jelleg arra

utal, hogy rendkívül nagy hőmérséklet-különbség esetén a szárazanyag-tartalom már nem követi a lineáris növekedést, hanem a csökkenés jellemzi.

Cukortartalom

A cukortartalom alakulását a szárazanyag-tartalomhoz hasonlóan szintén befolyásolja a vegetációs időszak nappali és éjszakai hőmérséklet-különbségének alakulása. A 'Kántorjánosi' meggyfajta esetében ($P=1\%$ -os szinten) szignifikáns kapcsolatot találtunk a virágzás és érés közötti időszak átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbsége, valamint a meggy cukortartalma között (5. ábra). A lineáris regressziós kapcsolat azt jelzi, hogy minél nagyobb a nappali és éjszakai hőmérséklet közötti különbség, annál nagyobb cukortartalom-aránnyal számolhatunk a meggy esetében. A cukortartalom alakulását ezen kívül befolyásolja még a minimum hőmérséklet alakulása is. Azokban az években, amikor a minimum hőmérsékletek átlaga magas, rendszerint alacsonyabb cukortartalommal jellemezhetőek a gyümölcsök. A minimum hőmérséklet, valamint a cukortartalom közötti kapcsolat

az 'Újfehértói fürtös' meggyfajta esetében a 6. ábrán látható. A kapcsolat jellege másodfokú polinom, ami azt jelenti, hogy a minimum hőmérséklet egy bizonyos értékénél fordulnak elő a cukortartalom maximális értékei, nagyon alacsony és nagyon magas minimum hőmérsékletek esetében alacsonyabb cukortartalom jellemzi a meggyet.

C-vitamin-tartalom

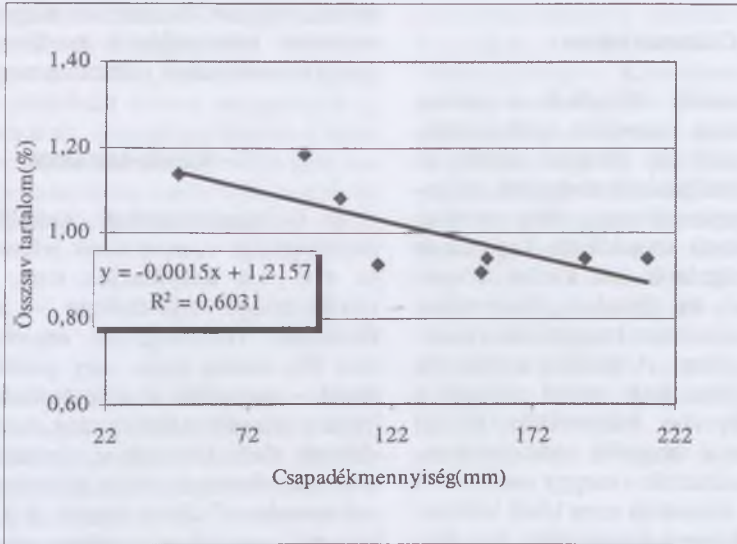
A C-vitamin-tartalom alakulásában a vízellátottsági viszonyoknak jelentős szerepe van. Azt állapíthatjuk meg, hogy jó vízellátottságú évjáratokban – amikor a klimatikus vízmérleg kis negatív értéket vesz föl, esetleg nulla vagy pozitív értéket mutat – magasabb C-vitamin-tartalom jellemzi a vizsgált gyümölcsöket. A vegetációs időszak alatti klimatikus vízmérleg, valamint a C-vitamin-tartalom közötti regressziós kapcsolat a 7. ábrán látható. A 'Debreceni bőtermő' meggyfajta esetében a nagy negatív vízhiánnyal jellemezhető években kisebb C-vitamin-tartalom, míg a jó vízellátottságú vegetációs időszak esetében magas C-vitamin-koncentrációk mérhetőek a meggy esetében.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) APOSTOL J. (1990): GyDKFV, ÁGOE Gyümölcsstermesztési Szakbizottság és MAE Kertészeti Társaság közös rendezvényének előadásai, Budatétény. 1990. március 21. (2) BLANDO, F. – SCARDINO, A. P. – DE BELLIS, L. – NICOLETTI, I. – GOIVANAZZO, G. (2005) Characterization of in vitro anthocyanin-producing sour cherry (*Prunus cerasus* L.) callus cultures Food Research International Volume 38. Issues 8–9, October–November 2005, Pages 937–942 (3) COCIU, V. – GOZOB, T. – RUDI, E. – AMZAR, V. – MICU, CH. (1981): *Lucrarile Stiintifice* 9: 273–284 (4) DOWNS AND BORTHWICK, R. J. (1956): Effect of photoperiod on growth of trees, *Bot. Gaz.* 117 (1956), pp. 310–326. (5) FALUBA Z. (1982): In: Pór J. és Faluba Z. (szerk.): *Cseresznye és meggy*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 56–98 (6) HEIDE, O.M. (2007): Interaction of photoperiod and temperature in the control of growth and dormancy of *Prunus* species *Scientia Horticulturae* In Press, Corrected Proof (7) KÁLLAY T.-NÉ (1996): *Új Kertgazdaság*. 2(2): 65–69 (8) KERÉK M. M. – NYUJTÓ F. – ERDŐS Z. (1998): A kajszibarack és a szilva minőségi követelményei. (9) PETHŐ F. (1978): *Kertészet és Szőlészet* 27(1): 5. (10) PÓR J. (1982): In: Pór J. és Faluba Z. (szerk.): *Cseresznye és meggy*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 108–116., 125–153., 188–221., 283–345. pp. (11) SOLTÉSZ, M. (szerk.) (1997): *Integrált gyümölcsstermesztés*. Mezőgazda Kiadó, Budapest (12) SOLTÉSZ M (1998a): Gyümölcs fajtaismeret és -használat. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 513 p. (13) SZABÓ T. (1995): *Horticultural Science* 27(3–4): 29–33 (14) SZABÓ T. (1998): A cseresznye

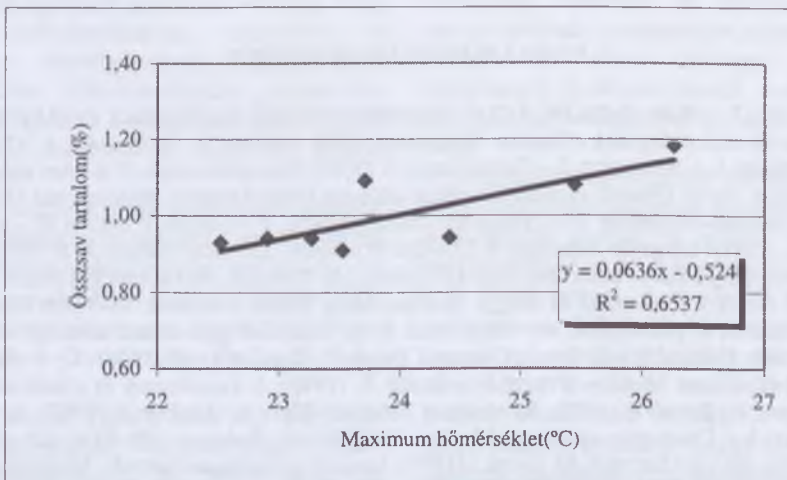
és a meggy gyümölcsminőségét kifejező mutatók és jellemzők. „AGRO 21” Füzetek 25: 79–86. (15) SZABÓ Z. – NYÉKI J. – SOLTÉSZ M (1998): Az őszibarack és a nektarin minőségét meghatározó tényezők. „AGRO 21” Füzetek 25: 54–65.

1. ábra



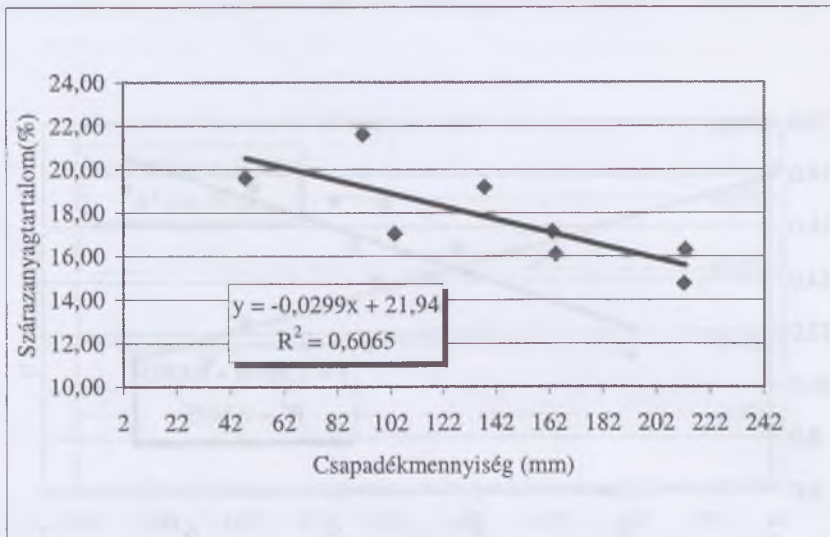
A virágzás vége és az érés közötti időszak csapadékmennyisége és az összsvavtartalom közötti kapcsolat Kántorjánosi meggyfajta esetében, Újfehértó, 1998-2005

2. ábra



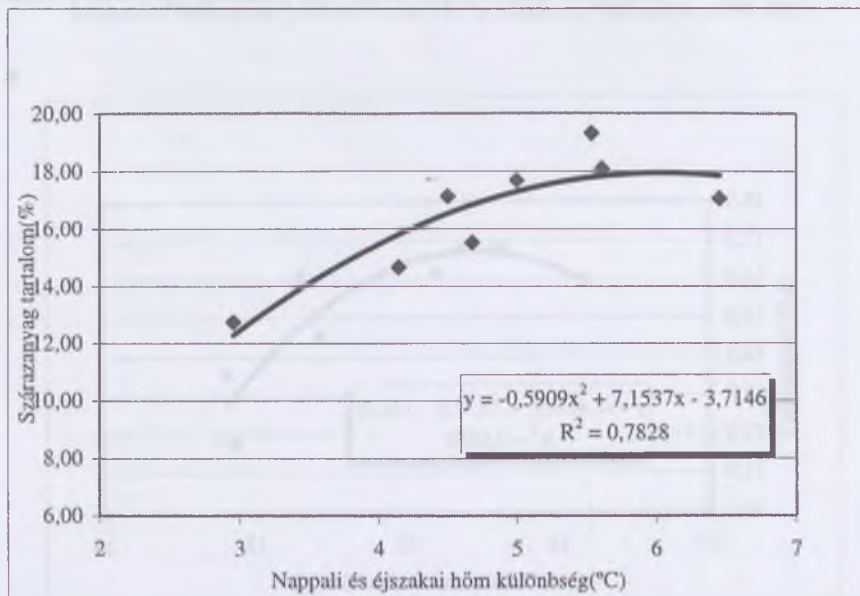
A virágzás vége és az érés közötti időszak maximum hőmérsékleti átlaga és az összsvavtartalom közötti kapcsolat Kántorjánosi meggyfajta esetében, Újfehértó, 1998-2005

3. ábra



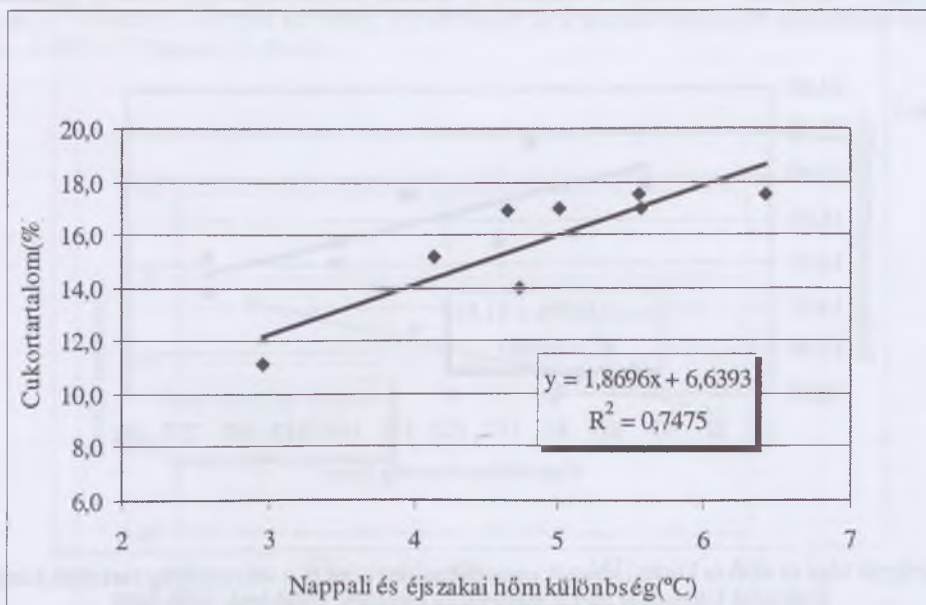
A virágzás vége és az érés közötti időszak csapadékmennyisége és a szárazanyag-tartalom közötti kapcsolat Újfehértói fürtös meggyfajta esetében, Újfehértó, 1998-2005

4. ábra



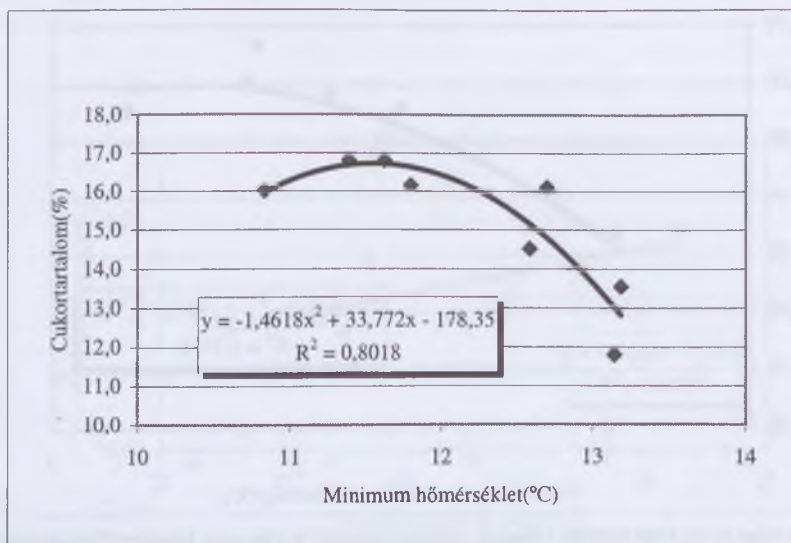
A virágzás vége és az érés közötti időszak átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbsége és a szárazanyag-tartalom közötti kapcsolat Debreceni bőtermő meggyfajta esetében, Újfehértó, 1998-2005

5. ábra



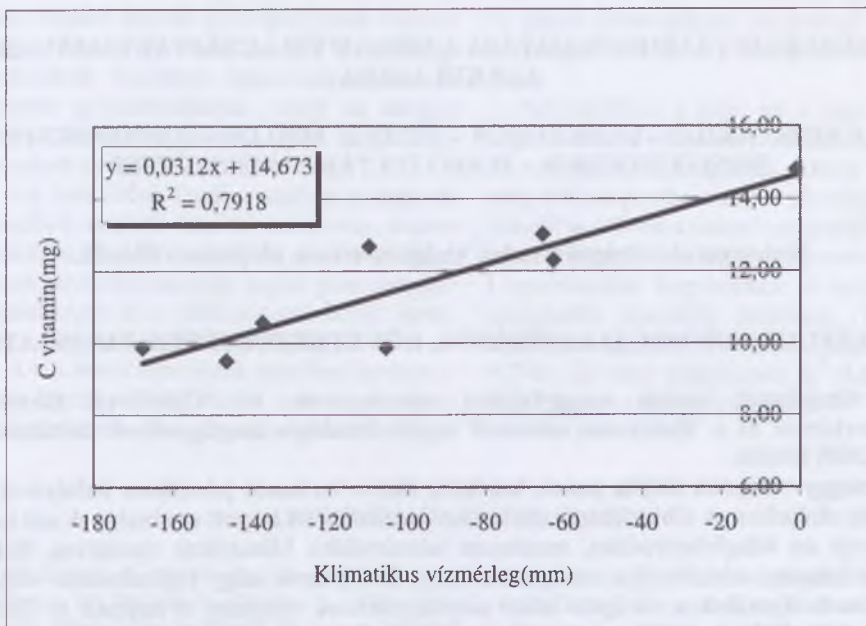
A virágzás vége és az érés közötti időszak átlagos nappali és éjszakai hőmérséklet-különbsége és a cukortartalom közötti kapcsolat Kántorjánosi meggyfajta esetében, Újfehértó, 1998-2005

6. ábra



A virágzás vége és az érés közötti időszak minimum hőmérsékleti átlaga és a cukortartalom közötti kapcsolat Újfehértói fürtös meggyfajta esetében, Újfehértó, 1998-2005

7. ábra



A virágzás vége és az érés közötti időszak klimatikus vízmérlege és a C-vitamin-tartalom közötti kapcsolat Debreceni bőtermő meggyfajta esetében, Újfehértó, 1998-2005

IDŐJÁRÁSI VÁLTOZÓK HATÁSA A MEGGY VIRÁGZÁSTARTAMÁNAK ALAKULÁSÁRA

LAKATOS LÁSZLÓ – SZABÓ TIBOR – SOLTÉSZ MIKLÓS – SUN ZHONG-FU –
WANG YINGCHUN – SZABÓ ZOLTÁN – NYÉKI JÓZSEF

Kulcsszavak: virágzáskezdet, virágzástartam, időjárási változók.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A vizsgálatok három meggyfajtára vonatkoznak: az 'Újfehértói fürtös', a 'Kántorjánosi' és a 'Debreceni bőtermő' fajták fenológia megfigyeléseit tartalmazzák 1983–2005 között.

A meggy virágzási idejét, annak kezdetét, illetve tartamát jelentősen befolyásolja az időjárás alakulása. A többváltozós statisztikai analízis által kapott eredmények azt igazolták, hogy az átlaghőmérséklet, maximum hőmérséklet, klimatikus vízmérleg, illetve a csapadékösszeg tekinthető a virágzástartamot befolyásoló négy legfontosabb időjárási változónak. Emellett a virágzás alatti napfénytartam, valamint a nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség, illetve a minimum hőmérséklet is szignifikáns kapcsolatot mutat a virágzás hosszával. A regressziós kapcsolatok meggyőzően bizonyítják, a magas hőmérséklet (átlag és maximum), a hosszabb megvilágítás-tartam gyorsítja a fiziológia folyamatok sebességét. Amennyiben nő a nappali és éjszakai hőmérséklet közötti különbség, a virágzáskezdet időpontjainak korábbi bekövetkezésével számolhatunk. Azokon a tavaszi napokon, amikor nagy a nappali és éjszakai órák átlaghőmérséklete közötti különbség, rendszerint magas nappali maximum hőmérsékletek fordulnak elő, melyek jelentősen gyorsítják a virágzás lefutását. Borult, csapadékos időjáráskor általában kicsi a nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség, ami meghosszabbítja a virágzást.

Pozitív klimatikus vízmérlegek esetén hosszabb fázistartammal, negatív vízmérlegek esetén rövidebb virágzási időtartamokkal számolhatunk. A kedvezőtlen vízellátottság gyorsítja a növényi folyamatok sebességét, a növények igyekeznek „befejezni” mind vegetatív, mind pedig a generatív fejlődési szakaszukat. A vizsgált fajták időjárási reakciói között nem találtunk számottevő különbséget.

BEVEZETÉS

A virágzáskezdet, illetve a virágzástartam alakulása igen fontos a gyümölcsstermő növények termésképződésének alakulásában. Nagyon gyors vagy elhúzódó virágzás egyaránt kedvezőtlen a gyümölcskötődés szempontjából. A virágzás időjárástól való függését 'Pándy meggy' fajta esetében vizsgálták. Az önmeddő 'Pándy meggy' virágzását

Kellerhals (1986) középkéseinek adta meg. *Maliga (1953)* és *Ritü (1975–1976)* szerint a 'Pándy meggy' középkésőn virágzó, de a késői virágzásra hajlamos fajták csoportjába tartozik. A 'Schattenmorelle' fajtát a késői virágzási időcsoportba, a 'Montmorency' fajtát a közepes vagy a késői virágzási időcsoportba sorolják.

Békefi et al. (2000) 280 fajta virágzási idejét vizsgálta. Öt virágzási időcsoportot

képezve, a többségük középkésőn virágozott. A 'Pándy megye' különböző időpontokban megporzott virágainak termékenyülését Pejki (1966) vizsgálta. A terméskötődés százaléka a megporzást követő első nap volt a legnagyobb, a későbbiekben jelentős mértékben csökkent. 72 órával a megporzást követően nem kötődött gyümölcs. Amennyiben a megporzás és a megtermékenyülés a virágok kinyílásától számított 48 órán belül nem történik meg, később már az embriózsák és a petesejt degenerálódik, a terméskötődés elmarad. A megporzásnak a virágnyláskor, vagy legkésőbb azt követő napon meg kell történnie ahhoz, hogy a megtermékenyülés kielégítő legyen.

A középidőben virágozó fajtáknál volt a legkisebb különbség a különböző időben nyíló virágok terméskötődése között. A legkésőbbi virágzású fajtáknál a legkisebb terméskötődést a legkésőbb nyíló virágoknál tapasztalták. A megporzásnak meggyenél a virágok kinyílásától 40 órán belül kell bekövetkeznie ahhoz, hogy a terméskötődés jó legyen.

Nyéki (1989) szerint az önmeddő fajtáknál az együttvirágzás mértékének 70% fölöttinek kell lennie ahhoz, hogy biztonságos legyen a megporzás. A 'Pándy megye'-nél a szükséges együttvirágzási szint ettől is nagyobb, legalább 80%. 70% fölötti együttvirágzási szintet az évek többségében az azonos virágzási időcsoportokba tartozó fajták biztosíthatnak, ha a fajtákat három (korai, közepes, kései) virágzási időcsoportba soroljuk. Két fajta együttvirágzása nem megfelelő, ha annak mértéke 50% alatt van, ezek a fajtakombinációk nem telepíthetők együtt. A megfelelő pollenellátást és a biztonságos megporzást nyújtó együttvirágzási szint csak több (2–4) pollenadó fajta együttes ültetésével érhető el.

SAJÁT VIZSGÁLATOK EREDMÉNYE

A Hajdú-Bihar megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat Talajtani Laboratóriumában készült talajvizsgálat alapján a talajszel-

vény 60 cm-es rétegének főbb jellemzői az 1. táblázatban láthatók.

A talaj kémhatása gyengén savanyú, szervesanyag-tartalma kategóriáján belül közepes, fizikai félesége homok. A talaj vízsintje 250 cm alatt található.

A fajtákkal kapcsolatos vizsgálatokat a termelő üzemekben, házi kertekben, szórványgyümölcsösökben 1972-től folyamatosan végeztük. A vizsgálatok három meggyfajtára vonatkoznak: az 'Újfehértói fürtös', 'Kántorjánosi' és a 'Debreceni bőtermő' fajták fenológia megfigyeléseit tartalmazták 1983–2005 között. A megfigyeléseket minden esetben az állami minősítés előtti szakaszban és a termesztésbe vonás után, vagyis az első évtől kezdődően folyamatosan végezzük.

A virágzástartam és a virágzáskezdet között ($P=1\%$ -os szinten) szignifikáns kapcsolatot találtunk mindhárom meggyfajta esetében (1. ábra). Az eredmények birtokában kijelenthetjük, hogy a késői virágzáskezdet rövidebb ideig tart, míg a korai virágzáskezdet hosszabb lefolyással jár együtt.

Amennyiben a virágzásidő alatti meteorológiai változók kölcsönhatását vizsgáljuk a virágzástartam alakulására, a következő megállapításokat tehetjük. A virágzás alatti csapadékmennyiség ($P=1\%$ -os szinten) szignifikáns kapcsolatot mutat a virágzás hosszával. A nagyobb csapadékmennyiség hosszabb virágzástartammal jár együtt (2. ábra). A bőséges csapadék virágzási időt késleltető hatása abban rejlik, hogy a csapadékos időjárás következtében visszaesik a hőmérséklet, ami lassítja a fiziológiai folyamatok sebességét.

A napfénytartam esetében szintén sikerült ($P=5\%$ -os szinten) szignifikáns kapcsolatot találnunk a virágzástartam hosszával (3. ábra). Az egyéb illesztésekkel összehasonlítva ebben az esetben gyengébb kapcsolatot figyelhetünk meg. Ez arra utal, hogy a napfénytartamnál a hőmérsékleti változók közvetlenebb módon befolyásolják a fázistartam alakulását. A hosszabb napfénytartam általában magasabb hőmérséklettel jár, míg a

borultabb időjáráshoz rendszerint alacsonyabb hőmérséklet tartozik. A hőmérséklet sokkal inkább szabályozó tényezőnek tekinthető, mint a napfénytartam hossza. A hosszan tartó virágzás alatt nyilvánvalóan a napfénytartam-összegek magasabbak, mint a gyors lefolyású virágzástartamú esetekben.

A nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség, valamint a virágzástartam hossza között szintén ($P=1\%$ -os szinten) szignifikáns kapcsolatot találtunk (4. ábra). A kapcsolat jellege arra utal, hogy növekvő hőmérséklet-különbség esetében a virágzástartamok rövidebbek voltak. Az exponenciális függvénykapcsolat arra utal, hogy kezdetben kis nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség esetében a virágzástartamok erőteljesebben, míg nagy hőmérséklet-különbség esetében kisebb mértékben változnak. Azokon a tavaszi napokon, amikor nagy a nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség, rendszerint magas nappali maximum hőmérsékletek fordulnak elő. Ezek jelentősen gyorsítják a virágzás lefutását. Borult, csapadékos időjárás esetében általában kicsi a nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség, ami meghosszabbítja a virágzás lefutását.

A virágzástartam a napi átlaghőmérséklettel mutatta a legszorosabb kapcsolatot, a lineáris regresszió-illesztés ($P=0,1\%$ -os szinten) szignifikánsnak tekinthető (5. ábra).

A kapcsolat alapján kijelenthetjük, hogy a magasabb napi átlaghőmérséklet esetén a virágzástartamok rövidebb ideig tartottak.

Nem csak az átlaghőmérséklet, hanem a minimum hőmérséklet (6. ábra) és a maximum hőmérséklet (7. ábra) is hasonló szoros szignifikáns kapcsolatot mutatott a virágzástartam hosszával. Ezekben az esetekben is megállapítható, hogy a magasabb hőmérséklet mellett a virágzási idők jelentősen rövidültek.

Amennyiben a klimatikus vízmérleg (csapadék és potenciális párolgás különbsége) nagyságának alakulását vetjük össze a virágzástartam alakulásával ($P=1\%$ -os szinten), szignifikáns kapcsolatot mutathatunk ki. Pozitív vízmérlegek esetén hosszabb fázistartammal, negatív vízmérlegek esetén rövidebb fázistartammal számolhatunk (8. ábra). Negatív vízmérleg rendszerint akkor alakul ki, ha magas a hőmérséklet és kevés a csapadék. A kevés csapadék és magas hőmérséklet gyorsítja a fiziológiai folyamatokat, így ezekben az esetekben gyorsabb virágzáslefutással, rövidebb virágzási idővel számolhatunk. A többváltozós statisztikai analízis által kapott eredmények azt igazolták, hogy az átlaghőmérséklet, maximum hőmérséklet, klimatikus vízmérleg, illetve a csapadékösszeg tekinthető a virágzástartamot befolyásoló négy legfontosabb időjárási változónak (2. táblázat).

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BÉKEFI, Zs. – APOSTOL, J. – BORONKAI, G. (2000): Acta Hort. 538: 117–122. (2) KELLERHALS, M. (1986): Schweiz. Zeitschrift für Obst- und Weinbau. 122 (13): 363–371. (3) MALIGA, P. (1953): MTA. Agrártud. Oszt. Közl. 3(1–2):177–215. (4) NYÉKI, J. (1989): Csonthéjas gyümölcsűek virágzása és termékenyülése. MTA Doktori Értekezés, Budapest. (kézirat) (4) PEJKIC, B. (1966): Rev. Res. Work. Fac. Agric. Univ. Beograd 14 (422): 1–8. (5) RITIU, C. (1975–76): Lucrari Stiintifice. 18–19 (197): 109–112.

1. táblázat

A vizsgálati területen található talajszelvény 60 cm-es rétegének főbb jellemzői

Kémhatás, pH vizes	6,10
Mész tartalom, %	< 0,1
Vízoldható összes só, %	< 0,02
Hidrolitos aciditás, yI	7,2
Kötöttség, KA	28
Humusztartalom, %	0,78
Humuszos réteg vastagsága, cm	60

2. táblázat

A faktoranalízis eredményei 'Kántorjánosi' meggyfajta virágzástartama és a vizsgált meteorológia változók kapcsolata esetében

Communalities

	Initial	Extraction
Csapadék	1,000	,833
napfénytartam	1,000	,679
napéjszktül	1,000	,850
Átlaghőm	1,000	,919
Minhőm	1,000	,859
Maxhőm	1,000	,904
Klimatvizm	1,000	,899

Total Variance Explained

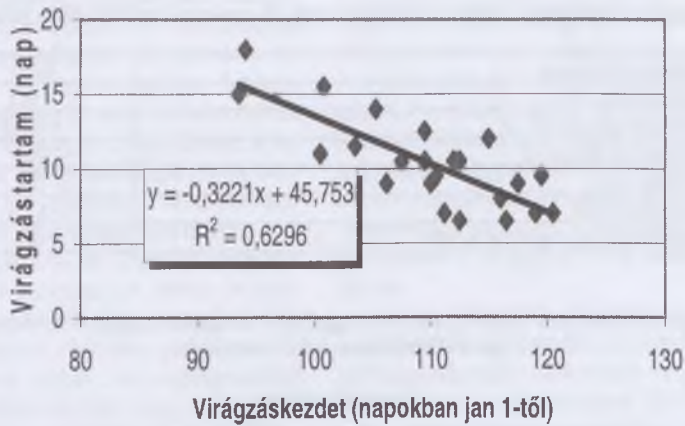
Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4,539	64,836	64,836	4,539	64,836	64,836
2	1,404	20,052	84,888	1,404	20,052	84,888
3	,679	9,694	94,583			
4	,267	3,809	98,391			
5	,089	1,272	99,663			
6	,017	,242	99,905			
7	,007	,095	100,000			

Component Matrix(a)

	Component	
	1	2
csapadék	-,892	-,193
napfénytartam	-,236	,790
napéjszktül	,716	,581
átlaghőm	,931	-,227
minhőm	,760	-,529
maxhőm	,950	-,034
klimatvizm	-,909	-,270

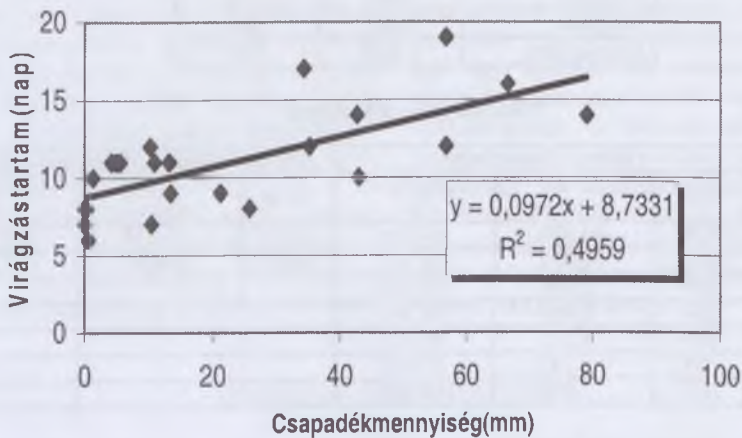
Extraction Method: Principal Component Analysis. a 2 components extracted.

1. ábra



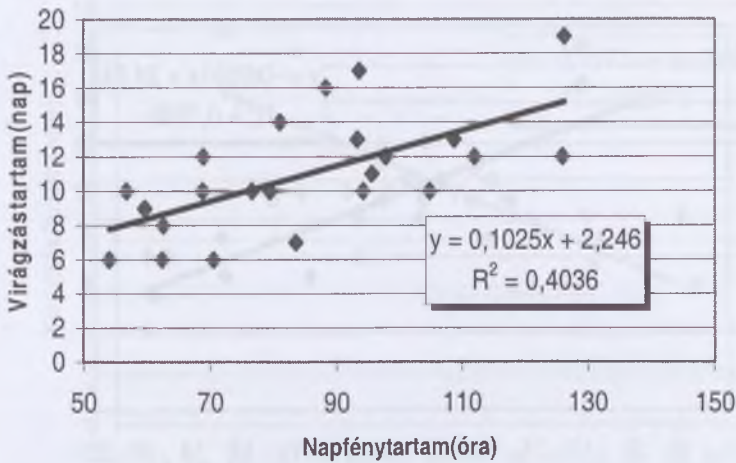
A virágzáskezdet és -tartam közötti kapcsolat három vizsgált meggyfajta átlaga alapján, Újfehértó, 1983–2005

2. ábra



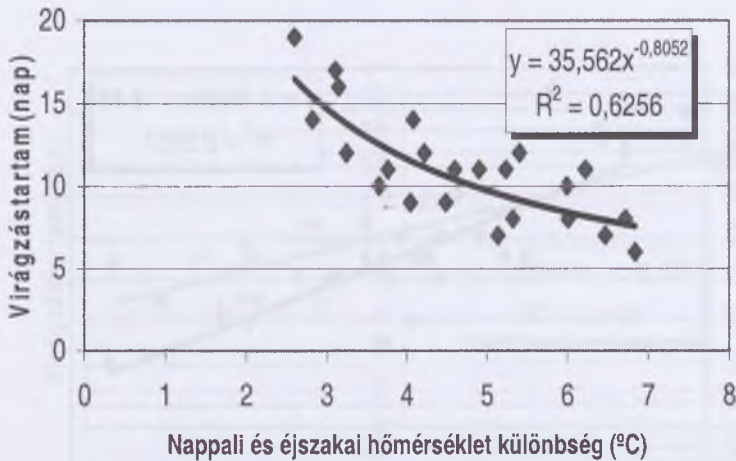
A virágzástartam és virágzás alatti csapadékmennyiség kapcsolata 'Kántorjánosi' meggyfajta esetében, Újfehértó, 1983–2003

3. ábra



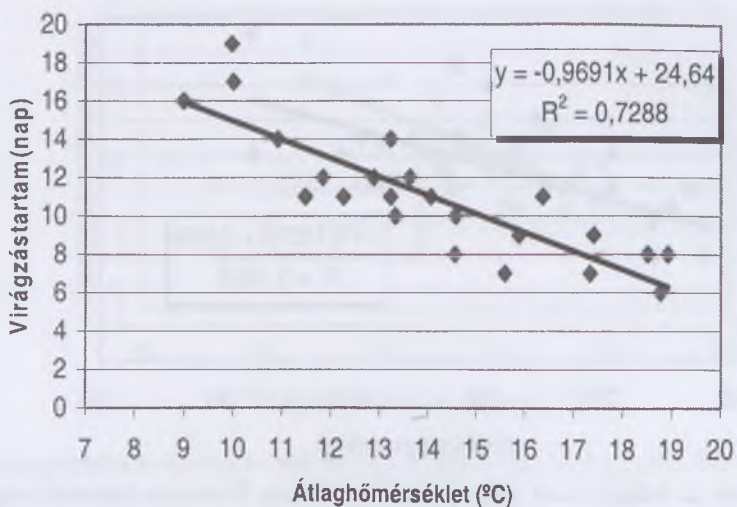
A virágzástartam és virágzás alatti napfénytartam kapcsolata 'Debreceni bőtermő' meggyfajta esetében, Újfehértó, 1983–2003

4. ábra



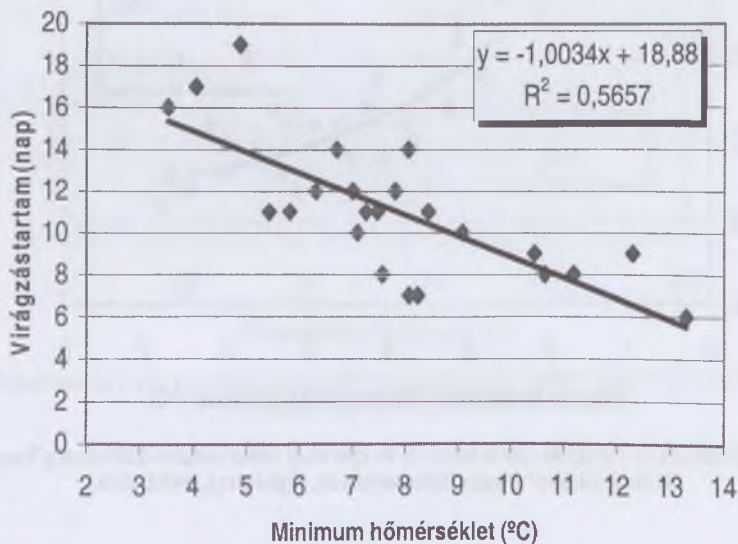
A virágzástartam és virágzás alatti nappali és éjszakai hőmérséklet-különbség kapcsolata 'Kántorjánosi' meggyfajta esetében, Újfehértó, 1983–2003

5. ábra



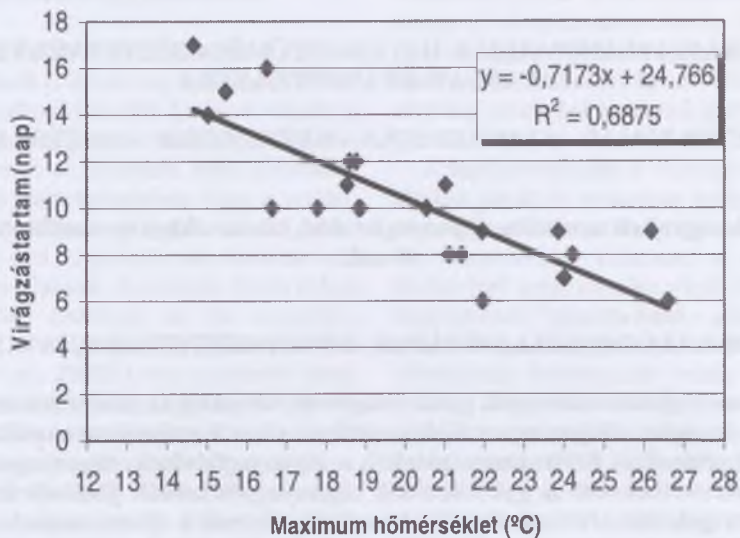
A virágzástartam és virágzás alatti átlaghőmérséklet kapcsolata 'Kántorjánosi' meggyfajta esetében, Újfehértó, 1983–2003

6. ábra



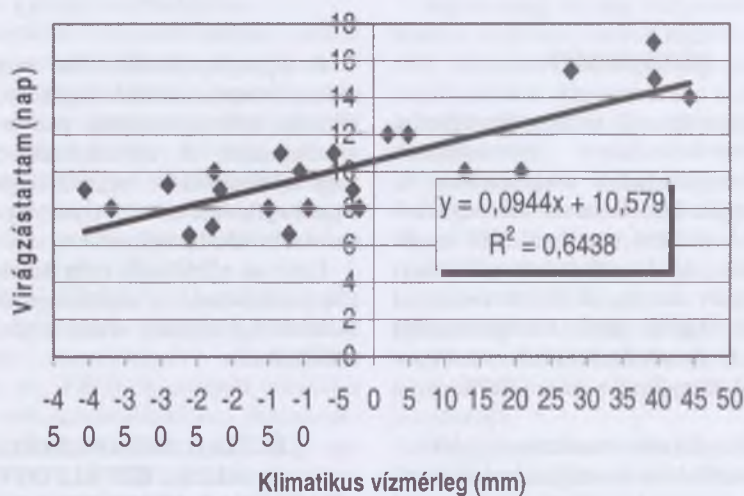
A virágzástartam és virágzás alatti minimum hőmérséklet kapcsolata 'Kántorjánosi' meggyfajta esetében, Újfehértó, 1983–2003

7. ábra



A virágzástartam és virágzás alatti maximum hőmérséklet kapcsolata 'Újfehértói fürtös' meggyfajta esetében, Újfehértó, 1983–2003

8. ábra



A virágzástartam és virágzás alatti klimatikus vízmérleg kapcsolata 'Debreceni bőtermő' meggyfajta esetében, Újfehértó, 1983–2003

ÉGHAJLATI ANOMÁLIÁK HATÁSA GYÜMÖLCSÜLTETVÉNYEK TÁPANYAG-UTÁNPÓTLÁSÁRA

NAGY PÉTER TAMÁS – SZABÓ ZOLTÁN – NYÉKI JÓZSEF – SOLTÉSZ MIKLÓS

Kulcsszavak: éghajlati anomália, tápanyagfelvétel, hőmérsékleti és vízellátottsági problémák.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A váratlan időjárási események gyakoriságának, valamint az anomáliák mértékének növekedése az egész világon egyre több problémát okoz a gyümölcsstermelőknek. Ezek az éghajlati anomáliák időszakosan gátolják a tápanyagfelvételt, tápanyag-ellátottsági zavarokat idézhetnek elő. A gyümölcsösök tápanyagpótlásának jövőbeli tervezésénél ezeket a korrigáló faktorokat is figyelembe szükséges venni a sikeres termelés megvalósítása érdekében. Az éghajlati anomáliák hatására a talajból történő csökkent tápanyagfelvétel sikeresen korrigálható talajtakarással vagy levélen keresztüli növénytáplálással. Az ültetvényekben alkalmazott talajművelés döntő szerepű az éghajlati anomáliák hatására kialakuló, talajból történő tápanyag-felvételi zavarok mérséklésében. Ennek megfelelően a hazai gyümölcsösök tápanyagpótlási gyakorlatát a klímaváltozás okozta új kihívásokhoz szükséges igazítani.

BEVEZETÉS

Az éghajlati anomáliák következtében a hazai gyümölcsösökben bekövetkezett termés kiesést igen nehéz megbecsülni. Az FVM honlapján közölt becslések legalább 200 milliárd forintba teszik a 2007-es év termés kiesése által előidézett pénzügyi deficitet. Az év extrém időjárási viszonyai (május eleji fagyok, nyár közepi aszály) rámutattak, hogy a termés kiesés mértéke – termőhelytől függően – akár 100%-os is lehet.

A váratlan időjárási események gyakoriságának, valamint az anomáliák mértékének növekedése nemcsak nálunk, hanem az egész világon egyre több problémát okoz. Lassan meg kell tanulni ezekkel együtt élni és a már bevált technológiákat ezekhez az eseményekhez, mint befolyásoló tényezőkhöz finomítani, korrigálni.

A tápanyag-gazdálkodás, mint alapvető része a termesztéstechnológiának, különösen jelentős kölcsönhatásban van a klimatikus viszonyokkal. A vízellátottsági problémák vagy a hőmérsékleti anomáliák gátolhatják a tápanyagfelvételt, tápanyag-ellátottsági zavarokat idézhetnek elő.

Ezek az effektusok mint korrigáló tényezők jelentkeznek a tápanyagpótlásban, melyeknek figyelembe vétele a jövőben elkerülhetetlen.

ÉGHAJLATI ANOMÁLIÁK ÁLTAL KIVÁLTOTT TÁPANYAG-FELVÉTELI ZAVAROK

A klímaváltozás gyümölcsstermő körzetekre gyakorolt hatásainak hazai vonatkozásait *Soltész et al. (2004, 2005)*; *Nyéki et al. (2005)* alapján értékelhetjük.

Vízellátottsági problémák

A gyümölcsfák táplálkozásában a vízellátási problémák (túl sok vagy túl kevés felvehető víztartalom) jelentős hatással vannak a termés mennyiségére és minőségére. Különösen érvényes ez hazánkra, mert gyümölcs-termelésünk nagymértékben függ a rendelkezésre álló vízmennyiségtől, annak felvehetőségétől és a vegetációs periódusban való kedvező eloszlásától. Az elmúlt ötven évben kimutathatóan csökkent az évi csapadék-mennyiség, eloszlása kedvezőtlenebbé vált (Lakatos et al., 2005b). Az egyszerre lehullott csapadékmennyiség egyre jelentősebb extrémításokat mutat, ugyanakkor a nyári hőségperiódusok egyre gyakrabban és hosszabban jelentkeznek. Mindezek eredményeképp a talajszárazság fokozódik és a talajvízszint sok helyen tovább süllyed (Soltész et al., 2004; Nyéki et al., 2005; Soltész et al., 2005). Összefoglalóan azt mondhatjuk, hogy a gyümölcsfák vízigénye egyre rosszabb kondíciók közt elégíthető ki. Ezek alapján az öntözésnek kiemelt szerepe van a biztonságos gyümölcsstermelésben.

A nemzetközi szakirodalomban „water stress”-ként nevezett vízellátottsági problémák az utóbbi évtizedekben rengeteg publikáció fókuszában álltak. A gyümölcskultúrák csakúgy, mint minden növény, élettanilag reagálnak a fellépő vízellátottsági anomáliákra. A stressz hat a sejtek turgor állapotára, ozmotikus potenciáljára, ezáltal vízfelvételére (Ranney et al., 1991).

A csökkenő vízfelvétel hatással van a sztómák nyitottságára, valamint növeli az abszcizinsav mennyiségét a levélben (Shackel et al., 1990). A sztómák záródása csökkenő szén-asszimilációhoz, fotoszintézishez és transzspirációhoz vezet, míg egy erősebb stressz a fotoszintézis enzimikus folyamatait is visszazorítja.

A növényi szövetek vízállapotának, „hidratúrájának” csökkenése magával vonja a citoplazma bizonyos mértékű dehidratációját is. Mivel a növényi anyagcsere legtöbb enzímjét éppen a citoplazma tartalmazza,

elsősorban ezek működőképessége szorul vissza. A citoplazma csökkent „hidratúrája” gyakran légzési problémákat, növekvő mértékű proteinbomlást és növekvő amiláz-aktivitás miatt bekövetkező keményítóbomlást idéz elő.

A hajtásnövekedés a csekély turgor miatt szintén gátolt. A vízstressz hatására a virágzás, megtermékenyülés és gyümölcsnövekedés elmaradása, valamint a kedvezőtlen ionfelvétel termés kiesést okoz. Fokozottabb termés kiesés tapasztalható, amennyiben a stressz érés előtt történik, mintha az érési időszakban következett volna be. Enyhe érés kori stressz az érési folyamatokat gyorsítja, ami a cukrok és az antocián-pigmentek mennyiségét növeli és csökkenti a savkoncentrációt a gyümölcsben.

Guak et al. (2001) rámutatott arra, hogy a vízstressz csökkenti a nyugalmi állapotban lévő rügyek fejlettségét, a gyümölcsméretet és termést, de nem befolyásolja a húske ménységet, oldható szárazanyag-tartalmat és a savasságot, növeli viszont a K és B felvételt.

Sajnos még mindig hiányosak az ismereteink a vízstressz okozta légzési, transzlokációs, hormonális és tápanyag-gazdálkodási folyamatokkal kapcsolatban, melyek szorosan összefüggnek a gyümölcsminőségi kérdésekkel.

Természetesen a vízellátottsági problémák hatásai és azok erőssége jelentősen függ a termőhely talajától. Yao et al. (2001) 'Gala' almával végzett vizsgálatai alapján, homoktextúrájú talajon a vízhiány gyümölcsméret és -tömeg csökkentő hatása már négy héten belül érzékelhető, míg üledékes, agyagos talajon ez a hatás csak öt hét múlva jelentkezik.

Érdekes módon arra a megállapításra jutottak, hogy a gyümölcs N, P, K, Ca és Mg felvételét és felvételi dinamikáját sem a „vízstressz”, sem a talajtípus nem befolyásolta.

Viszonylag kevés szakirodalmi adat található a vízháztartásbeli problémák másik típusával, a hirtelen lezúduló, nagy mennyi-

segű csapadék okozta tápanyag-ellátásbeli anomáliákkal kapcsolatban. Ennek a jelenségnek hazánkban is egyre gyakoribb előfordulása indokolja, hogy ne menjünk el a jelenség mellett annak tápanyagellátásra gyakorolt hatásainak ismertetése nélkül. A rövid idő alatt lezúduló, nagy mennyiségű, akár egy havi csapadékmennyiség jelentősen befolyásolja a talajban uralkodó tápanyagfelvételi viszonyokat. Ez természetesen alapvetően függ a talajtípustól. Az agyagosabb, vályogosabb, nagyobb kötöttségű fizikai talajféleségű talajok nagyobb vízmegtartó képességgel rendelkeznek, mint a homoktalajok. Ezeknél a felső talajrétegekben időszakos víztöbblet, sőt domborzati viszonyok és/vagy talajszerkezeti okok miatt akár időszakos pangóvízes állapot is kialakulhat.

A víztöbblet negatívan befolyásolja a talaj redoxi viszonyait, a gyökérlégzést. A talajban kialakuló reduktívabb viszonyok számos, a tápanyagfelvételre hatással lévő folyamatot indukálnak. Csökken a felvehető tápanyagformák mennyisége kimosódás és redukciós átalakulások révén. A mineralizációs folyamatok, valamint a gyökérlégzés is visszaszorul, melyek szintén gátolják, hátráltatják a tápanyagfelvételt. A nem megfelelő felvétel pedig a korábban már ismertetett élettani hatásokat okozza. Magyarországon a gyümölcsösök telepítését kizáró talajtani tényezőnek minősül, ha a talajvízszint a felszíntől számítva, fás szárú fajok esetén (fajtól függően) 150–180 cm, ill. 200 cm felett van.

A talaj levegőzöttségi viszonyainak megváltozása a gyökérzet fejlődését is hátrányosan befolyásolja. A hirtelen lezúduló nagy mennyiségű csapadék, a túlzottan magas talajvízállás vagy a művelő gépek okozta talajtömörödés huzamosabb ideig tartó víztelítettséget, reduktív viszonyokat okoz, ami a kötöttebb, tömödöttebb talajoknál gyökérpusztulást vagy egyébként nem jellemző, túlzottan sekélyes gyökér-elhelyezkedést idézhet elő, ami a fák stabilitását, élettartamát veszélyeztetheti. *Papp és Tamási (1979)*

adatai rámutattak, hogy túlzottan magas talajvízállású homokterületen M4 alanyú, négyéves Jonathán fák gyökérzetének háromnegyede igen sekélyen, a felső 30 cm-es rétegben helyezkedett el, ami nagyobb termés esetén stabilitási és tápanyag-felvételi problémákat okoz.

A fentebb említett problémák szakszerű talajműveléssel korrigálhatók, a kialakuló kedvezőtlen talajviszonyok megszüntethetők.

Megoldási változatok

Felmerül a kérdés, hogy ezeknek a hatásoknak, stresszeknek a kivédése, korrigálása milyen mértékben és milyen tápanyag-gazdálkodási módszerekkel lehetséges?

Általánosan megállapíthatjuk, hogy a jó tápanyag-ellátottságú, megfelelő kondícióban lévő ültetvények stressztűrése nagyobb. A nem megfelelő vízellátottság – mind a szárazság, mind a víztöbblet – gátolt tápanyagfelvételt és ebből adódóan gátolt növekedést és terméshozást okoz.

A virágzásra és a terméskötődésre szintén hatással van a nem megfelelő vízellátottság, az aszályos vagy éppen bőséges csapadékos viszonyok. A talajszárazság vagy épp a talaj bőséges vízellátottsága csökkenti a tápanyagok gyökéren keresztüli felvételének határfokát. Száraz talajban a tápanyagok gyökérszőrőkhöz történő vándorlása diffúzió és tömegáramlás által erősen gátolt. Kedvezőtlen körülmények között, pl. szárazság esetén, a kötött talajokon a tápanyagfelvétel erősebben gátolt, mint laza szerkezetű homoktalajokon. Tartósabb szárazság esetén a kötöttebb talajokon jelentkező Fe-, Mn- vagy K-hiány ezzel a körülménnyel van összefüggésben.

A talaj tápanyag-szolgáltatási képességét nemcsak a talajban jelen levő tápanyagmennyiség határozza meg, hanem a talajtulajdonságok is befolyásolják, úgy mint a talajszerkezet, humusztartalom, vízáteresztő képesség, talajhőmérséklet stb. A nem meg-

felelő vízellátottság miatt kialakuló csökkent tápanyag-felvételi potenciálnál kiemelt szerepet kap a lombtrágyázás, mint kiegészítő tápanyagpótlási módszer.

Rufat és Arbonés (2006) azt találták, hogy a lombtrágyázás határfoka száraz talajkörülmények között nő, köszönhetően a csökkent gyökér-adszorpciós képességnek. A vízhiány, illetve a megfelelő vízpótlás főképp a N- és K-felvetelre gyakorolt hatását *Fallahi et al. (2006)* szintén kiemelte.

A lombtrágyázás mellett a talajnedvesség megőrzése, pótlása kínálhat megoldást a nem megfelelő vízellátottság mérséklésére. Az utóbbi évtizedekben egyre elterjedtebb a gyümölcstüftvények talajtakarása, mulcsozása. Bár a mulcsozás technikája talán olyan öreg, mint maga a mezőgazdaság (*Libik – Wojtaszek, 1973*), csak az elmúlt évtizedekben, az ökológiai termesztés elterjedésével vált egyre általánosabbá (*Skroch – Shribbs, 1986*).

A talajtakarás nemcsak az evaporációt és a gyomosodást szorítja vissza, hanem hatással van számos talajban lejátszódó folyamatra is. Szerepet játszik a talaj nedvességtartalmának fenntartásában, csökkenti a kimosódást (pl. özvívyszerű csapadéklezúdulás esetén is), véd az eróziótól, csökkenti a talajhőmérséklet-fluktuációt, fokozza a tápanyag-felvehetőséget, elősegíti a nitrifikációt és a szervesanyag-képződést, valamint javítja a talajszerkezetet (*Nagy et al., 2006*).

Továbbá a talajtakarásnak pozitív hatása van a talajélet biológiai aspektusaira és a gyökérsűrűsége, -fejlődésre, -növekedésre, -elhelyezkedésre, valamint kismértékű tápanyag-szolgáltató képességgel is rendelkezik (*Merwin – Stiles, 1994*).

A talajtakarásnak ezek a hatásai potenciálisan lehetőséget kínálnak az éghajlati anomáliák mérséklésére, kivédésére.

A talajnedvesség pótlása a másik kiemelt jelentőségű terület. Öntözés, öntözőrendszerek alkalmazása nélkül ma már elképzelhetetlen korszerű, minőségorientált gyümölcstermelés. *Soltész et al. (2005)* rámutat, hogy

az alföldi régióban az öntözés megvalósítása „sorskérdés”.

Természetesen e tanulmány keretei szűkösek arra, hogy az öntözés hatásait, a termés nagyságra és minőségre gyakorolt szerepét részletesen kifejtjük, így csak a legfontosabb kurrens vonatkozásairól ejtünk szót.

A hazai, felszín alatti vízkészletek megcsappanása és minőségromlása miatt egyre nagyobb mértékben kellene a felszíni vízforrások vízkészleteire alapozni (*Soltész et al., 2005*). Víztakarékos, de hatékony öntözőrendszerek adoptálása elkerülhetetlen a közeljövőben. A tengerentúlon, illetve Nyugat-Európában elterjedt „fertigation” technológia (tápanyagos öntözés) hazai elterjedése még várat magára, bár egyre több ültetvényben alakítják ki technikai hátterét. Nem szabad azonban elfelejtenünk, hogy a tápanyagos öntözés alapvetően befolyásolja az ültetvény kondícióját, táplálkozás-életeti aspektusait. A nem megfelelő minőségű öntözővíz használata fokozódó talajszárazsághoz, a talaj összes sótartalmának növekedéséhez és kiegyensúlyozatlan tápanyagfelvételhez vezethet. Az öntözővízhez adagolt tápanyagok (fertigation) alkalmazási időpontjai és racionalizáltan adagolt mennyiségük alapkritériuma a minőségi gyümölcstermelésnek.

Nielsen et al. (2004) szintén rámutattak a vízháztartás és a N-felvétel közötti összefüggésekre tápanyagos öntözéses kísérletükben. Eredményeik intőek, ugyanis optimális gyümölcsminőséget és megfelelő szintű termést kontrollált N-felhasználás mellett kaptak. Rámutattak továbbá arra is, hogy az öntöző P- és K-tápanyagos öntözés nem növelte a levél és a gyümölcs P- és K-tartalmát, valamint a fa teljesítményét. Hasonló eredményre jutott *Dolega és Link (1998)*, akik rámutattak, hogy az általuk végzett tápanyagos öntözés a hűségesség, savasságot és cukortartalmat, valamint a tápanyagok mennyiségét és arányát a gyümölcsben nem befolyásolta szignifikánsan.

Malaguti et al. (2006) tápanyagos öntözésben azt találta, hogy míg mind a talaj,

mind a növény K-tartalma nőtt és a gyümölcsszíneződésre is pozitívan hatott a tápoldatozás, addig a P, Mg, N és a levél klorofill-tartalma esetén nem tapasztalt hasonló hatást.

Ugyanők kiemelték, hogy a tápoldatos kezeléssel a növény fenológiai fázisaihoz jobban illeszkedő tápanyag-utánpótlást lehet megvalósítani. Mi hozzátesszük, hogy az időszakos éghajlati anomáliák okozta tápanyag-felvételi zavarok enyhíthetők, hatásai mérsékelhetők ezzel a technikával.

Habár a tápoldatozás elfogadott és egyre gyakrabban alkalmazott környezetkímélő tápanyag-utánpótlási módszer, *Hornig és Bünemann (1995)* mégis azt találták frissen telepített 'Elstar'/M9 ültetvény tápoldatos kezelése esetén, hogy számos növénytáplálási kérdés még nem kellőképpen tisztázott a technikával kapcsolatban.

Hőmérséklet hatása

A hőmérsékleti tényezők szerepe a tápanyagfelvétel és tápanyag-gazdálkodás szempontjából alapvető fontosságú. Mind a túl magas, mind a túl alacsony hőmérséklet számos káros fiziológiás folyamatot indít el, melyek a tápanyagfelvételre, és ezen keresztül a terménymennyiségre és -minőségre is hatnak.

A hazai vegetációs időszakban mért alacsony hőmérsékleti értékek gyakorisága és mértékük az elmúlt ötven évben nőtt, mind a téli, mind a tavaszi fagykarak számát és mértékét tekintve (*Lakatos et al., 2005a; Lakatos et al., 2005b*).

A hőmérséklet szerepe a növénytáplálkozás szempontjából két helyen is tetten érhető. Egyrészt a léghőmérséklet, másrészt az ennek hatására a talajban kialakuló hőmérsékleti értékek révén.

Bár a lég- és talajhőmérsékleti értékek hatására a növény számos vonatkozásban hasonló fiziológiás válaszokat produkál, mégis elkülönített tárgyalásuk a különbségek miatt indokolt.

Talajhőmérséklet

A gyümölcsfélék gyökerei eltérő hőigényűek. Ebből következően a különböző alanyok és fajok gyökérnövekedése nem egyszerre indul be, illetve áll le (*Papp – Tamási, 1979*).

Az egyes fenofázisok zavartalan lefolyása (tápanyagfelvétel, szervképzés, virágzás, hajtásnövekedés stb.) erősen függ a talajhőmérséklet értékeitől.

Szabadföldön a gyümölcsös talajhőmérsékletét számos tényező befolyásolja: a terület lejtése, égtájankénti fekvése, a talajnedvesség, a talajösszetevők (humusztartalom, agyagásványok mennyisége, minősége stb.), rétegződési-szerkezeti viszonyok, a talaj hővisszaverő képessége, a felszín anyagának fajhője, hővezető képessége.

A gyümölcsültetvényekben a gyökerek a mélységtől és a talajrétegződéstől függően 5–7 °C-tól (*Terts, 1970* szerint 7–8 °C) kezdenek el növekedni. A gyökérfejlődés hőmérsékleti optimuma fajtól függően 17–24 °C.

A különböző fajok optimális gyökérfejlődési talajhőmérséklete az 1. táblázatban látható.

A táblázat adataiból látható, hogy az alma-termésűek, valamint a csonthéjasok közül a barackfélék a gyökérfejlődés szempontjából tág hőmérsékleti optimummal, míg a szilvafélék szűk optimum zónával rendelkeznek. A szilvánál néhány fokos eltérés is jelentős hatással lehet a gyökérfejlődés intenzitására.

Almaalanyok gyökérképződésének talajhőmérsékleti viszonyaival foglalkozott *Ferree és Carlson (1987)*, akik rámutatnak, hogy a legtöbb almaalany gyökérfejlődésének talajhőmérsékleti optimuma 13–15 °C között van. Ettől az intervallumtól távolodva a gyökérképződés visszaszorul, 28 °C felett pedig leáll.

A gyökérnövekedés legtöbb szerző szerint azonban csak 35 °C felett áll le (*Terts, 1970; Papp – Tamási, 1979*). Egyes alanyok ('Malling 7', 'Malling 25', 'Malling-Merton

109' és a magoncok) jobban tűrik a magasabb hőmérsékletet, de ez a napjainkban elterjedőben lévő törpe alanyokra nem jellemző (Gonda, 2000). Sekély elhelyezkedésű gyökérzetük fokozottan érzékeny a talajfelszín felmelegedésére, amely főképp homoktextúrájú talajokon elérheti a 60 °C-ot is. Az ilyen típusú talajoknak további hátránya, hogy a kis víztartó képességük miatt csekély a feltalaj nedvességtartalma.

Hazai adatok alapján a tavaszi gyökérfejlődés megindulását nem annyira a kedvezőtlen, túl alacsony talajhőmérséklet, mint inkább a túlzott nedvesség következtében fellépő levegőtlenység okozza (Papp – Tamási, 1979). Hazánkban a gyökérfejlődés limitáló tényezői a téli alacsony hőmérséklet (lásd 2006 tele), a nyári kevés csapadék és magas hőmérséklet (lásd a 2007-es év nyara), valamint a kedvezőtlen csapadékeloszlás.

Léghőmérséklet

A talajhőmérséklet hatásaitól sokkal szembeötlőbbek a léghőmérséklet okozta fejlődési, tápanyag-gazdálkodási anomáliák. A téli, tavaszi fagykárok hatásairól rengeteg publikáció látott napvilágot az utóbbi években. Ehelyütt csak a növénytaplálási vonatkozásokkal tudunk foglalkozni.

A túl nagy, illetve kis léghőmérsékleti értékek egy sor fiziológiás választ indukálnak, amelyek – ahogy fentebb említettük – alapvetően befolyásolják a fa táplálkozását, terméshozását.

Ezek közül a transzspiráció az egyik leglényegesebb. A növényfelületről történő vízkilépés intenzitása függ a levegő víztelítettségétől, a léghőmérséklettől, a légmozgástól és a tápanyag-ellátottsági mutatóktól. A túlságosan alacsony hőmérsékleti értékek csökkent, a túl magasak túlzott transzspirációt okoznak. A nagymértékű, déli órákra jellemző vízleadás odáig fokozódhat, hogy a sejtek elvesztik optimális turgornyomásukat és a levelek lankadása,

lecsüngése vagy széleik kanalas felkunkorodása jelentkezik.

A sztómák nyitottsága a zárósejtek turgorjától függ, amit viszont elsősorban a szomszédos sejtekből a zárósejtekbe irányuló specifikus K⁺-transzport szabályoz. A többi alkáli ion hatása nem ilyen mértékű. A nagymértékű ionfeldúsulás nagy turgort eredményez a zárósejtekben, ami a sztómák kinyílásához vezet. A K⁺-felhalmozódás a zárósejtekben függ a levegő CO₂ koncentrációjától. Minél magasabb ez, annál kevésbé képes a K⁺-ion akkumulálódni.

Aszály esetén a sztómaszabályozás felmondja a szolgálatot. Hosszan tartó aszályos periódusban a levelek szabadon, akadálytalanul transzspirálnak, majd végül elszáradnak.

Arid területeken már régóta foglalkoznak olyan transzspirációt befolyásoló szerek alkalmazásával (fungicidek, herbicidek, anyagszabályozók), amelyek elősegítik a növény „víztakarékosabb” működését.

Toselli et al. (2001) rámutat, hogy mind a szénasszimiláció, mind a már említett transzspiráció csökken az aszály sújtotta ültetvényekben. Felhívták továbbá a figyelmet arra is, hogy az alacsony gyökérhőmérséklet jobban csökkenti a N-adszorpciót, míg a szárazság a gázcsere-folyamatokat szorítja inkább vissza. A fentiek alapján egyet kell értenünk Wang et al. (1998) azon megállapításaival is, hogy bár a gyökérlégzésnek óriási szerepe van a növény tápanyagfelvételében, a talajhőmérsékletnek és nedvességtartalomnak a gyökérlégzésre gyakorolt hatása még kevésbé tisztázott.

Kevés szó esik – még növényélettani ihletettségű publikációkban is – a guttáció jelenségéről, amely különösen fülledt, páradús meleg éjszakákon jelentkezik. A növényből kipréselt „vízcseppek” a növény méregtelenítésében játszanak szerepet (pl. túlzott bőrtáplálás), ami száraz légköri viszonyok között akadályozott. A levélcscsokban felhalmozódó bór nekrózist, levélcscs-elhalást okozhat, ami a bórigenyes, de egyúttal bórérzékeny gyümölcsösökben

okozhat tápanyag-ellátási problémákat. A fentiekből kitűnik, hogy hőmérsékleti anomáliák kiküszöbölésének egyik alternatíváját kínálja a lombtrágyázás.

Itt is megemlítjük, hogy a javuló tápanyag-ellátottság lényegesen javítja a fák stressztűrését. Mivel a gyümölcskultúrák bórigenye nagy (különösképpen az almaféléké), a kötődés fokozására, a virágszervek fejlődésére különféle bórtartalmú készítmények használata mára már általánosan elterjedt. A fejlődő virágok bórtartalma nagy, a virágok csökkent bórtartalma később komoly termékenyülési problémákat és fokozott fagyérzékenységet okozhat.

Különösen veszélyesek a virágzárkor fellépő fagykárrok, amelyek az egész évi termést elvihetik (lásd a 2007. május eleji fagyokat).

Azokban az esetekben, amikor a hőmérséklet fagypont alá süllyed, a fagy után azonnal kijuttatva, a virágkárrok mérséklésére érdemes szerves savakat (pl.: borostyánkősav) tartalmazó készítményeket kijuttatni, melyek mínusz 4–5 °C fagy hatását tudják mérsékelni. Ezt a kezelést javasolt megismételni újabb 5–6 nap múlva, főleg az intenzív ültetvényekben.

Ezek a szerves savakat (dikarbonsavak), cukrokat tartalmazó levéltrágyák olyan

intenzív, a virágok felé történő tápanyagszállítást indukálnak, amelynek segítségével jelentősen nő a virágok szénhidrát-koncentrációja. Az így megnövekedett szénhidrát-tartalom védi a virágokat a fagyhatástól. Természetesen ezek a készítmények hosszan, több napig tartó mínusz 6–8 °C-os lehűlést nem tudnak kompenzálni (Nagy, 2007).

A szerves savakkal történő kezelések hatékonyságát növeli a fa jó K-ellátottsága. A káliumnak ugyanis óriási szerepe van a szénhidrátok képződésében és transzportjában. A levél K-tartalmának abszolút értéke azonban sok esetben nem tájékoztat megfelelően a virágzási viszonyokról. Báló *et al.* (1972), valamint Cerling (1971) szerint ugyanis a N/K arány megváltozása és virágzárkori mennyiségük befolyásolja a következő évi virágfejlődést.

Összegezve, egyet kell értenünk Sansavini és Giannerini (1991) azon véleményével, hogy habár a termelők az időjárást és az abban fellépő anomáliákat nem képesek befolyásolni, mégis cél- és okszerű, tudatos tápanyag-gazdálkodással számos lehetőségük van ezeknek az effektusoknak a kiküszöbölésére, hatásaik tompítására, a megfelelő mennyiségű és minőségű termés kialakítására.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BÁLÓ E. – PÁNCZÉL M. – PRILESZKY GY. (1972): A balatonboglári Állami Gazdaság tájékoztatója. 1972. (Cit.: W. Bergmann: Termesztett növények táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 1979. 17–23.) (2) CERLING V. (1971): The diagnostics of plant nutrition. Proc. Int. Symp. of Soil Fertility Evaluation, New Delhi, Vol. 1. 211–217. (Cit.: W. Bergmann: Termesztett növények táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 1979. 17–23.) (3) DOLEGA, E. – LINK, H. (1998): Fruit quality in relation to fertigation of apple trees. Acta Hort. 466: 109–114. (4) FALLAHI, E. – MCFERSON, J. R. – FALLAHI, B. (2006): Irrigation and Rootstocks Affect Water Use, Growth, Nutrition, Yield, and Fruit Quality of 'Fuji' and 'Gala' Apples. HortScience 41: 967–982. (5) FERREE, D. C. – CARLSON, R. F. (1987): Apple rootstocks. In: Rom-Carlson: Rootstocks for fruit crops. John Wiley & Sons, New York. 107–143. (6) GONDA I. (szerk.) (2000): Minőségi almatermesztés. PRIMOM Vállalkozásélénkítő Alapítvány Vállalkozói Központ, Nyíregyháza. (7) HORNIG R. – BÜNEMANN, G. (1995): Effects of soil management, irrigation and fertigation in an ip apple orchard on soil nitrate content and on tree mineral nutrition. Acta Hort. 383: 339–344. (8) GUAK S. – BELUAH, M. – NIELSEN, D. – LOONEY, N. E. (2001): Growth, fruit quality, nutrient levels, and flowering of apple trees in response to early season growth control techniques and

post-harvest urea sprays. *Acta Hort.* 564: 83–90. (9) LAKATOS L. – SÜMEGHY Z. – SZABÓ Z. – SOLTÉSZ M. – NYÉKI J. (2005a): Extrém időjárás eredmények előfordulása és gyakoriságának változása a vegetációs időszakban. „AGRO-21” Füzetek 45: 36–52. (10) LAKATOS L. – SZABÓ Z. – SOLTÉSZ M. – NAGY J. – ERTSEY I. – RACSKÓ J. – NYÉKI J. (2005b): A csapadék mennyiségének, típusának és eloszlásának változása a vegetációs és nyugalmi időszakban. „AGRO-21” Füzetek 45: 53–63. (11) LIBIK, A. – WOJTASZEK, T. (1973): The effect of mulching on the behaviour of some nutrient compounds in the soil. *Acta Hort.* 29: 395–404. (12) MALAGUTI, D. – ROMBOLA, A.D. – QUARTIERI, M. – LUCCHI, A. – Inderst, C. – MARANGONI, B. – TAGLIAVINI, M. (2006): Effects of the rate of nutrients by fertigation and broadcast application in 'Gala' and 'Fuji' apple. *Acta Hort.* 721: 165–172. (13) MERWIN, I. A. – Stiles, W.C. (1994): Orchard groundcover management impacts on apple tree growth and productivity, and soil nutrient availability and uptake. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119: 216–222. (14) NAGY P. T. – RACSKÓ, J. – SZABÓ, Z. – NYÉKI, J. (2006): Study of the effectiveness of different groundcover matter on macronutrient content of leaf in apple orchard in east Hungary. *Journal of Central European Agriculture*, Vol. 7 (4): 683–688. (15) NAGY P. T. (2007): A lombtrágyázás hatékonysága a csonthéjasok termesztésben. *Kertészet és Szőlészet*. 56. (41): 24–26. (16) NEILSEN G. – KAPPEL, F. – NEILSEN, D. (2004): Fertigation Method Affects Performance of 'Lapins' Sweet Cherry on Gisela 5 Rootstock. *HortScience*, 39: 1716 – 1721. (17) NYÉKI J. – SOLTÉSZ M. – SZABÓ Z. – LAKATOS L. – RACSKÓ J. (2005): Felkészülés a globális klímaváltozás kedvezőtlen hatásainak kivédésére a gyümölcsstermesztésben. Jelentés a VAHAVA projekt keretében végzett munkáról, MTA-KvVM, Budapest (18) PAPP J – TAMÁSI J. (1979): Gyümölcsösök talajművelése és tápanyagellátása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. (19) RANNEY T. G. – BASSUK, N. L. – WHITLOW, T. H. (1991): Osmotic Adjustment and Solute Constituents in Leaves and Roots of Water-stressed Cherry (*Prunus*) Trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116: 684 – 688 (20) RUFAT, J. – ARBONÉS, A. (2006): Foliar applications of boron to almond trees in dryland areas. *Acta Hort.* 721: 219–226. (21) SANSAVINI, S. – GIANNERINI, G. F. (1991): Advances in apricot growing and management. *Acta Hort.* 293: 409–430 (22) SHACKEL K. A. – NOVELLO, V. – SUTTER, E.G. (1990): Stomatal Function and Cuticular Conductance in Whole Tissue-cultured Apple Shoots. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 115: 468–472. (23) SKROCH, W.A. – SHRIBBS, J. M., Orchard floor management: an overview. (1986) *HortScience* 21: 390–393. (24) SOLTÉSZ M. – NYÉKI J. – SZABÓ Z. (2004): A klímaváltozás kihívásai a gyümölcsstermesztésben. „AGRO-21” Füzetek 34: 3–20. (25) SOLTÉSZ M. – NYÉKI J. – SZABÓ Z. – GONDA I. – LAKATOS L. – RACSKÓ J. – THURZÓ S. – DANI M. – DRÉN G. (2005): Alkalmazkodási stratégia az alföldi gyümölcsstermelésben a globális gazdasági és klímaváltozás nyomán. „AGRO-21” Füzetek 45: 16–26. (26) TERTS I. (1970): Gyümölcsfélék trágyázása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. (27) TOSELLI, M. – ZAVALLONI, C. – MARANGONI, B. – BREITKREUTZ, S. L. – FLORE, J. A. (2001): Nitrogen accumulation and leaf gas exchange in apple trees grafted on M.26 Emla, M.9 Emla and Mark rootstocks under low soil temperature and drought stress. *Acta Hort.* 564: 193–200. (28) WANG L. D. – EISSENSTAT, M. – FLORES-ALVA, D. E. (1998): Effects of soil temperature and drought on root–soil respiration in apple under field conditions. *HortScience*, 33: 443–453. (29) YAO, S. – NEILSEN, G. H. – NELSEN, D. (2001): Effects of water stress on growth and mineral composition of 'Gala' apple fruit. *Acta Hort.* 564: 449–456.

1. táblázat

Az ideális gyökérfejlődés talajhőmérsékleti optimumai különböző gyümölcsfajtáknál

Faj	Talajhőmérséklet (°C)
Alma, körte	10–20
Meggy, cseresznye	12–18
Szilva	12–13
Kajszi, őszibarack	12–22

Forrás: Papp és Tamási, 1979

A GYÜMÖLCSÖSÖK ASZÁLYKÁRAINAK MÉRSÉKLÉSE ÉS AZ ÖNTÖZÉS

NEMESKÉRI ESZTER

Kulcsszavak: aszály, öntözés, szárazságtűrés.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A jövő kihívása, hogy a növekvő élelmiszerigényhez kevesebb víz áll rendelkezésre, különösen azokban az országokban, ahol eleve korlátozottak a víz- és talajkészletek. Az intenzív ültetvényekben, amelyek száma egyre nő a világon, a korlátozó tényező a víz. Az új intenzív ültetvények telepítésénél a termelés biztonsága növelhető, ha figyelembe vesszük az aszály előfordulásának valószínűségét, a talajadottságot és a fajta alkalmazkodóképességét. A tanulmány áttekinti az aszálykárok mérséklésének lehetőségeit a gyümölcsösökben, a gyümölcsfajok vízigényét szakirodalmi adatokra alapozva, táblázatos formában. Hasonlóképpen elemzi a víztakarékos öntözési technikák alkalmazására vonatkozó szakirodalmi adatokat és a hazai alkalmazás lehetőségeit.

A hazai gyümölcsstermelés csak öntözéssel folytatható. A vizet jól hasznosító, szárazsághoz jól alkalmazkodó fajták telepítésével az aszálykárok mérsékelhetők. Az új víztakarékos öntözési technikák – mint a szabályozott vízhiányos öntözés (RDI) vagy részleges gyökérzóna öntözés (PRD) – alkalmazásával, nagy állománysűrűségű intenzív gyümölcsösökben, gyümölcsfajtól függően, 22–52%-os vízmeztakarítás érhető el. Külföldi adatok alapján az őszibarack, körte vízfelhasználási hatékonyságát 60%-kal növelik, miközben alig befolyásolják a betakarított termések mennyiségét és minőségét. A módszer hazai adaptálása olyan gyümölcsstermő területekre javasolható, ahol az öntözővíz felhasználása korlátozott. A talajnedvesség megőrzésére a talajfelszín-takarás és a gyökérnövekedést stimuláló szerek, mykorrhiza oltások kombinációja kedvező lehet az alacsonyabb humusztartalmú talajokon, az alföldi gyümölcsstermelésben. Az aszálykárok mérséklésére új lehetőséget jelentenek a biotechnológiai kutatások vívmányai; a növények aszály elleni védekezését fokozó készítmények, amelyek hazai kipróbálása kedvező lehet az intenzív almatermelésben.

BEVEZETÉS

A klímakutatók az éghajlatváltozás hatására bekövetkező korai és kései fagykárok, valamint az aszályos időszakok gyakoriságának növekedését jósolják. A hőmérséklet-alapú modellek az elmúlt 20–30 év adatai alapján a gyümölcsösökben a tavaszi rügy-

károsodás valószínűségének növekedését mutatják (Zavalloni et al., 2006), az időjárás generátor modell a klímaváltozás hatását vizsgálja (Semenov, 2006), a transzspirációs termésmoделlekkel az öntözés előrejelzése, a fajták vízhasznosításának mérése történik (Anderson et al., 1992; Bingham et al., 1992; Dai et al., 2004).

Szerbia keleti részén 2000-tól 10 évre visszamenőleg a trópusi meleg napok száma emelkedő trendet mutatott. A trópusi napokon a talaj hőmérséklete 4–5 °C-kal magasabb volt, mint a levegő hőmérséklete, a levegő relatív páratartalma 20% alá csökkent a délután folyamán. Szerbiában az aszályos évek a megtermelt almatermés mennyiségének 40,2%-os, a szilvatermés 36%-os csökkenését okozták, ami jelentős jövedelemkiesést eredményezett (Dodig et al., 2006). A klímaváltozás eredményeként a gyümölcsösökben a korai és kései fagy kártétele Olaszországban is jelentős volt. A csapadékhiány és a hőmérséklet-emelkedés következtében a talajvíz kimerülése várható, ami jelentős termés kiesést okoz Európában és az USA-ban egyaránt, tovább generalva a fagykárak előfordulásának gyakoriságát.

2003 óta egyre gyakoribb az aszályos évek előfordulása Magyarországon. Hazai felmérések szerint a gyümölcsfák vegetációs időszakában nagy gyakorisággal (40–43%) napi 1–5 mm csapadékmennyiség esik. A csapadékmennyiség több mint fele (53%) 5–20 mm közötti napi csapadékból származik, és kevés a 20 mm csapadék fölötti napok előfordulása (3–5%) (Soltész et al., 2006). A légköri szárazság súlyos vízellátottságot jelent a legtöbb hazai termesztésű növényfaj esetében. A légköri szárazság Lakatos et al. (2005) szerint azokon a napokon lép fel, amikor a hőmérséklet meghaladja a 25 °C-ot és a levegő nedvességtartalma 40% alá csökken. A szárazság nyomán fellépő aszálykárok számszerűsítése különféle aszályindexek segítségével történik (Palmer, 1965; Antal – Glantz, 1988; Lakatos et al., 2005). A szárazságmutató index, mint előrejelzés az aszálykár kivédésére akkor alkalmas, ha meghatározása a növények vízigényét, vízfelhasználását, lévén ezek genetikailag-meghatározott tulajdonságok, figyelembe veszi.

Az intenzív ültetvényekben, amelyek száma egyre nő a világon, a korlátozó faktor a víz. Ezért a felmelegedés és aszályos periódusok előfordulása miatt a kutatók fokozott figyelemmel kísérik a gyümölcsfák vízigé-

nyének felmérését, annak kielégítését. Világszerte növekvő vízhiány sürgeti a különböző technológiai megoldások, többek között a víztakarékos öntözési rendszerek kifejlesztését. Korábban az öntözés ütemezésére a talajnedvesség érzékelésén, a légköri hőmérséklet mérésén alapuló módszereket alkalmaztak, újabban a vízhiányra adott növényi válasz érzékenységén alapuló módszerek kifejlesztése történik (Jones, 2004).

GYÜMÖLCSFAJOK SZÁRAZSÁGTŰRÉSE

A nemesítési tevékenységekben fontos az alanyok szárazságtűrésének tesztelése. A szárazságtűrő alany a talaj időszakos vízhiányt kompenzálja, de az alany-oltvány kölcsönhatás befolyásolja a növekedés mértékét, a termés nagyságát és piaci minőségét. A gyümölcsfajtáknál a talajszárazsággal, illetve a légköri szárazsággal szembeni tolerancia elkülönülten léphet fel. A talajszárazságra érzékeny gyümölcsfajtáknál a talaj kiszáradásával jellemezhető aszály alatt a növényben ún. *statikus* szárazság lép fel (Lakatos, 1998), ami szárazságtűrő alany kiválasztásával mérsékelhető.

Az alanyok megválasztásával például az almafajták víz- és tápanyagfelvétele, növekedése, vízhasznosítása, a vízszállító tulajdonságok, lombkorona vízforgalma befolyásolható (Cohen – Naor, 2002; Li et al., 2002; Sharma – Chauhan, 2005). A sajme gyyalanyú fajták mélyre ható gyökérzete miatt jobb szárazságtűréssel rendelkeznek (Perry, 1987). A könnyű homoktalajokon a cseresznye- és meggyfajták számára a sajme gyyalany, míg a kötött, sekély talajokon a vadme gyyalany használata javasolt. Ószibarack esetében, mivel száraz és félszáraz körülmények alatt termelik a világon, szintén nagy jelentősége van a szárazságtűrő alany használatának. Szárazságtűrés szempontjából az alanyok közötti rangsorban első helyen a jó szárazságtűrő mandula van, ezt követik az ószibarackmagonc, végül a szil-

vaalanyok (Hrotkó, 2005). A szilvafajták leggyakrabban használt alanya a myrobalán, ami leginkább alkalmazkodik a szárazsághoz, ennek köszönhetően elterjedt az alföldi szilvatermelésben. A kajsi már jobban elviseli a szárazságot, mint a szilva, így a száraz alföldi területeken legfontosabb alanya a vadkajszimagonc.

A mélyen gyökerező, nagyobb koronájú fák az aszályos éveket jobban elviselik, mint az intenzív ültetvények kisebb méretű fái. Ez utóbbiaknál öntözés hiányában, átmeneti vagy tartós vízhiány alatt, korábban jelentkeznek a vízhiány tünetei. A kisméretű fák koronarészei jobb fényviszonyok közé kerülnek, a nagyobb fákhoz képest kevesebb az árnyékosabb rész, így a hőségnapokon intenzíven párologtatnak. Bár vannak előnyei a kisebb fákknak, mint pl. kisebb mennyiségű csapadék hatására is bekövetkezik az élettani folyamatok regenerálódása, vagy vízfelhasználást csökkentő technológiai elemek (nyári metszés, gyümölcsritkítás) elvégezhetőek, de összességében nagyobb mértékű gazdasági károk lépnek fel vízhiány következtében a kisebb faméretű ültetvényekben (Gonda, 2005).

A levegő páratartalmára igényes fajtákban, amikor a levegő víztartalma jelentősen lecsökken, az intenzív párologtatás miatt a levelek víztartalmának csökkenése felgyorsul, és *dinamikus vízhiánystressz* alakul ki (Lakatos, 1998). Ez a jelenség különösen körtefajtáknál figyelhető meg. A körte mélyre hatoló gyökérzete, a levelek sűrű érhálózata a szárazsághoz való alkalmazkodást az aktív vízfelvétellel és nem a víztartalékolással (sztómaműködés szabályozásával) biztosítja. A jó talaj-vízellátottság ellenére, tartósan magas légköri hőmérsékleten fajtától függően fokozódhat a transzspiráció, csökken a gyümölcs mérete (Göndörné, 2000). A klímaváltozás hatására a hazai körtetermelésben a páraigényes fajták visszaszorulása várható. A szárazságtűrő fajták ('Williams', 'Packam's Triumph', 'Bosc kobak') széles körű termelésével a termésbiztonság növelhető az alföldi termőtájon.

ASZÁLYKÁROK MÉRSÉKLÉSE GYÜMÖLCSÖSBEN

A vegetációs időszak kezdetén fellépő vízhiány, a talajnedvesség csökkenése a növények általános növekedését (a fák hossz- és vastagságbeli növekedését) csökkenti, gyengén fejlődik a levélzet, a virágzás kisebb mértékű lesz, és lehullnak a fiatal terméskezdemények. A vegetációs időszak második felében, a gyümölcs fejlődése alatt, az elégtelen vízellátás korai gyümölcserést, illetve gyümölcshullást eredményez, csökken a levelek asszimilációja, a tartalék tápanyagok felhalmozódása, zavarrtá válik a nyugalmi időre való felkészülés folyamata, ami növeli a következő évi gyagykárosodás esélyét.

Az aszálykárok kivédése már a telepítéskor, a megfelelő talajtípusú terület kiválasztásával kezdődik. Aszályban a talajélet aktivitása lelassul, lecsökken a mykorrhiza aktivitása, ezáltal a gyökerek számára felvehető nitrogén mennyisége. Vízhiányban az oldott tápanyagok is hiányoznak, a növények nem tudják hasznosítani, ennek következtében a levelek kisebbek és halványabbak, kanalasodó levéllemez, vékonyabb, gyengébb hajtások, rosszabbul színeződő gyümölcsök fejlődnek (Zatykó, 2003). Túl magas hőmérsékleten a levelek transzspirációja olyan nagymértékű, hogy a szállítószövetek még megfelelő vízkínálata sem képes a levelekben az utánpótlásra. Az ültetvények telepítésénél fontos, hogy a sorok iránya merőleges legyen az uralkodó szélirányra, ezáltal csökken a párologás mértéke, csökkentve a növények vízigényét. A fajta tulajdonságainak, vízhasznosításának, szárazságtűrő képességének is jelentős szerepe van az aszálykár kivédésében. A szárazságtűrő fajta kiválasztásával, továbbá a termőhely kedvező kiválasztásával és egyéb technológiai elemek alkalmazásával a károk további mérséklését érhetjük el (1. táblázat). Aszályos termőterületen kerülni kell a túlgyenge növekedésű alanyfajták használatát (Hrotkó, 1998). Ilyen területen a nagyobb

méretű fák fejlett gyökérzete az aszályt jobban elviseli (Zatykó, 2004).

A korábbi telepítéseknek köszönhetően a főbb hazai almatermő körzetek olyan területeken találhatóak, ahol az ariditási index 1,5, illetve 1,3–1,5 között fordul elő (Lakatos et al., 2005). Ezeken a területeken az aszály valószínűsége nagy, ezáltal nő a termelési kockázat. Az új intenzív ültetvények telepítésénél a talajadottság, az aszály előfordulásának valószínűsége, a fajta és az öntözési mód megválasztása befolyásolja a jövedelmzőséget. Európai és hazai trendek szerint a hazai almatermő területek többségét gyenge növekedésű (jellemzően M9 alany), sűrű térállású (3–4 m-es sortáv és 0,7–1,5 m-es tőtávolság), nagy hektáronkénti tőszámú (1500–5000 fa/ha), karcú orsó koronafarmájú „intenzív” ültetvények fogják kitenni. Hazai viszonylatban jelenleg egy hektár almaültetvényben a csepegtető öntözés beruházási költsége 0,5–1,5 millió Ft, a fenntartási költsége 10–20 ezer Ft/év. Az előzőek figyelembevételével a talajok víztartó képességének megőrzése, az öntözési technológiák víztakarékos és költségkímélő továbbfejlesztése az aszálykárok megelőzésében a védekezés fontos részét képezi.

Gyümölcsösök talajvízkészletének megőrzése

A gyümölcsösök vízegyensúlyát a talaj és a fák víztápusza együttesen határozza meg. A talaj nedvességtartalma, klimatikus tényezők befolyásolják a növény párologtatását, illetve hogy mennyi vizet használ fel a termésképzésére. Ha a talaj nedvességtartalma lassan változik, a transzspiráció mértékét a levelekben a sztóma-rezisztencia és az időjárás határozza meg.

A nap folyamán a sugárzás intenzitása, a talaj- és a növényhőmérséklet emelkedése következtében nő az evapotranszpiráció. A levegőhőmérséklet emelkedésével, mivel a páratartalom csökken, nő a növény nedveségigénye. Meleg, napos időben a levelek

sztómaikon keresztül történő párolgása következtében erős potenciál-gradiens alakul ki a gyökér és levélsztómák között, ami a vízmozgást elősegíti a fa gyökerén keresztül a fa csücsáchoz. A növény számára felhasználható víztartalom a talajban a hervadáspont közelében igen alacsony. A hervadáspontnál a növény ugyan nem szárad ki, de a termés mennyisége csökken. A cseresznyefa számára a gyökérrel kivonható felhasználható talajnedvesség $-0,1$ és $-1,5$ MPa közötti vízpotenciálnál van, amely megközelíti a szántóföldi víztartó kapacitást, illetve a tartós hervadáspontot (Webster – Looney, 2004). A talaj felszínének párologtatása különböző takarási módok alkalmazásával minimálisra csökken. Ebben az esetben a növény transzspirációját az időjárás tényezők (napsugárzás, hőmérséklet, szél stb.) befolyásolják. Gyümölcsösben a füves takarásos módszer alkalmazása a talajművelés, továbbá a környezeti hatások szempontjából kedvezőbb az ugaros művelésnél (Nagy – Kovács, 2005).

Leghatásosabb talajtakaró anyagok a szerves anyagok, mint a komposzt, fahulladék, fakéregdarabok, de ezen kívül különféle szövetanyagok is használhatók. A facsíktakarás javítja a talaj nedvességellátottságát, különösen hosszabb csapadéksegregény időszakot követően. Ez új telepítéseknél hozzájárul a talaj természetes vízkészletének megőrzéséhez, illetve elősegíti a fák növekedését (Inántszy – Balázs, 2004). Polipropilén szövettakarásnak kedvező hatása volt a cseresznyefák vigorára, elágazására (Núñez-Elisea et al., 2004). Az ilyen sortakarásban részesült fákon a levél sötétebb zöld, nagyobb nitrogéntartalmú volt, és nagyobb termést és gyümölcsméretet produkáltak, mint a sortakarás nélküli fák. A talaj-szövettakarás költségei a telepítés után 3 éven belül megtérülnek.

Öntözési technikák az aszály mérséklésére

A gyümölcstermelés sarkalatos problémája az évente eltérő csapadék mennyisége. A hazai csapadékeloszlás többéves felmérés

alapján a Nyugat-Dunántúlon kisebb (18,6%), a Kelet-Tiszántúlon nagyobb (24,9%) variabilitással fordult elő (Soltész et al., 2006). Az alma termésmennyisége ilyen körülmények között 25–60 t/ha között ingadozik (Kovács et al., 1999). Hazánkban több gyümölcsfajt öntözés nélkül nem lehet gazdaságosan termelni, ennek ellenére nagyon alacsony az öntözött gyümölcsösök aránya (Soltész et al., 2000). Az ültetvények vízgazdálkodásában sok probléma van. Kevésbé törődnek a lehullott csapadék megőrzésével, az egyre fogyó vízkészletek jobb kihasználásával. A gyümölcsösök hatékony vízgazdálkodása több, mint az öntözésre való áttérés, magában foglalja a talaj vízkészletének megőrzését, különösen humuszban szegény talajokon, a víztakarékos talajművelést, a víztakarékos öntözési technikák alkalmazását.

Öntözés ütemezése. A nagy termések eléréséhez az ültetvények talajvíztartalmát általában a szántóföldi vízkapacitás közelében kell tartani a növekedési szezonban, ami száraz időszakban nagymennyiségű öntözővizet igényel. Amennyiben a talajban lévő nedvességekészlet kisebb, mint a 75%-os minimális vízkapacitás-érték, a növényekben vízellátási zavarok keletkeznek. Az almástermésűek vízigénye nagyobb, mint a csonthéjasoké (Kusnyirenko, 1981). Valószínűleg ennek és a termelésben elfoglalt részarányuknak tulajdonítható, hogy az irodalomban számos tanulmány az almafajtákon vizsgálja a szárazságra adott válaszreakciókat.

Az öntözés előrejelzése egyre inkább a növényi stresszreakciók mérésén alapul, és a kijuttatandó vízmennyiség meghatározására transzspirációs termésmodelleket fejlesztettek ki. A fajta vízigényének megállapítása a fejlődési szakaszok figyelembevételével, a talajból a rendelkezésre álló, felvehető víz és a növényi reakciók nyomon követésével történik.

A gyümölcsfák vízfelhasználási hatékonyságát nagymértékben befolyásolja a fajta vízigénye, ami kortól, fejlődési szaka-

szoktól, meteorológiai tényezőktől (hőmérséklet, csapadék, sugárzás, szél stb.), illetve a talajból felvehető vízmennyiségtől függ.

A vízhiányra adott növényi válaszok, a kiválasztott élettani tulajdonságok figyelése több tanulmányban a szárazság jó indikátorának bizonyultak. Ezek a vizsgálatok elsősorban a növényi status állapotára (vízpotenciál, relatív víztartalom) és a kiválasztott élettani reakciókra, mint például a sztóma-reakció, fotoszintézis vagy ozmotikus egyensúly épülnek (Larsen et al., 1989; Poni et al., 1992; Wang – Sutte, 1992; Yoon, 1995; Atkinson et al., 2000; Pretorius – Wand, 2003). Az almafák vízhiányra adott biokémiai reakcióinak tanulmányozása eddig főleg a szénhidrátok vizsgálatára korlátozódott (Wang – Sutte, 1992; Wang et al., 1995, 1996), de mellette az abszcizinsav (Fernandez et al., 1997), más növényi hormonok szintjének változását (Zhu et al., 2004), a levelekben az illóanyag-kibocsátást is vizsgálták (Ebel et al., 1995). Jelenleg a szárazságstresszt aktív oxigénstresszként kezelik (Jia et al., 2003) és a szárazságra, vízhiányra adott választ antioxidatív reakcióként értelmezik (Šircelj et al., 2005, 2007). *A vízstresszre adott reakciók azon túlmenően, hogy a fajták tesztelésére alkalmasak, sikerrel használhatók a növények vízigényének megállapításában, az öntözés ütemezésében.*

A vízstressz értékét a növényi felszínhőmérséklet-adatok segítségével a víz-stressz-index (Idso et al., 1981; Erdem et al., 2005) határozza meg. A növény vízhiányát jelzi, ha a lomblevél hőmérséklete felülmúlja a levegő hőmérsékletét; alacsonyabb talajnedvesség és magasabb sugárzás nagyobb pozitív hőmérséklet-különbséget eredményez (Helyes et al., 2006). Infravörös termométer készülékkel mérhető a vízhiány mértéke, tervezhető az öntözés ütemezése a gyümölcsösben (Giuliani et al., 2001).

Gyümölcsfajok vízigénye. A fajták vízigényét termelési és ökológiai körülmények befolyásolják, ennek tulajdonítható, hogy meglehetősen változóak egyes gyümölcsfa-

jok vízigényére vonatkozó adatok (2. táblázat).

Csepegtető öntözési rendszert alkalmazva a gyümölcsfák kora, a talaj típusa fontos tényező a vízigény megállapításában. Amerikai kutatók (*Raspberry – Thomas, 2002*) szerint egyéves, kisméretű gyümölcsfa általában 4,5 liter vizet igényel naponta, de homokos talajon, magas hőmérséklet, erős szél és napsugárzás alatt ennek kétszerese a vízigénye. A korral nő a fa vízigénye, kétéves fa naponta 9 litert, hároméves fa 18 liter vizet igényel. A vízigény megállapításánál a fa által lefedett terület átmérőjét veszik számítási alapul, amely szerint egy 120 cm átmérő fölött legalább 70 liter a fa napi vízszükséglete.

Annak ellenére, hogy sok tanulmány foglalkozik az alma öntözésre adott reakciójával, a fajták tényleges vízfogyasztására vonatkozó ismeretek hiányosak. A fiatal fák fejlődéséhez nagyobb mennyiségű öntözővíz szükséges, mint amennyit a transzspirációs modellek megállapítanak. Fiatal almafák napi öntözővíz-szükséglete 35–40 liter/fa, termőfák vízigénye tág intervallum között mozog (2. táblázat). Valószínűleg a termőfáknál a fajták genetikai tulajdonságai is meghatározóak a vízfogyasztásban.

Rügyfakadáskor a sorok között füvesített cseresznyeültetvény a rendelkezésre álló vízmennyiség kb. 40%-át fogyasztja el, amennyiben referencianövényként és talajtakaró növényként lucernát használnak, szemben a tiszta kultúrával, ahol ez csak 20%. A vízfogyasztás nő virágzásig és gyümölcskötődésig, ami a referencia lucernanövényvel fedett takarással 105% és takarás nélkül 80%. A levelek öregedése miatt őszszel a vízfelhasználás lecsökken a referencianövény 40%-ára (*Black et al., 2007*). Figyelembe véve a fejlődési szakaszokat, fiatal cseresznyefák öntözővízigénye napi 18–54 liter, illetve 30–40 liter, termő cseresznyefa vízigénye ettől lényegesen nagyobb (2. táblázat).

Termő kajsziákat csepegtető öntözési rendszerrel öntözve és plasztik takarással

kombinálva, fele annyi öntözővíz-felhasználást eredményez, mint a felületi öntözés, és a fák öntözővízigénye is kevesebb, napi 24–28 liter/fa (*Singh et al., 2002*).

Öntözési technikák. A világon kihívást jelent, hogy a növekvő élelmiszer-termelés kevesebb víz felhasználásával valósuljon meg, különösen azokban az országokban, ahol korlátozottak a víz- és talajkészletek. Az Európában is gyakori aszályos időszakok előfordulása, az egyre fogyó talajvízkészletek szükségessé teszik a víztakarékos technológiai megoldások alkalmazását.

A gyökérszónában a vízmozgást a gyökérfelületen keresztül történő vízfelvétel uralja. *Green et al. (2003)* modellkísérlete alapján a gyakrabban, kis adaggal öntözés kevesebb vízátfolyást eredményez a gyökérszónán keresztül. Az ilyen öntözési stratégia hatékonyabbá teszi a vízhasználatot, minimalizálva a kimosódási veszteséget.

A gyümölcsösökben elterjedt a *felületi csepegtető öntözés*, ami csökkenti az öntözés párolgási veszteségét, javítja a növények vízfelhasználási hatékonyságát (Water Use Efficiency=WUE). Egy jól tervezett mikroszórófejes vagy csepegtető öntözési rendszer hatékonysága 70–90%-os lehet. *Hrotkó (2003)* elsősorban mikroszórófejes öntözést javasol a meggyültetvényekben azzal a kitételrel, hogy a szórófejek ne a fák tövébe, hanem a fák közé kerüljenek. A gyümölcsösökben telepített csepegtető öntözési rendszer a vízpótlással egyidejűleg a szükséges tápanyag-utánpótlást is elvégzi. A csepegtető öntözési rendszer hátránya, hogy a gyökér területének kicsi részén (10–20%) nedvesíti be a talajt, így a fák sekélyebb gyökérrendszere kevésbé bírja a szárazságot. A csepegtető öntözés folyamatos üzemeltetése, bár kis vízintenzitással működik, a vízkészlettel pazarló (*Soltész et al., 2006*), és hatástalan a légaszályllyal szemben (*Nagy – Kovács, 2005*). USA, Kína, Ausztrália, Új-Zéland kutatócsoportjai olyan víztakarékos öntözési technológiák kifejlesztésén dolgoznak, amelyek a növények vízigényének kielégítésével a termőképességet is fenntartják.

A hagyományos csepegtető öntözés hátrányait kűszöböli ki az emitterek ki-be kapcsolásával működő ún. szabályozott vízhiányos öntözési technika (*Regulated Deficit Irrigation*= RDI), ami kedvező a szőlő növekedésére, ásványi tápanyagára, termésére, gyümölcsminőségére. Ez a módszer hatékonyan bizonyult őszibarack-, körteültetvényekben is (*Goodwin – Boland, 2002*). Nagy állománysűrűségű, intenzív gyümölcsösökben a vegetatív vigor ellenőrzésének javítására kifejlesztett RDI öntözési technika optimalizálja a gyümölcsméretet, a gyümölcs termékenyülését és a minőséget. Ezt a technikát rendszerint lassú gyümölcsfejlődés alatt alkalmazzák, amikor a hajtásnövekedés gyors, de korai érésű fajtáknál a betakarítás után is alkalmazható. Ausztráliában az RDI öntözési technika mintegy 60%-kal növelte az őszibarack és körte vízfelhasználási hatékonyságát (WUE), ami nagymértékben a transzspiráció csökkenésének tulajdonítható (*Boland et al., 1993; Goodwin – Boland, 2002*).

Az RDI öntözési technika széles körű alkalmazása más környezeti feltételekre és gyümölcsfajokra a gyakorlatban több tervezési lépés fejlesztését, magas szakképzettséget igényel. Mélni kell a gyümölcs növekedését annak megállapítására, hogy mikor kell alkalmazni az RDI öntözési rendszert. További lépés egy öntözési terv készítése az öntözés futamidejének és intervallumának megállapítására, ami a talajtípus, gyökérelszolás, nedvesítési minta és átlag napi vízfogyasztáson alapul. A talajnedvesség-érzékelők elhelyezésével rögtön az öntözést követően mérni kell a talaj nedvességtartalmát. Végül US Class A edénnyel az evaporáció mérése, vagy referencianövény evaporációjának kiszámítása szükséges az öntözési időközök meghatározásához, a későbbi évek öntözésének ütemezéséhez.

Almánál a vízhiányos csepegtető öntözési (RDI) technika csökkenti az alma gyümölcsméretét, így csak kiegészítő öntözésként alkalmazzák. Az RDI öntözési technikával 6 megaliter/ha szükséges egy közép-

érésű, például a 'Red Delicious' fajtának és 7 megaliter/ha a késői érésű alma ('Granny Smith' vagy 'Pink Lady') és körte ('Packham's Triumph') fajtáknak. Korai tenyészidejű csonthéjasok számára csak betakarítás után ajánlott ez a víztakarékos öntözési mód. Középidőben és későn érő csonthéjasoknál az RDI vízstressz-stratégia az alkalmazott víz 50%-át is megtakaríthatja, miközben a levél- és hajtásnövekedést csökkenti, de nem befolyásolja a végső gyümölcsméretet. A középérésű és későn érő őszibarackfajtáknak 2, illetve 3 megaliter/ha víz kijuttatása szükséges a gyümölcskitöltődési stádium utolsó 6–8 hete alatt.

A szabályozott vízhiányos öntözési technika (RDI) további fejlesztése a *részleges gyökérszóna öntözés* (*Partial Rootzone Drying*=PRD), ami ígéretes új öntözési technikai gyakorlat a gyümölcsfákban a stressztolerancia fokozására. A PRD öntözés váltakozva, a fa mindkét oldalán futó, egymástól független szeleppel rendelkező öntözőcsövön keresztül történik. Egy hétig az egyik csövön, a fa egyik oldalán, a második héten a fa másik oldalán lévő csövön történik az öntözővíz kijuttatása (*Núñez-Elisea et al., 2004*). A gyökérszóna szakaszos vízellátása azon túlmenően, hogy csökkenti a tényleges öntözővíz-felhasználást, a növények napi vízfogyasztását is mérsékli. Ez utóbbi annak köszönhető, hogy amikor a gyökér szárazságot érzékel, biokémiai jelet küld a sztómák felé, így azok záródnak, csökkentve a növény vízvesztését. Az öntözőrendszer bekapcsolásával, a gyökérvízellátás hatására a küldött jel a sztómák nyitását eredményezi.

A részleges gyökérszóna öntözést (PRD) elsősorban almára fejlesztették ki, mivel a szabályozott vízhiányos öntözés (RDI), előnyei ellenére, nem volt kedvező az alma gyümölcsméretére. A PRD öntözési módszerrel, különböző talajvízszinteken alkalmazva, nyomon követhető az almafajták vízfelvételének intenzitása és hatása az aszsimiláció és transzspiráció intenzitására (*Tartachnyk – Blanke, 2001; Einhorn –*

Caspari, 2004; Casparie et al., 2004a; O'Connell – Goodwin, 2004; Tanasescu – Paltineanu, 2004). Ez a módszer az alma-gyümölcs méretében vagy termésmennyiségében csökkenést nem okoz, továbbá jelentős víztakarékossághoz vezet (Caspari et al., 2004).

A PRD csepegtető öntözési mód 22%-os öntözővíz-takarékosságot ért el őszibaracknál (Girona et al., 2003) és hasonló kedvező eredménye volt cseresznye- és meggyültetvényekben (Núñez-Elisea et al., 2004; Isberie et al., 2004).

Körteültetvényekben a részleges gyökérszóna öntözés hatékonyságáról a vélemények ellentmondóak. A körtetermés mennyiségére, gyümölcsméretére nem volt hatással a PRD csepegtető öntözési technika, és a fa víztáustszát is igen kis mértékben befolyásolta (Loveys et al., 2003). A legújabb kísérletek szerint (O'Connell – Goodwin, 2007) a deficit PRD öntözésgazdálkodás mikro-öntözött körteültetvényekben, finom szerkezetű talajon fokozta a gyümölcshullás mértékét, továbbá csökkentette a gyümölcs méretét, és így nem felelt meg a kereskedelmi igényeknek. Mások ezzel az öntözési módszerrel 23–52%-kal kevesebb öntözővíz felhasználásáról számoltak be körte esetében (Kang et al., 2003; Kang – Zhang, 2004). Az eddigi ismeretek azt igazolják, hogy ez a mód felülvizsgálatra szorul a körte termelésében. *Hazai kipróbálásra ez az öntözési mód olyan területekre javasolható, ahol korlátozottan áll az öntözővíz a termelők rendelkezésére. További lehetőségek a módszer adaptálására a nemesítésben, a nagy vízigényű gyümölcsfajoknál (alma, körte) a fajták stressztoleranciájának tesztelésben van.*

Újabb fejlesztési irány a mély gyökérszóna öntözése. A gyökér stimulálása csepegtető öntözőrendszer segítségével, a talajba (kb. 20 cm mélyen) vezetett tűk használatával történik, amit „mélygyökér adagolónak” is neveznek. A vizet és a tápanyagot a tűkön keresztül juttatják le a gyökér mélységébe. Ez a módszer kombinálható szárazságvédő, aszálytűrést fokozó anyagok hozzáadásával.

Aszálytűrést fokozó készítmények alkalmazása

A fagyűrő képesség és aszálytűró képesség a növényekben hasonló biokémiai mechanizmusokon keresztül realizálódik. Annak ellenére, hogy a fagyűrés fokozására, illetve a fagykárak kivédésére lényegesen több készítmény áll a termelők rendelkezésére, mint az aszálykárok kivédésére, ezek hatékonysága és gazdaságossága vitatható. Az utóbbi időben a biotechnológia fejlődésével lehetőség nyílt olyan készítmények kifejlesztésére, amelyek az aszálykárok mérséklését célozták meg. Az ilyen szerek kifejlesztése két irányban történik: az egyik célpont a gyökérnövekedés serkentése, a másik a levelek transzspirációjának csökkentése.

A talajban lévő, a gyökérrel szimbiotikus kapcsolatot létrehozó mycorrhiza gombák a gyökér tápanyagfelvételét gyorsítva kedvező hatással vannak a gazdanövény asszimilációjára. Kifejlesztették a MycorrhizaTM és YuccahTM készítményeket, amelyek a gyökérszónába juttatva hatásosak a szárazság kivédésében. A Mycorrhiza hatása azon alapul, hogy a gombakeverék a talajban segíti a gyökér növekedését, másodlagos gyökérrendszerül szolgál a gazdanövény számára, és különösen vízhiányban segíti a tápanyag jó hasznosulását. A *Yucca schidigera* növényből származó Yuccah védjegyzett készítmény a száraz talajt nedvesítő szer, ami segíti a vízvisszatartást a talajban és a gyökérrendszerben, továbbá serkenti a jótékony hatású talajmikrobák aktivitását. A talajnedvesség megőrzésére legjobb hatásfokú a gyümölcsös talajfelszínének takarása és a gyökérnövekedést stimuláló szerek kombinált alkalmazása lehet.

A gyökér vízvezető képességének szabályozására növekedésgátlók talajba és levélre juttatásával végzett kísérletek eredményei ma még kezdetlegesek (Bonomo et al., 1989; Sankhla et al., 1989; Marshall et al., 2000; Zhu et al., 2004). A paklobutrazol, a gibberellin-szintézis inhibitora gátolta az

ágak megnyúlását és mélyítette a levélzet zöld színét, ugyanakkor csökkentette a 'Sivatagi alma' fajtában a rendkívül magas nedvesség- és hőstressz okozta gyümölcsrepedést (Sankhla et al., 1989). Talajra alkalmazva a paklobutrazol csökkentette a cseresznye gyümölcsrepedését és növelte a következő évben a gyümölcs méretét (Belmans, 1989).

A levélfelületre kijuttatott készítmények a transzspiráció csökkentésére, a vízvisszatartásra szolgálnak. Különböző vegyületeknek – mint az abszcizinsav (ABA), jázmonsav, szalicilsav, metilált aminosavak, cukoralkoholok – kedvező hatása van a szárazságra adott védekező reakció serkentésére, de eddig a gyakorlatban még nem terjedtek el. Alkalmazásukat az anyagköltség és határfok jelentősen befolyásolja. Az ABA serkenti a körtelevekben a betain képződését, ami hozzájárul a szárazság kivédéséhez (Gao et al., 2004, 2004/a), de az ABA-szintetizálás általános mezőgazdasági használatra túl költséges.

Kedvezőnek tűnik az Eden Bioscience által kifejlesztett Messenger^{STS} védjegyzett készítmény. Harpin EA aktív hatóanyaga élettani és biokémiai reakciók sorozatán keresztül segíti a növény aszály elleni védekező reakcióját. A növények levelére permetlé formában kijuttatva nemcsak az aszály

ellen, de bizonyos rovarkártevők ellen is védelmet nyújt. Széles spektrumú hatása miatt az Eden Bioscience „*Technical Bulletinjében*” (2006) javasolja a zöldség-, gyümölcs-kultúrákra, dísznövényekre. Messenger^{STS} készítmény engedélyezett almára, de hazai kipróbálása javasolható körte-, cseresznyefajtákra.

A hazai gyümölcsstermelők csepegtető öntözésre vannak berendezkedve, amelynek a beruházási és fenntartási költségei jelentősek. Ennek megtérülési ideje lerövidül, valamint az aszálykárak mérséklése elérhető

– az ültetvények telepítésénél az alacsony vízigényű, vizet jól hasznosító, a kereskedelmi igényeknek megfelelő gyümölcsméretet adó fajták használatával;

– a talajnedvesség megőrzésére a gyümölcsös talajfelszínének takarása és a gyökérnövekedést stimuláló szerek, mykorrhiza oltások kombinációjának alkalmazásával;

– víztakarékos öntözési technikák (szabályozott vízhiányos és részleges gyökérszóna öntözés) hazai adaptációjával, különösen, ha korlátozott a rendelkezésre álló öntözővíz mennyisége.

További lehetőségek a víztakarékos öntözési technikák adaptálására a nemesítésben, a nagy vízigényű gyümölcsfajoknál (alma, körte) a fajták stressztoleranciájának tesztelésében van.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) ANDERSON, J. L., BINGHAM, G. E., HILL, R. W. (1992): Effects of permanent cover crop competition on sour cherry tree evapotranspiration, growth and productivity. *Act. Hort.* 313: 135–142.
- (2) ANTAL, E. – GLANTZ, M. H. (1988): Identifying and coping with extreme meteorological events. Published by the Hungarian Meteorological Service, Budapest (3) ATKINSON, C. J., POLICARPO, M., WEBSTER, A. D., KINGSWELL, G. (2000): Drought tolerance of clonal *Malus* determined from measurements of stomatal conductance and leaf potential. *Tree Physiol.* 20: 557–563. (4) BINGHAM, G. E., ANDERSON, J. L., HILL, R. W. (1992): Irrigation control and yield of sour cherries from real time weather information. *Acta Hort.* 313: 125–134. (5) BELMANS, K. (1989): Study of growth, yield and fruit quality of sweet cherry, cv. Hedelfinger R. after soil application of paclobutrazol. *Acta Hort.* 239: 443–446. (6) BLACK, B., HILL, R., CARDON, G. (2007): Orchard irrigation: Cherry. In: *Horticulture*. Utah State University, Cooperative Extension 2007–03pr. (7) BOLAND, A.-M., MITCHELL, P. D., JERIE, P. H., GOODWIN, I. (1993): The effect of regulated deficit irrigation on tree water use and growth of peach. *J. Hort. Sci.* 68: 261–274. (8) BOLAND, A.-M., CORRIE, J., BEWSELL, D., JERIE, P. (2001): Development of benchmarks and best management practices (BMPs) for perennial horticulture. Final Report. Murray

- Darling Basin Commission, SI & EProject I7044. (9) BONOMO, R., NERI, D., SANSAVINI, S. (1989): Dry matter and nutrient partitioning, seasonal water consumption and gas-exchange of paclobutrazol growth-controlled apple trees. *Acta Hort.* 239: 159–166. (10) CASPARI, H. W., EINHORN, T. C., LEIB, PRESTON, K. ANDREWS, B. G., REDULLA, C. A., LOMBARDINI, L., AUVIL T., AND MCFERSON, J. R. (2004): Progress in the development of partial rootzone drying of apple trees. *Acta Hort.* 664: 125–132. (11) CASPARI, H. W., NEAL, S., ALSPACH, P. (2004/a): Partial rootzone drying-A new deficit irrigation strategy for apple? *Acta Hort.* 646, 93–100. (12) COHEN, S. AND NAOR, A. (2002): The effect of three rootstocks on water use, canopy conductance and hydraulic parameters of apple trees and predicting canopy from hydraulic conductance. *Plant Cell and Environment* 25: 17–28. (13) DAI, Y., DICKINSON, R. E., AND WANG, Y. P. (2004): A two-big leaf model for canopy temperature, photosynthesis, and stomatal conductance. *J. Climate* 17 (12): 2281. (14) DODIG, D., SPASOV, P., MILETIĆ, R. (2006): The occurrence of drought and its effects on plant production in Eastern Serbia. *Acta Agric. Serbica* Vol. XI, (21): 45–51. (15) DRAGONI, D., LAKSO, A. N., AND PICCIONI, R. M. (2004): Transpiration of an apple orchard in a cool humid climate: Measurement and Modeling. *Acta Hort.* 664: 175–180. (16) EBEL, R. C., MATTHEIS, J. P., BUCHANAN, D.A. (1995): Drought stress of apple trees leaf emissions of volatile compounds. *Physiol. Plant.* 93: 709–712. (17) EDEN BIOSCIENCE CORPORATION TECHNICAL BULLETIN (2006): Messenger ® Technical Bulletin for Home Gardeners. <http://www.edenbio.com/garden/index> (18) EINHORN, T. & CASPARI, H.W. (2004): Partial rootzone drying and deficit irrigation of 'Gala' apples in a semi-arid climate. *Acta Hort.* 664: 197–204. (19) ERDEM, Y., ERDEM, T., ORTA, A.H., OKURSOY, H. (2005): Irrigation scheduling for watermelon with crop water stress index (CWSI). *J. Centr. European Agric.* (online) Vol 6. No 4. 449–460. (20) FERNANDEZ, R. T., PERRY, R. L., FLORE, J. A. (1997): Drought response of young apple trees on three rootstocks. II. Gas exchange, chlorophyll fluorescence, water relations, and leaf abscisic acid. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 122: 841–848. (21) GEISEL, M. P., UNRUH, L. C., VOSSEN, P. (2002): Cherries: Calendar of Operations for Home Gardeners. ANR University of California Agriculture and Natural Resources Publication 7260 (22) GAO, X. P., PAN, Q. H., LI, M. J., ZHANG, L. Y., WANG, X. F., SHEN, Y. Y., LU, Y. F., CHEN, S. W., LIANG, Z., ZHANG, D. P. (2004): Abscisic acid is involved in the water stress-induced betaine accumulation in pear leaves. *Plant Cell Physiol.* 45 (6): 742–750. (23) GAO, X. P., YAN, J. Y., LIU, E. K., SHEN, Y. Y., LU, Y. F., ZHANG, D.P. (2004/a): Water stress induces in pear leaves the rise of betaine level that is associated with drought tolerance in pear. *J. Hort. Sci. Biotech.* 79 (1): 114–118. (24) GIRONA, J. MATA, M., ARBONÉS, A., ALEGRE, S., RUFAT, J., MARSAL, J. (2003): Peach tree response to single and combined regulated deficit irrigation regimes under shallow soils. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128 (3): 432–440. (25) GIULIANI, R., MAGNANI, E., FLORE, J. A. (2001): Potential use of infrared thermometry for the detection of water deficit in apple and peach orchards. *Acta Hort.* 557: 399–405. (26) GONDA, I. (2005): A klímaváltozás, valamint a gyümölcsművelési rendszerek és a termesztéstechnológiák termékbiztonsági összefüggései. „Agro-21” Füzetek 39: 3–24 (27) GOODWIN, I. – BOLAND, A-M. (2002): Scheduling deficit irrigation of fruit trees for optimizing water use efficiency. *In: Water Reports* 22. Deficit irrigation practices, FAO 2002 (28) GÖNDÖR J.-NÉ (2000): Körté. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. (29) GREEN, S. R., VOGELER, I., CLOTHIER, B. E., MILLS, T. M., AND C.VAN DEN DIJSEL (2003): Modeling water uptake by a mature apple tree. *Austr. J. Soil Res.* 41 (3): 365–380. (30) HELYES, L., PÉK, Z., MCMICHAEL, B. (2006): Relationship between the stress degree day index and biomass production and the effect and timing of irrigation in snap bean (*Phaseolus vulgaris* var. Nanus) stands: results of a longterm experiments. *Acta Bot. Hung.* 48: 311–321. (31) HROTKÓ, K. (1998): A gyümölcsfalonyok szerepe a szárazságtűrésben és az aszályos környezetben való alkalmazkodásban. *In: Nyíri. L. (szerk.): Az aszálykárak mérséklése a kertészetben. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 30–44.* (32) HROTKÓ K. (2003): Cseresznye és meggy. Mezőgazda Kiadó, Budapest. (33) HROTKÓ K. (2005): A klímátényezőkhoz való alkalmazkodás lehetőségei a gyümölcsfaalany-használatban. „Agro-21” Füzetek 39: 24–34. (34) IDSO, S. B., JACKSON, R. D., PINTER, P. J., REGINATO, R. J., HATFIELD, J. L. (1981): Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. *Agr. Met.* 24: 45–55. (35) INÁNTSY F. – BALÁZS K. (2004): Integrált termesztés, Meggy, cseresznye. Agroinform Kiadó, Budapest. (36) ISBERIE, C., VALANCOGNE, C., CABIBEL, B., PACO, T.A. (2004): Using information from sap flow measurements to improve soil adaptability to drip irrigation in

orchards. *Acta Hort.* 664: 333–340. (37) JIA, H. S., HAN, Y. Q., LI, D. Q. (2003): Photoinhibition and active oxygen species production in detached apple leaves during dehydration. *Photosynthetica* 41: 151–156. (38) JONES, H. G. (2004): Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *J. Exp. Bot.* 55: 2427–2436. (39) KANG, S., HU, X., JERIE, P., ZHANG, J. (2003): The effects of partial rootzone drying on root, trunk sap flow and water balance in an irrigated pear (*Pyrus communis* L.) orchard. *J. Hydrology*. 280 (1–4): 192–206. (40) KANG, S. – ZHANG, I. (2004): Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *J. Exp. Botany* 55 (407): 2437–2446. (41) KOVÁCS, J., NYÉKI, J., SZABÓ, Z., LIGETVÁRI, F., SOLTÉSZ, M. (1999): The necessity and possibilities of irrigation in fruit growing under conditions of Hungary. *Int. J. Hort. Sci. V.* (3–4): 93–94. (42) KUSNYIRENKO, M. D. (1981): Gyümölcsfák vízforgalmának és szárazságtűrésének élettana Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. (43) LAKATOS, L., KARÁCSONYI, Z., RACSKÓ, J., ZHONG-FU, S., YINGCHUN, W. (2005): A légköri szárazság hatásának vizsgálata a különböző kertészeti és szántóföldi növényfajok termésmennyiségének változására. *Agrártud. Közl.* 18: 40–45. (44) LAKATOS, T. (1998): A gyümölcstermő növények vízforgalma, vízigénye és befolyásoló tényezői. *In:* Nyíri L. (szerk.): Az aszálykárak mérséklése a kertészetben. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 18–27. (45) LARSEN, F. E., HIGGINS, S. S., WIR, A. AL. (1989): Diurnal water relations of apple, apricot, grape, olive and peach in an arid environment (Jordan). *Sci. Hort.* 39: 211–222. (46) LI, F., CHOHEN, S., NAOR, A., SHAOZONG, K., EREZ, A. (2002): Studies of canopy structure and water use of apple trees on three rootstocks. *Agric. Water Management* 55: 1–14. (47) LOVEYS, B., DRY, P., HUTTON, R., JERIE, P. (2003): Improving the water use efficiency of horticultural crops. Final Report. National Program for irrigation Research and Development (NPIRD) Project CDH2. (48) MARSHALL, J. G., RUTLEDGE, R. G., BLUMWOLD, E., DUMPROFF, E. B. (2000): Reduction in turgid water volume in jack pine, white spruce and black spruce in response to drought and paclobutrazol. *Tree Physiol.* 20: 701–707. (49) NAGY, J. – KOVÁCS, J. (2005): Az öntözéses mezőgazdaság klímabefolyásoló hatása. „Agro-21” Füzetek 39: 1–12. (50) NÚÑEZ-ELISEA, R., WHITING, M., SEAVERT, C., YIN, X., BAI, J., FACTEAU, T., SCHREINER, P., ROUX, J. (2004): Tree water use, irrigation scheduling and water management systems in sweet cherry. Research report for 2004 project: OSCC-3. Mid-columbia Agricultural Research and Extension Center Oregon State University (51) O’CONNELL, M. G., – GOODWIN, I (2004): Pear water relations under partial rootzone drying. *Acta Hort.* 664: 453–459. (52) O’CONNELL, M. G., – GOODWIN, I (2007): Water stress and reduced fruit size in micro-irrigated pear trees under deficit partial rootzone drying. *Aust. J. Agric. Res.* 58 (7): 670–679. (53) PERRY, R. L. (1987): Cherry rootstocks. *In:* Rom. R. C. and Carlson, R. F.: *Rootstocks for Fruit Crops.* John Wiley & Sons, New York. 217–264. (54) PALMER, W.C. (1965): Meteorological drought. US Weather Bureau, Res. Paper No. 45, Washington DC 45–55. (55) PONI, S., TAGLIAVINI, M., NERI, D., SCUDELLARI, D., TOSELLI, M. (1992): Influence of root pruning and water stress on growth and physiological factors of potted apple, grape, peach and pear trees. *Sci. Hort.* 52: 223–236. (56) PRETORIUS, J. J. B., WAND, S. J. E. (2003): Late-season stomatal sensitivity to microclimate is influenced by sink strength and soil moisture stress in 'Braestar' apple trees in South Africa. *Sci Hort.* 98: 157–171. (57) RASBERRY, F., THOMAS, J.G. (2002): IS1449 Fruit and Nut Review: Fertilizing and Irrigation. MSUCares, Mississippi State Univ. Extension Service, Information Sheet, 1449. <http://msucare.com/pubs/infosheets/is1449.htm> (58) RZEKANOWSKI, CZ., – ROLBIECKI, ST. (2000): The influence of drip irrigation on yields of some cultivars of stone fruit-bearing trees in central Poland under different rainfall conditions during the vegetation season. *Act. Hort.* 537: 937–942. (59) SANKHLA, N., SANKHLA, D., UPADHYAYA, A., TIM D. DAVIS (1989): Amelioration of drought and high temperature injury in fruits of Ber by paclobutrazol. *Acta Hort.* 239: 197–202. (60) SEMENOV, M. A. (2006): Using weather generators in crop modelling. *Acta Hort.* 707: 93–100. (61) SHARMA, D. D., & CHAUHAN, J. S. (2005): Effect of different rootstocks on root distribution of apple. *Acta Hort.* 696: 167–171. (62) SINGH, R., BHANDARI, A. R., THAKER, B.C. (2002): Effect of drip irrigation regimes and plastic mulch on fruit growth and yield of apricot (*Prunus armeniaca*) *Indian J. Agric. Sci.* 72 (6): 355–357. (63) ŠIRCELJ, H., TAUSZ, M., GRILL, D., BATIĆ, F. (2005): Biochemical responses in leaves of two apple tree cultivars subjected to processing drought. *J. Plant Physiol.* 162: 1218–1308. (64) ŠIRCELJ, H., GRILL, D., BATIĆ, F. (2007): Detecting different levels of drought stress in apple trees (*Malus domestica* Borkh.) with selected biochemical and physiological parameters. *Sci. Hort.* 113 (4):

362–369. (65) SOLTÉSZ, M., NYÉKI, J., PAPP, J., HUNYADI, M., SZABÓ, Z. (2000): A gyümölcsstermesztés korszerűsítésének feladatai. *Int. J. Hort. Sci.* 6 (2): 29–44. (66) SOLTÉSZ, M., NYÉKI, J., SZABÓ, Z., LAKATOS, L., RACSKÓ, J., HOLB, I., THURZÓ, S. (2006): Az éghajlat- és időjárás-változás alkalmazkodási stratégiája a gyümölcsstermesztésben. *In: Csete, L., NYÉKI, J. (szerk.) Klímaváltozás és a Magyarországi kertgazdaság*, Budapest, 11–95. (67) TANASESCU, N., and PALTINEANU, C. R. (2004): Fruit yield and tree growth for various irrigation methods at Pitestimaracineni in the 'Golden Delicious' apple cultivars. *Acta Hort.* 664: 639–645. (68) TARTACHNYK, I., & BLANKE, M. M. (2001): Environmental effects on apple tree physiology. *Acta Hort.* 557: 465–472. (69) TÓTH, Á. (1995): Az esőszerű és a mikroöntözés gyakorlata. Nádudvar, KITE Rt. (70) WANG, Z., SUTTE, G. W. (1992): The role of carbohydrates in active osmotic adjustment in apple under water stress. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 117: 816–823. (71) WANG, Z., QUEBEDAUX, B., SUTTE, G.W. (1995): Osmotic adjustment: effect of water stress on carbohydrates in leaves, stems and roots of apple. *Aust. J. Plant. Physiol.* 22: 747–754. (72) WANG, Z., QUEBEDAUX, B., SUTTE, G. W. (1996): Partitioning of ¹⁴C-glucose into sorbitol and other carbohydrates in apple under water stress. *Aust. J. Plant. Physiol.* 23: 245–251. (73) WEBSTER, A. D., LOONEY, N.E. (2004): Water relation of Cherries *In: Cherries: Crop Physiology Production and Uses* 251–257. (74) YOON, T.M. (1995): Effects of water stress on water relation parameters and stomatal conductance of 'Fuji' apple trees. *Gartenbauwissenschaft* 60: 16–21. (75) ZATYKÓ I. (2003): Az alma aszályérzékenységének tényezői. *Kertgazdaság* 35 (1): 33–39. (76) ZATYKÓ I. (2004): Az alma aszályérzékenységének tesztelése a levélhőmérséklet mérésével. "Kutatási nap Újfehértón" c. Szakmai rendezvény. ÜgyKSz Kht., Újfehértó, Előadás összefoglalók (77) ZAVALLONI, C., ANDERSON, J. A., WINKLER, J. A., BLACK, J. R., BEEDY, T. L., FLORE, J. A. (2006): The Pileus Project: Climatic impacts on sour cherry production in the Great lakes Region in past and projected future time frames. *Act. Hort.* 707: 101–108 (78) ZHU, L. H., VAN DE PEPPEL, A., LI, X-Y., WELANDER, M. (2004): Changes of leaf water potential and endogenous cytokinins in young apple trees treated with or without paclobutrazol under drought conditions. *Sci. Hort.* 99: 133–141.

1. táblázat

Lehetőségek aszálykárok mérséklésére gyümölcsösökben

Lehetőségek	Nemesítés	Termesztés
1. Fajtamegválasztás	– Szárazságtűrő alanyok használata	Szárazságtűrő fajták termelése
	– Légaszály-tolerancia növe- lése	Növekedési típus, koronafor- mák kialakítása
2. Termőhely kiválasztása		Talaj-, klímaadottságok, tenyészterület megválasztása, szárazságindex figyelembe vétele
3. Agrotechnikai megoldások		
– talajművelési		Víztakarékos talajművelés, talajtakarási módok alkalmazá- sa
– tápanyag-gazdálkodási		
– öntözési	Alacsony vízigényű, jó vízhasznosítású fajták sze- lekciója	Víztakarékos öntözési rendsze- rek alkalmazása, kifejlesztése
4. Aszálytűrést fokozó készit- mények alkalmazása		Gyökérnövekedés stimulálása, levélpermetzterek alkalmazása

2. táblázat

Gyümölcsfajok vízigénye

Faj	Fiatal fa	Víz mennyiség	Termő fa	Víz mennyiség	Forrás
Alma	35–40	liter/nap			Dragoni et al., 2004
			70	liter/nap	Green et al., 2003
			25–180	liter/nap	Tóth, 1995
Körte			2,5	ML/ha	O'Connell – Goodwin, 2004
			6,0	ML/ha	Boland et al., 2001
			2,8	ML/ha	Loveys et al., 2003
Cseresznye	18–54	liter/nap			Geisel et al., 2002
	30–40	liter/nap			Hrotkó, 2003
			200	liter/nap	Geisel et al., 2002
			130	liter/nap	Isberie et al., 2004
Meggy			15–30	liter/nap	Hrotkó, 1998
			24–32	liter/nap	Rzekanowski – Rolbiecki, 2000
Oszibarack			56	liter/nap	Isberie et al., 2004
			30–150	liter/nap	Tóth, 1995
Kajsziarack			24–28	liter/nap	Singh et al., 2002
			25–180	liter/nap	Tóth, 1995

BIOKLIMATIKUS HIDEGIGÉNY-MODELL AZ ALMA VIRÁGZÁSKEZDET IDŐPONTJÁNAK BECSLÉSÉRE

LAKATOS LÁSZLÓ – SZABÓ TIBOR – RACSKÓ JÓZSEF – SZABÓ ZOLTÁN –
SOLTÉSZ MIKLÓS – NYÉKI JÓZSEF

Kulcsszavak: bioklimatikus modell, virágzáskezdet, hőmérséklet.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Jelen tanulmányban arra vállalkoztunk, hogy bemutassuk az általunk kidolgozott módszert, melynek segítségével becsülhető a virágzáskezdet időpontja különböző virágzáskezdetű és érés csoportú almafajták esetében. A módszer kidolgozásához felhasználtuk az egyéb szerzők által korábban kidolgozott modellek eredményeit. Minden eddig kidolgozott modellel számításokat végeztünk a virágzáskezdet időpontjára vonatkozóan. Az eredmények azt mutatták, hogy a Hutchins-módszer, valamint a North-Carolina-modell legalkalmasabb a virágzáskezdet becslésére, de ezek esetében is a hiba mértéke elérte az öt-hét napot. Így kijelenthetjük, hogy ezek a módszerek hazánkban kevésbé alkalmasak arra, hogy a fenológiai fázisok kezdeti időpontjait becsüljük. Így arra az eredményre jutottunk, hogy ötvöznünk kellene a nemzetközileg is használatos modellek előnyös vonásait annak érdekében, hogy egy új, hazai termőhelyen is használható modellt alkalmazzanak az alma virágzáskezdetének számítására.

Az összefüggés-vizsgálatok eredményeinek felhasználásával sikerült felállítani egy olyan modellt, amely a hőmérséklet alapján becsüli a virágzáskezdet időpontját. Úgy véljük, hogy a modell alkalmas arra, hogy a klimatikus adatbázis, valamint az adott év időjárási változóinak ismeretében kellő pontossággal határozza meg a virágzáskezdet időpontját. A virágzási időpont becslésének maximális hibája nem haladta meg a 3–5 napot. Az összegzett hidegigény-index átlagos értéke nyári érésű fajták esetében 3500-nak, őszi érésűeknél 3520-nak, míg a téli érésűeknél 3540-nek adódott. A virágzáskezdet-időpontok ismeretében a fejlődési folyamatok sebessége számíthatóvá válik, akár az érési időpontok is becsülhetők lesznek.

BEVEZETÉS

A gyümölcs termő növények termelésénél nagyon fontos ismernünk, hogy a különböző fenológiai fázisok mikor következnek be. Különös fontossággal bír a virágzás kezdetének meghatározása. A virágzáskezdet alakulásában a determinisztikus hatások mellett igen jelentős szerep jut a sztochasztikus változóknak. Ezen változó csoport alatt elsősorban az időjárási paramétereket értjük.

Egy enyhe telű évben a virágzáskezdet akár két-három héttel is korábbra jöhet, míg a hűvös tavasz ugyanennyivel késleltetheti a virágzáskezdet időpontját.

A fenofázisok és a meteorológiai tényezők – különösen a hőmérséklet – kapcsolatában legtöbbet vizsgált jelenség a virágzás. A virágzás fenofázisait Nyéki (1980, 1989) tanulmányozta behatóan, s azokat a következőképpen jellemezte: 1. virágzáskezdet (a virágok 1–5%-a nyílt ki a fán), 2. fővirágzás

(kinyílt virágok aránya 50% felett van), 3. fővirágzás napja (a kinyílt virágok aránya a maximumot elérte), 4. virágzás vége (a virágok 95–100%-a elvirágzott).

Legnagyobb pontossággal a virágzás kezdetét lehet megfigyelni, ez fejezi ki legjobban a fajták közti genetikai különbséget. A szakirodalmi adatokat azonban mégis nehéz összevetni, mert szerzőnként igen eltérő az egyes fenofázisok bekövetkezési kritériumainak meghatározása.

Az almafajták eltérő mélynyugalmi ideje, illetve annak befejeződéséhez szükséges hidegigény fontos tényező a virágzási idő befolyásolásában. Enyhe telek után gyakrabban tapasztalható a fajtákra jellemző virágzási sorrend felborulása, mert a hosszabb mélynyugalmi idejű fajták virágzása rendellenesen késik (Nyéki *et al.*, 2004). Amikor esély van arra, hogy mindegyik fajta mélynyugalmi ideje szabályosan befejeződik, ennek sorrendje szinkronban van a virágzáskezdet relatív sorrendjével.

Nagyon fontos sajátosság továbbá, hogy a fajták virágzási időtartamán belül hogyan zajlik le a virágzás, milyen a virágzásmenet és annak dinamikája (Orosz-Kovács, 2000). A virágzásmenetet jól jellemzi a virágzás első napján, a virágzás első három napján, illetve a fővirágzási időpontban kinyílt virágok aránya. A virágzás első három napján kinyíló virágok arányából sok következtetést vonhatunk le a virágzás várható menetére vonatkozóan. Az előbbi három – egymást követő – időpontban azonban az idő előrehaladtával csökken a fajta hatása és nő az évjárat szerepe. A virágzást megelőző egy-két nap 10 °C feletti átlaghőmérséklete igen szoros összefüggést mutat a virágzás első napján kinyílt virágok %-ával ($r=0,78$) (Nyéki *et al.*, 2002).

A virágzáskori magas hőmérséklet hatására túl gyorsan megy végbe a virágzás, gyorsan kiszóródik a pollen, és a bibeszekrénum felszáradása következtében kisebb határfokkal tapadnak meg a pollenszemek. A rövid virágzástartam alatt a méhek kevesebb virágot látogatnak és ritkábban (Brózik – Nyéki,

1975). Összességében csökken a megporzás és a termékenyülés esélye (Szabó, 1997).

A domborzat is hatást gyakorol a meteorológiai elemek alakulására, s így közvetve a növényi fejlődésre (Bacsó, 1946). Az északi lejtőkön álló fák fenológiai stádiumai később következnek be, mint déli fekvésben (Mohácsy, 1946).

A kedvezőtlen klimatikus adottságok és azok növényi fejlődésre gyakorolt hatásainak kiküszöbölésére vagy legalább csökkentésére különböző természetstechnológiai elemek alkalmazása lehetséges. Így pl. a kényszernyugalmi állapotban és virágzáskor bekövetkező fagykár esélyeit a virágrügyek fejlődésének mérséklésével csökkenthetjük. Márciusban és áprilisban a talaj vagy a növények öntözése akár 10 nappal is késleltetheti a virágzást (Szabó, 1997).

Az elvirágzás után a megtermékenyült és kötődött virágokból megkezdődik a gyümölcsök fejlődésének folyamata. Az egyes gyümölcsfejlődési alszakaszok időtartamát szintén a meteorológiai adottságok és a fajták örökletes tulajdonságai határozzák meg (Szalay, 2003).

A gyümölcsfajták érési fenofázisainak elkülönítése a fenológiai megfigyelések módszerével nem mindig lehetséges. Az érési idők ugyanis fajtaspecifikusak, amelyek nem minden esetben észlelhetők fenológiaiilag (pl. az alapszín és fedőszín változásának aránya, gyümölcsök leválásának határfoka, a gyümölcshús keménységének változása, cukor-sav arány stb.) (Brózik – Nyéki, 1974).

A túl magas hőmérséklet gyorsítja az érést, kisebb méretű és gyengébb minőségű, kevésbé tetszetősen színezett gyümölcsök fejlődnek. Az egyszerre nagy mennyiségben érő gyümölcsök betakarítása pedig munkacsúcsot jelent (Szabó, 1997).

A VIZSGÁLATOK ANYAGA

A vizsgálati anyag az Újfehértói Gyümölcstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Kht. fajtagyűjteményéből származik.

A vizsgálatok során 2 fa/fajta ismétlési rendszerben 586 almafajta fenológiai fázisainak bekövetkezési időpontját jegyeztük fel, s az egyes meteorológiai tényezők ezekre gyakorolt hatását tanulmányoztuk. Összesen 1172 fát vizsgáltunk. Az almafajtákat 1981–82-ben termőkaros orsó ültetvényben, MM106 alanyra telepítették. A sor- és tőtávolság 8 x 2 m.

A gyümölcsfák fejlődési ciklusait nemcsak az adott időjárás befolyásolja, hanem az előző év meteorológiai viszonyai is hatást gyakorolnak a fában lezajló fiziológiai folyamatokra. Ebből a tényből kiindulva nemcsak az adott év egyes évszakai között végeztünk regressziós vizsgálatokat, hanem az előző év hasonló időszakával is összevetettük a fenológiai szakaszok bekövetkezési időpontjait. A meteorológiai mérések tehát a fenológiai vizsgálatok előtt már egy évvel elkezdődtek.

A vizsgált fenológiai szakaszok a következők voltak

- virágzáskezdet naptári időpontja;
- fővirágzás naptári időpontja;
- virágzás végének naptári időpontja;
- érés naptári időpontja.

A fenológiai szakaszok bekövetkezési időpontjai az alábbiak szerint lettek feljegyezve:

– A virágzás kezdetét a fán lévő összes virág 1–5%-ának kinyílása jelezte.

– A fővirágzás során 50% vagy annál több virág volt kinyílva.

– A virágzás végén valamennyi virág elnyílt, a pollenszóródás befejeződött, a bibék funkcióképességüket elveszítették, a virág a szirmait lehullatta. A naptári időpontot január 1-jétől kezdődően, az eltelt napok összegében adtuk meg.

– Virágzástartam: a virágzás kezdetétől a virágzás végéig eltelt napok száma.

– Érésidő: naptári bekövetkezési időpontja fajtára jellemzően a gyümölcs külső és belső morfológiai, valamint organo-leptikus jellemzőinek kialakulásakor következett be. Értéke gyakorlatilag a szedési időponttal egyezik meg.

– Fejlődéstartam: értékét a virágzás végétől (a teljes szíromhullást követően) a gyümölcsérésig (szüretig) eltelt idővel jellemeztük. Nagyságát napokban adtuk meg.

A virágzáskezdet, valamint az éréstartam gyakorisági eloszlásai alapján 3–3 csoportot különítettünk el.

Virágzáskezdet alapján

- korai virágzású;
- középidejűben virágzó;
- késői virágzású.

Érésstartam alapján

- rövid;
- közepes; és
- hosszú.

A VIZSGÁLATOK HELYE

A megfigyelések és az adatfelvételek is az újfahértói kutatóhelyen folytak. Az *Újfahértói Gyümölcsstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Kht.* területének fekvése sík, a tengerszint felett 115 m-en. Nyíregyházától délre 19 km-re terül el. Évente 130–140 csapadékos nappal jellemezhető. Talaja a homok talajképző kőzetén kialakult, nem karbonátos, többretegű humuszos homok, melynek erősen savanyú (pH 5,74–5,79) a kémhatása. Szervesanyag-tartalma genetikai kategóriáján belül alacsony.

A FELDOLGOZÁS MÓDSZERE

A hidegigény (Chilling requirement) számítási módszer lényege, hogy egy bizonyos intervallumba eső hidegmennyiséget meg kell kapnia az adott növényfajnak ahhoz, hogy virágozni tudjon. Azaz amennyiben összegezzük pl. a 4 vagy 6 °C fölötti órák számát a téli időszak során, akkor egy bizonyos hőmérsékletösszeg után számíthatunk arra, hogy bekövetkezik a virágzás. A modellek lényege, hogy egy adott hatásfüggvény alapján összegezik az óránkénti hőmérsékletet egy időponttól kezdődően. A kezdeti időpont megha-

tározása alapvető fontosságú a modell futtatása érdekében. Célszerűnek tűnik már az ősz elejétől indítani azt a számítási módszert, amely meghatározza az összegzés kezdőpontját. Amennyiben naponként, illetve óránként képezzük a hőmérséklet hatásfüggvénnyel előállított értékét, ennek a hőmérséklet-függvénynek a minimum értéke jelenti a modellszámítás kezdő időpontját. Ettől a ponttól kezdődően kell összegeznünk a hatásfüggvénnyel súlyozott hőmérsékleti adatokat. Az alábbi modelleket teszteltük hazai gyakorlatban: Hutchins, Weinberger – Eggert (*Fatta del Bosco – Tuccio, 1968*), Utah (*Richardson et al., 1974*), North Carolina (*Shaltaut – Unrath, 1983*), Lineáris Piecewise (*Richardson et al., 1974*), Hauagge és Cummins, illetve a Chill hours (*Weinberger, 1950*) 4,4, illetve 6,1 °C felett. Hazai körülmények között a Utah, illetve a lineáris Piecewise modellt találtuk a legalkalmasabbnak a virágzáskezdet becslésére. A mért és számított értékek közötti átlagos eltérés a legjobb becslésű években is elérte az 5 napot. Ezért úgy véltük, hogy ötvözni kellene a két számítási módszert. Ennek érdekében létrehoztunk egy új hatásfüggvényt, melynek alakja a következő harmadfokú polinommal adható meg:

$$Y(T) = 0,001T^3 - 0,0414T^2 + 0,3794T$$

A hatásfüggvény kidolgozásánál fontosnak tartottuk, hogy 5–6 °C közötti órahőmérséklet esetén a hőindex értéke elérje a maximumát, azaz az 1-es értéket. Magas órahőmérséklet esetén pedig negatív értéket vegyen fel. Ennek megfelelően a bioklimatikus függvény 14 °C felett negatív értéket mutat. A hatásfüggvény órahőmérséklettől való függése az 1. ábrán látható.

EREDMÉNYEK

A számított eredmények a North Carolina-módszer esetében mutatták a legnagyobb eltérést a virágzáskezdet órákban kifejezett

értékétől. Az eltérések egyes években meghaladták a 7 napot. A Weinberger – Eggert modell már jobb eredményt adott, elsősorban a nyári érésű fajták esetében voltak kielégítőek a számítási eredmények. A mért és számított értékek közötti átlagos különbség ebben az esetben is meghaladta az 5 napot.

Virágzási időcsoport szerint

A mért és a számított értékek évenkénti alakulását szemlélve azt állapíthatjuk meg, hogy a korai virágzáskezdetű almafajták esetében a maximális évenkénti eltérések nem haladják meg a 72 órát (2. ábra). Azaz átlagosan egy-két napos pontossággal kiszámítható a virágzáskezdet időpontja.

A közepes virágzáskezdetű almafajtáknál a számított és mért értékek közötti maximális eltérés nem haladja meg a 100 órát. Az átlagos eltérés 2–4 nap közötti (3. ábra).

A virágzási időcsoportok között legpontatlanabb becslés a késői virágzáskezdetű fajtáknál mutatkozott. Ezen csoportba tartozó almafajták esetében a maximális eltérés elérte a 130–140 órát. A becslés átlagos pontossága 4–5 nap közötti (4. ábra). Ennek az lehet a magyarázata, hogy a későbbi virágzáskezdetű fajták esetében a pozitív visszacsatolások jelentősen fel tudják gyorsítani a fiziológiai folyamatok sebességét, így a növényi válaszreakciók gyorsabban és erőteljesebben jelentkeznek. A növény sok esetben „igyekszik behozni” a lemaradását, amennyiben kedvezőtlen időjárási feltételek fordultak elő a korábbiakban. A későbbi virágzáskezdetű fajták esetében nagyobb esély mutatkozik arra, hogy a virágzási időszak alatt akár erőteljes felmelegedés, akár egy erőteljes lehűlés következzen be.

Érésí időcsoport szerint

A mért és számított értékek között legkisebb eltérés a nyári érésű almafajták esetében tapasztalható. A legrosszabb becslés

esetében is azt találtuk, hogy a számított és mért értékek közötti különbség nem haladta meg a 70 órát (5. ábra). Azaz a korai virágzáskezdetű fajtákhoz hasonlóan ebben az esetben is elmondhatjuk, hogy az átlagos eltérés két-három napnál nem nagyobb a számított és a mért értékek között.

Az őszi érésű fajták esetében a mért és számított értékek közötti maximális eltérés általában 80–110 óra közötti (6. ábra). Átlagosan tehát három-négy napos pontossággal becsülhetjük ezen éréscsoportú fajták esetében a virágzáskezdet időpontját.

A téli érésű almafajták esetében tapasztaltuk a legnagyobb eltérést a mért és számított értékek között. A maximális eltérés elérte a

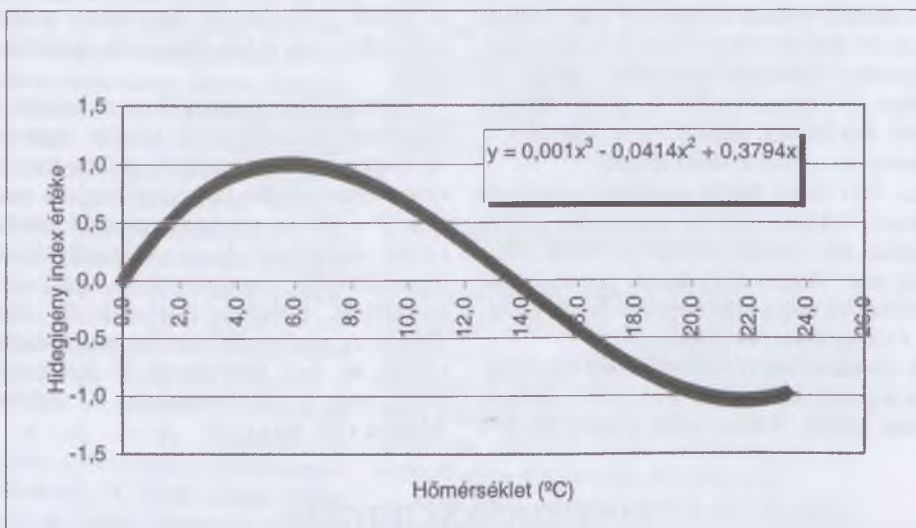
130–150 órát. Azt mondhatjuk, hogy négy-öt napos pontossággal becsülhető a virágzáskezdet a téli érésű almafajták esetében (7. ábra).

Amennyiben a mért és a számított virágzáskezdeti időpontok közötti regressziós kapcsolatot vizsgáljuk, akkor mindhárom éréscsoportba tartozó almafajta esetében ($P = 1\%$ -os szinten) szignifikáns kapcsolat mutatható ki a változók között. Legszorosabb kapcsolatot a nyári érésű almafajták esetében találtunk (8. ábra). Ebben az esetben R^2 értéke meghaladta a 0,7-et, az őszi érésűeknél R^2 0,6-nak (9. ábra), míg a téli érésűeknél R^2 0,54-nek adódott (10. ábra).

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

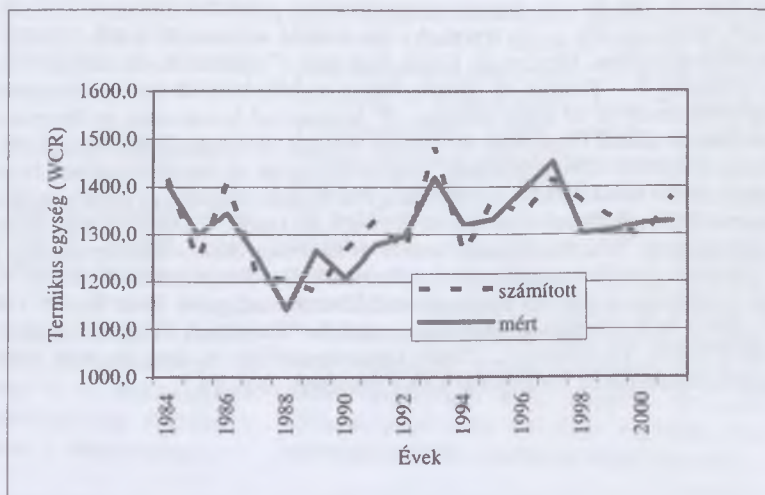
- (1) BACSÓ, N. (1946): Az éghajlattan elemei a növénytermesztők számára. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. (2) BRÓZIK, S. – NYÉKI, J. (1974): Fenológia. In: GYURÓ, F. (szerk.): A gyümölcsstermesztés alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 299–318. (3) BRÓZIK, S. – NYÉKI, J. (1975): Gyümölcsstermesztő növények termékenyülése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. (4) FATTA DEL BOSCO G. – TUCCIO, R. (1968): Vecchi e nuovi criteri di valutazione delle esigenze termiche delle specie arboree da frutto. Riv. Ortoflorofrutt. Ital. 52: 495–511. (5) MOHÁCSY, M. (1946): A gyümölcsstermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 452. p. (6) NYÉKI, J. – SOLTÉSZ, M. – SZABÓ, Z. (szerk.) (2002): Fajtatársítás a gyümölcstütnvényekben. Mezőgazda Kiadó, Budapest. (7) NYÉKI, J. – SZABÓ, Z. – RACSKÓ, J. – SOLTÉSZ, M. – GONDA, I. – FARKAS, E. (2004): Effect of M9, MM106 and seedling rootstocks on flowering and productivity of 33 apple cultivars. 8th International Symposium on Integrating Canopy, Rootstock and Environmental Physiology in Orchard-Systems. Budapest. 2004. June 13–18. Abstracts, 101. (8) NYÉKI, J. (1980): Gyümölcsfajták virágzásbiológiája és termékenyülése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. (9) NYÉKI, J. (1989): Csonthéjas gyümölcsűek virágzása és termékenyülése. Doktori értekezés (kézirat). MTA, Budapest. (10) OROSZ-KOVÁCS, ZS. (szerk.) (2000): Az alma virágbiológiája. Pécsi Tudományegyetem TTK Növénytani Tanszék és Botanikus Kert – Almatermesztők Szövetsége kiadásában. Újfehértó. (11) RICHARDSON, E. A. – SEELEY S. D. – WALKERT, D. R. (1974): A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elberta peach trees. Hort. Sci. 9: 331–332. (12) SHALTOU U (1983) Rest completion prediction model for 'Starkinson Delicious' apples. J Am Soc Hort. Sci. 108: 957–976 (13) SZALAY, L. (2003): Gyümölcsfejlődés és -érés. In: PAPP, J. (2003): Gyümölcsstermesztési alapismeretek. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 203–209.

1. ábra



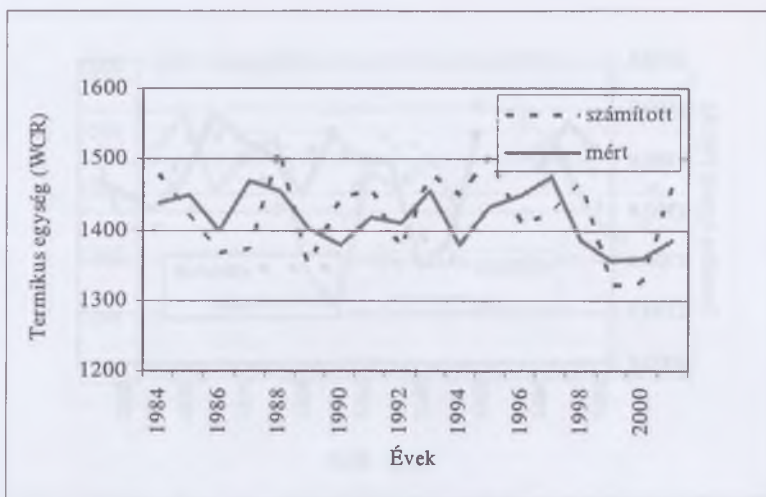
A hőmérséklet és a hidegigény-index (chilling unit) közötti kapcsolat a módosított és továbbfejlesztett Utah és Piecewise modell alapján

2. ábra



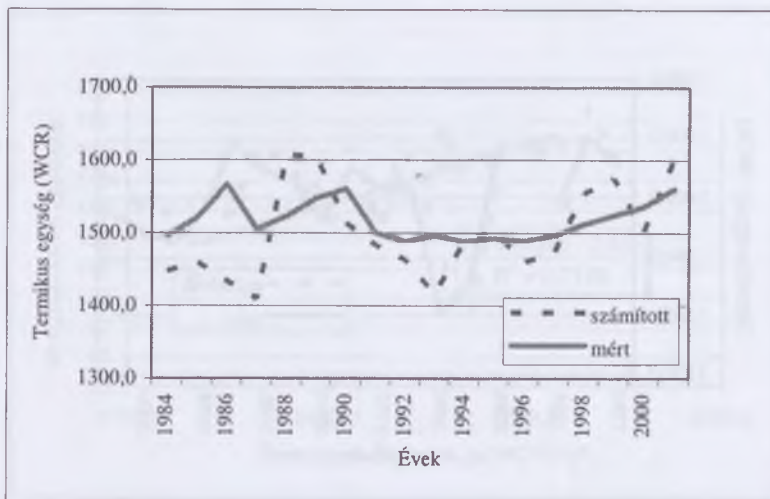
A mért és számított virágzáskezdet-értékek alakulása korai virágzáskezdetű almafajták esetében, Újfehértó, 1984-2001

3. ábra



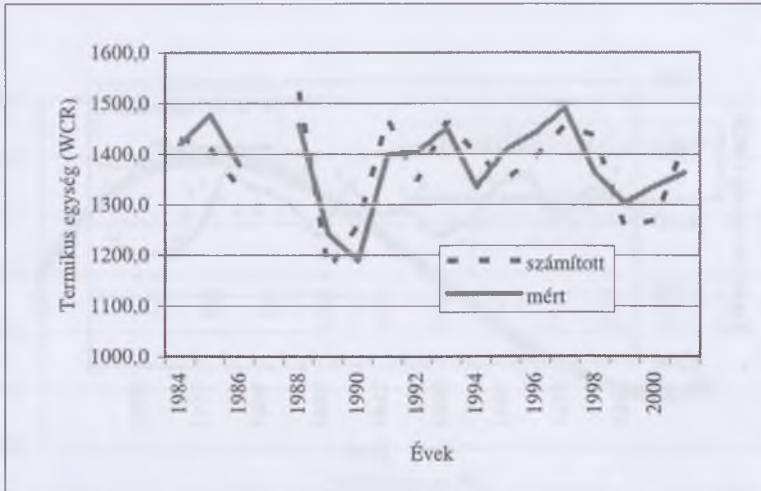
A mért és számított virágzáskezdet-értékek alakulása közepes virágzáskezdetű almafajták esetében, Újfehértó, 1984-2001

4. ábra



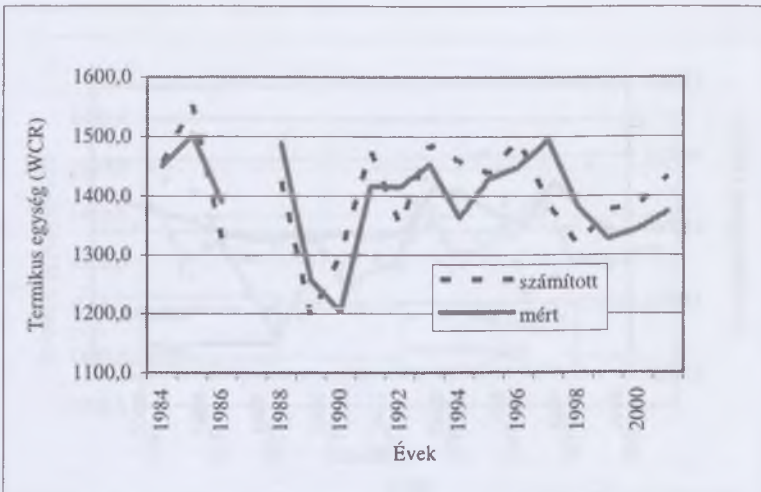
A mért és számított virágzáskezdet-értékek alakulása késői virágzáskezdetű almafajták esetében, Újfehértó, 1984-2001

5. ábra



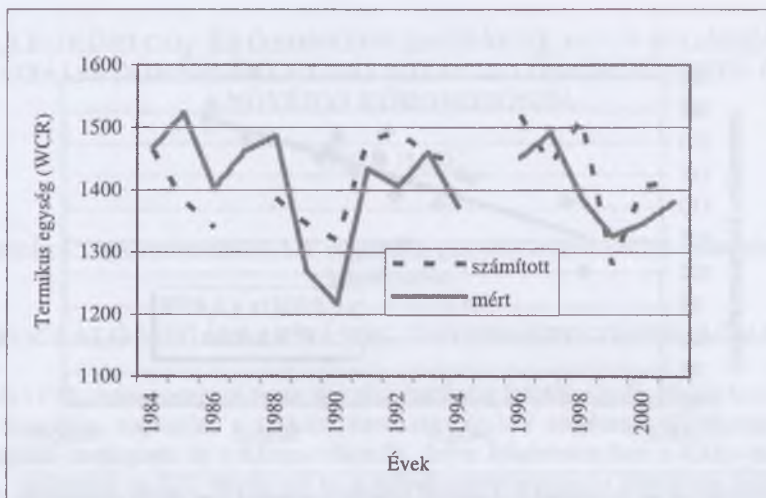
A mért és számított virágzáskezdet-értékek alakulása nyári érésű alfajták esetében, Újfehértó, 1984-2001

6. ábra



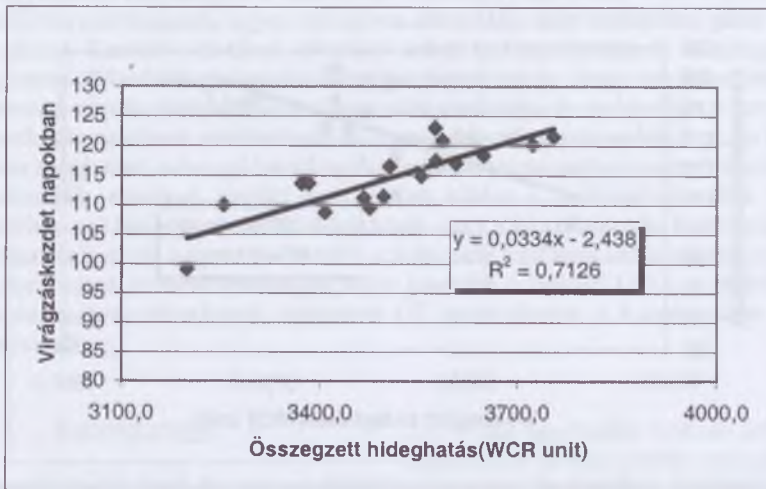
A mért és számított virágzáskezdet-értékek alakulása őszi érésű virágzáskezdetű alfajták esetében, Újfehértó, 1984-2001

7. ábra



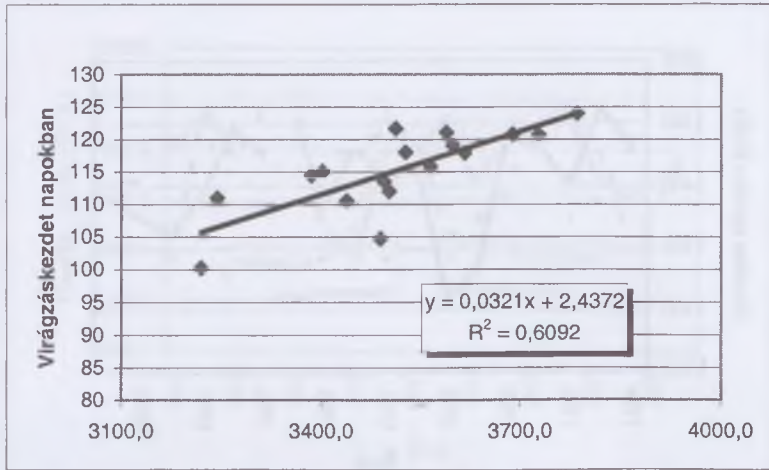
A mért és számított virágzáskezdet-értékek alakulása téli érésű almafajták esetében, Újfehértó, 1984-2001

8. ábra



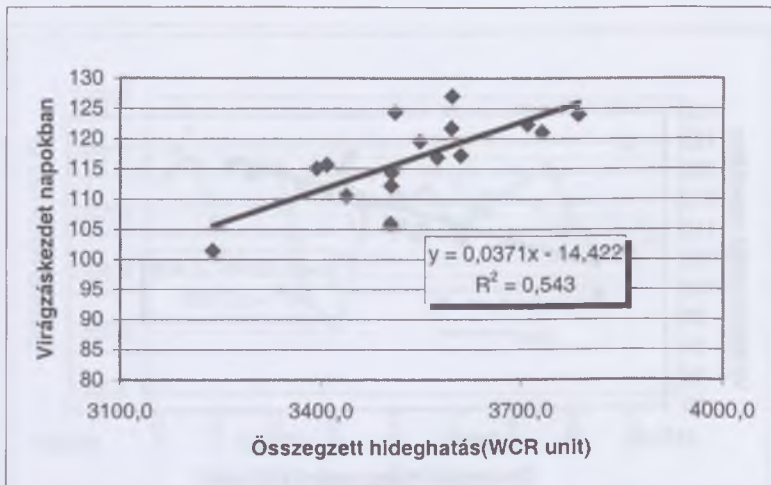
A virágzáskezdet és az összegzett hidegthatás közötti kapcsolat nyári érésű almafajták esetében, Újfehértó, 1984-2001

9. ábra



A virágzáskezdet és az összegzett hidegheatás közötti kapcsolat őszi érésű almafajták esetében, Újfehértó, 1984-2001

10. ábra



A virágzáskezdet és az összegzett hidegheatás közötti kapcsolat téli érésű almafajták esetében, Újfehértó, 1984-2001

A LÉGKÖRI CO₂- ÉS ÓZONKONCENTRÁCIÓ, AZ UV SUGÁRZÁS ÉS A GLOBÁLIS HŐMÉRSÉKLET-VÁLTOZÁS VALÓSZÍNŰSÍTHETŐ HATÁSAI A NÖVÉNYI KÓROKOZÓKRA

HOLB IMRE

Kulcsszavak: CO₂-koncentráció, UV sugárzás, globális hőmérséklet-változás, növénykórokozók.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A légköri CO₂-koncentráció és az üvegházhatásért felelős egyéb gázok koncentrációjának növekedése, valamint a légköri ózonszint és UV sugárzás növekedése miatt a Föld éghajlata melegszik és a klíma változik. Jelen közleményben a CO₂- és ózonkoncentráció, valamint az UV sugárzás és a hőmérséklet-változás általános hatásait vizsgáljuk a növénypatogén mikroorganizmusokra gyümölcsösökben, mert ezek megváltoztatják a növénykórokozók viselkedését, egyrészt mert a megváltozott légköri CO₂-tartalom miatt megváltozik a fejlődési sebességük és a kiváltott tünetek, illetve károk mértéke. Másrészt a megváltozott körülmények miatt megváltoznak a növényállomány jellemzői is (pl. biomassza tömege, állománysűrűség, vízhasznosítás és C:N arány), amelyek ugyancsak módosítják a kórokozók fertőzési jellemzőit. A növénykórokozókra gyakorolt hatás szerteágazó, egyes esetekben stimuláló, más esetekben gátló hatásokra lehet számítani. Emiatt a hatások eredőjét nehéz tudományosan is megalapozott módon megjósolni. Mindehhez hozzá szükséges tenni azt is, hogy az éghajlatváltozás a mezőgazdasági régiók eltolódását is maga után vonhatja, és ez kiváltja a termelt növények és azok károsítóinak vándorlását is. Ennek következménye lehet pl. az is, hogy az új területen megjelenő növényi kórokozók azokat a természetes növényi társulásokat is megtámadhatják, amelyek azelőtt nem voltak kitéve a kultúrnövényeket károsító – számos esetben sokkal agresszívebb – fajoknak vagy változatoknak. Tanulmányunkban kísérletet teszünk arra, hogy áttekintsük a fellelhető irodalmi információk segítségével az előbbi hatásokat, és ahol lehetséges, előre jelezzük a légköri CO₂-, a globális hőmérséklet- és ózonszint-változásnak, valamint UV sugárzásnak a kórokozókra gyakorolt várható hatásait.

BEVEZETÉS

A légkörben a CO₂ és az egyéb üvegházhatást előidéző gázok mennyisége fokozatosan és egyre gyorsuló ütemben emelkedik az ipari forradalom óta (IPCC, 1996). A klímaváltozást bemutató szimulációk igazolják, hogy az üvegházhatásért felelős gázok és aeroszolok várható kibocsátási értékei alapján a Föld középhőmérséklete átlagosan 1,4–

5,8 °C-kal emelkedik 2100-ra (IPCC, 2001; Kattenberg *et al.*, 1996). Annak ellenére, hogy a növényi kórokozók jelentős szerepet játszanak a mezőgazdaságban és az élelmiszeriparban (Oerke *et al.*, 1994), ez arányában kevésbé kutatott terület (Coakley, 1995; Coakley – Scherm, 1996; Chakra-borty *et al.*, 1998, 2000), mint pl. a klímaváltozás emberi viselkedésmódra vagy humán megbetegedésekre gyakorolt hatása. Sokan fel-

hívják a figyelmet arra, hogy a klímaváltozás nem egyértelműen azonosítható a globális felmelegedéssel. A klímaváltozás magában foglalja az időjárási szélsőségeket is, azaz nő az éghajlati változékonyság, valamint az éghajlati szélsőségek egyre gyakoribbak és nagyobb mértékűek lesznek (Wigley, 1985; Fowler – Hennessy, 1995; Hennessy – Pittock, 1995; Riha et al., 1996; Mearns et al., 1997).

Ezen változások növényvédelemre gyakorolt hatását azonban rendkívül nehéz a jövő számára is hasznosítható módon értékelni. A jövőben várható, hogy tovább erősödik az üvegházhatás, a Föld éghajlatának melegeése, azaz a klíma változása (ICCP, 1996). Ha ezt elfogadjuk, mint tudományosan bizonyított alapelvet, akkor erre alapozva megvizsgálhatjuk, hogy az egyes tényezők változása miként befolyásolja a kultúrnövények egészségi állapotát. Jelen közleményünkben a legfontosabb üvegházhatást kiváltó gázkomponens – a légköri CO₂ –, valamint az ózonszint és az UV sugárzás változásának hatásait vizsgáljuk a növényi kórokozókra. Ezzel összefüggésben bemutatjuk a gyümölcsvédelemre gyakorolt hatásokat is néhány kiemelt fitopatogén mikroorganizmuson keresztül.

AZ EMELKEDŐ CO₂-SZINT HATÁSA A NÖVÉNYI KÓROKOZÓK ÁLTAL OKOZOTT KÁROK MÉRTÉKÉRE

Az emelkedő CO₂-szint közvetlen hatásai

A troposzféra CO₂-koncentrációja számítások szerint 350 ppm (v/v) = 0,035% szintről 710 ppm = 0,071% szintre emelkedik 2050-re. Számos tudományos munka beszámol arról, hogy a megnövekedett légköri CO₂-szint a Föld biomassza-termelésének növekedését fogja kiváltani, mert a megváltozott körülmények között a növények vízfelhasználási hatékonysága javul (Cure, 1986; Bazzaz, 1990; Baker – Allen, 1994). Sokkal kevesebbet tudunk azonban arról,

hogy a CO₂-koncentráció növekedése milyen közvetlen hatást fog gyakorolni például a növényi kórokozókra. Ennek megbecslésére néhány korábban végzett vizsgálat eredményét mutatjuk be, melynek egyes részletkérdéseit korábban Holb (2004a) foglalta össze.

A fitopatogén baktériumokra vonatkozó vizsgálatok *Erwinia* és *Pseudomonas* spp. fajokra terjedtek ki. Wells (1974) úgy tapasztalta, hogy a természetes CO₂-szint növelése 3%-os légköri koncentrációig nem befolyásolta az *Erwinia* spp. és a *Pseudomonas fluorescens* baktériumok növekedési jellemzőit. Azonban ha az *Erwinia* fajoknál 3% fölé, ill. a *Pseudomonas fluorescens* baktériumfajnál 10% fölé emelte a légköri CO₂-tartalmat, akkor azok fejlődése és növekedése gátlódott.

Ha a fitopatogén gombák csoportját akarjuk megvizsgálni, akkor a légköri CO₂-tartalom szempontjából érdemes legalább három csoportot kialakítani. Az első csoportba sorolhatók a talajlakó gombák, amelyek magas CO₂-koncentráció mellett élnek a talajban. A második csoportba kerülhetnek azok a fitopatogén gombafajok, amelyek a talaj felszíne feletti növényi részeket támadják, és ebből adódóan a jelenlegi légköri CO₂-koncentrációban élnek. Harmadikként említhetők a tárolási gombabetegségek, amelyek a tárolóban a növényi termék légzése miatt feldúsult, vagy szabályozott légtéri környezetben megnövelt CO₂-szint mellett kell hogy megéljenek.

A talajlakó gombák speciális légköri körülmények között élnek, mert nem ritka, hogy a talajok normál CO₂-tartalma 16–18%, attól függően, hogy milyen mértékűek az itt lezajló szervesanyag-bomlási, gyökérlélegzési vagy egyéb mikrobiális folyamatok (Papavizas – Davey, 1962). Ezért a legtöbb talajlakó gombafaj képes tolerálni a nagy CO₂-szint-változást is. Számos tipikus talajlakó gombafaj (pl. egyes *Phytophthora*, *Aphanomyces*, *Sclerotium* és *Fusarium* fajok) jól alkalmazkodik a növekvő légköri CO₂- és a csökkenő légköri O₂-koncentrá-

cióhoz, sőt számos esetben jobban is szaporodik (Volk, 1931; Gaemann, 1951; Stover – Freiberg, 1958). Vizsgálatok szerint a növekvő CO₂-koncentráció gombaszaporodást stimuláló hatása a gombák CO₂-megkötésében rejlik. Egyes gombafajok a szén-dioxidot additív szénforrásként is fel tudják használni úgy, hogy azt szerves savakba építik (pl. oxálecetsav, fumársav vagy citromsav), amelyek bejutva a Krebs ciklusba, energiatermelésre, ill. növekedésre fordítódnak (Tabak – Cooke, 1968; Wells – Uota, 1970). Azonban számos ellenpélda is létezik. Mitchell és Zentmeyer (1971) kimutatta, hogy számos *Phytophthora* faj micélium-növekedése és oospóra-képződése jelentősen csökkent 5% fölötti CO₂-tartalomnál. Mitchell és Mitchell (1973) kimutatta, hogy a *Rhizoctonia solani* és a *Pythium irregulare* izolátumok növekedését gátolta az 5% feletti CO₂-koncentráció. Durbin (1969) szemléletesen igazolta, hogy a *Rhizoctonia solani* izolátumok növekedési jellemzői javultak, ha a légteri CO₂-koncentrációt 0,5%-ig növelte. Ezt követően nem volt érzékelhető változás 0,5 és 5% CO₂-koncentráció mellett, majd jelentős növekedési és szaporodási gátlás állt be 5% feletti légteri CO₂-koncentráció esetén. Számos, sokszor egymásnak ellentmondó eredmény is született az egyes gombafajok vizsgálatokor. Például a *Sclerotinia rolfisii* talajlakó gombával kapcsolatban Griffin és Nair (1968) arról számolt be, hogy már a légköri koncentrációhoz közeli CO₂-szint is csökkenti a gomba micélium-növekedését. Néhány évvel később Kritzman et al. (1977) arról számoltak be, hogy 0,5–2,5% CO₂-koncentráció stimuláló hatást vált ki a *Sclerotinia rolfisii* micélium-növekedésére és gátló hatást csak 3% fölötti CO₂-koncentráció fejt ki. Hasonlóan ellentmondásos ugyanezen gombafajnál a szklerócium-képződés CO₂-igényére vonatkozó vizsgálat is. Griffin és Nair (1968) vizsgálatai szerint a 0,03–3,3% CO₂-koncentráció serkentő, míg az 5% feletti CO₂-koncentráció gátló hatású a *Sclerotinia rolfisii* szklerócium-képződésére. Ugyanakkor Pun-

ja és Jenkins (1984) tanulmánya szerint nincs sem gátló, sem stimuláló hatás 0,5 és 9% közötti CO₂-koncentráció esetén, és a szignifikánsan mérhető gátló hatás is csak 20% CO₂-koncentrációnál tapasztalható.

A második csoportba sorolt gombafajok irodalmát áttanulmányozva megállapítható, hogy az 5% feletti CO₂-koncentráció majdnem minden esetben gátló hatást gyakorolt a növény föld feletti részén élő gombafajokra. Bár számos ellenpélda is ismert, mint pl. az, hogy az *Alternaria tenuis* micélium-növekedése 10% feletti, míg a spóracsírázása csak 32% feletti CO₂-koncentráció mellett gátlódott (Wells – Uota, 1970). Ugyanezen szerzőpáros megállapította, hogy a *Botrytis cinerea*, a *Cladosporium fulvum* és a *Rhizopus stolonifer* spóracsírázása 4% CO₂-koncentráció felett csökken. Bár Svircev et al. (1984) vizsgálatai szerint a *Botrytis cinerea* faj esetében sokkal alacsonyabb (1,3%) CO₂-koncentráció is jelentősen csökkenti a spóracsírázást. Más vizsgálatok azt igazolják, hogy a jelenlegi légköri CO₂-koncentrációknak is jelentős gátló hatása van az *Alternaria cassine*, *A. crassa*, *A. braccisae*, *A. macrospora*, *A. porri* és *Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina* fajok fejlődésére (Cotty, 1987; Smart et al., 1968; Svircev et al., 1984). A második gombacsoportba tartozó gombafajokról az eddigi legátfogóbb CO₂-koncentrációval kapcsolatos vizsgálatokat az 1920-as évek végén végezték el, amikor még fel sem merült a globális klímaváltozás kérdése, illetve veszélye. Volk (1931) *Cladosporium fulvum* gombafajokkal fertőzött paradicsomnövényeket. A fertőzött növényeket 0,5 és 5%-os CO₂-koncentrációjú légtérbe helyezte el. A légtér 0,5%-os CO₂-koncentrációja esetén a betegség tünetei korábban jelentek meg, a betegség könnyebben terjedt és a kórokozók sporulációja is intenzívebb volt, mint a normál CO₂-koncentrációjú légtérben. Azonban az 5%-os CO₂-koncentráció mind a növényi növekedést, mind a betegségek fejlődését gátolta. Más vizsgálatokban a levegő szén-dioxiddal történő dúsítása (2–20%) nem volt hatással

pl. sem a saláta leveleinek *Sclerotinia minor* (Imolehin – Grogan, 1980), sem a ciklámen *Botrytis cinerea* által okozott megbetegedésére.

A harmadik csoportba tartozó tárolási gombabetegségekkel kapcsolatos korai tanulmányokban több szerző is kimutatta, hogy a magas CO₂-tartalom és az alacsony O₂-tartalom gátló hatással van a tárolt gyümölcsök és zöldségek megbetegedésére (Brown, 1922; Brooks et al., 1932). Egy másik korai tanulmányban Klaus (1943) a burgonyagumók *Alternaria solani* fertőződését vizsgálta megemelt CO₂-koncentráció mellett. Eredményei szerint a 12% alatti CO₂-koncentráció nem befolyásolta az alternáriás megbetegedések mértékét a tárolás során, bár laboratóriumi vizsgálataiban a micélium-fejlődés már 5%-os CO₂-koncentrációnál jelentősen gátlódott. Más vizsgálatok azt mutatták, hogy a szabályozott légtérű tárolókban, szélsőségesen magas CO₂-koncentráció mellett, csökkent a gyümölcsök, zöldségek és vágott virágok megbetegedésének mértéke (Lockhart et al., 1969; Couey – Wells, 1970; Philips, 1985).

Erre a témakörre azonban ennél részletesebben nem térünk ki, mert úgy gondoljuk, hogy a szabályozott légtéri körülmények miatt nem szolgáltatnak megfelelő információt az éghajlatváltozás növényi betegségekre gyakorolt hatásának megítéléséhez.

A legtöbb vizsgálatban, amelyeket az előbbieken bemutattunk, nagy CO₂-koncentráció mellett folytatták a kísérletet. Ezért a jelenlegi CO₂-koncentráció-emelkedés hatásaival kapcsolatban nem adnak egyértelmű iránymutatást. Ennek ellenére azt a következtetést mindenképpen le lehet vonni ezekből a kísérletekből, hogy a 0,035%-os jelenlegi CO₂-koncentráció 0,071%-ra emelkedése valószínűleg nem fog jelentősebb közvetlen hatást gyakorolni a növényi kórokozókra. Bár ahogy azt egyes eredmények mutatják, bizonyos kórokozók esetében kismértékű betegésgstimuláló hatás várható.

Az emelkedő CO₂-szint közvetett hatásai

A CO₂-szint emelkedésének növényi károsítókra gyakorolt közvetett hatása feltehetően sokkal nagyobb mértékű lesz, mint az előbbieken tárgyalt közvetlen hatások. A CO₂-szint emelkedése a növényben bekövetkezett változásokon keresztül fog hatni a növényi kórokozókra. Hogy melyek ezek a közvetett hatások és milyen következményekkel járhatnak a növényi károsítókra, azt a következő néhány példán keresztül mutatjuk be. A kérdéskör egyes részleteit korábban Holb (2004a) foglalta össze.

A légkör növekvő CO₂-szintje önmagában is nagy hatást gyakorol a növények növekedésére, még ha nincs is klímaváltozás. Az atmoszférikus CO₂ a növények egyedüli szénforrását képezi. Az atmoszférában a CO₂-koncentráció alacsony (0,035%). A légköri CO₂-szint növekedése valószínűsíthetően elősegíti a növények fejlődését és biomassza-termelését, bár az egyes növényfajok reagálása jelentősen el fog térni (Poorter, 1993). A megnövekedett biomassza-termelés miatt növekedni fog a megbetegedésre alkalmas föld alatti és föld feletti növényi részek tömege. A megnövekedett föld feletti növénytömegben nedvesebb mikroklíma alakulhat ki, ami segíteni fogja a páradús körülményeket kedvelő károsítók felszaporodását. A növényi részek elhalásával a talajon, illetve a talajban megnő a növényi maradványok tömege. A növényi maradványok nagyobb tömege az itt áttelelő kórokozók és állati kártevők lehetséges túlélési esélyeit növelheti meg (1. ábra).

A megnövekedett CO₂-szint egy másik hatása, hogy megváltozik például a növények C:N aránya, és a nagyobb légtéri CO₂-koncentráció a növényi szövetek csökkenő nitrogéntartalmával járhat együtt. Ez a változás befolyásolhatja egyes növényi kórokozók által okozott károk mértékét. A C:N arány változása miatt a szénhidrát- és cukor-kedvelő gombafajok (pl. rozsdák, lisztharagok) nagyobb mértékű fellépése várható (Manning – Tiedemann, 1995, 2. ábra).

A légtéri CO₂-koncentráció-növekedés egy harmadik hatása lehet a növények vízhasznosításában bekövetkező változás. A légkör alacsony CO₂-tartalma miatt a növény a fotoszintézis során egységnyi CO₂-fixálásakor sok vizet párologtat el, mivel a szén-dioxid megkötéséhez a sztómákat sokáig kell nyitva tartania. Következésképp a növények vízvesztése és a CO₂-fixáció közötti hányados nagyon nagy (Wong, 1979). A légkör emelkedő CO₂-szintje javítja a növények vízvesztése és a CO₂-fixáció közötti hányadost, azaz a vízhasznosulás javul, ami azt eredményezheti, hogy a növények fejlődése kedvezőbb lesz még vízhiányosabb környezeti feltételek mellett is (Gifford, 1979). Ezzel összefüggésben végzett vizsgálatok igazolták, hogy az emelkedő CO₂-szint vízháztartást javító hatása ellensúlyozhatja pl. a fonálférgék által okozott károkat is (Schans, 1991). Többéves kutatások igazolják, hogy az emelkedő CO₂-szint miatt a növények sztómáikat részlegesen lezárják (Raschke, 1975; Morison, 1987). Ez a részleges sztómazáródás megakadályozhatja a sztómán keresztül csírázó és légmozgással beáramló kórokozók (pl. peronoszpórák, *Pseudomonas* baktériumfajok) bejutását (Royle – Thomas, 1971; Ramos – Volin, 1987). A sztómazáródás hasonló akadályozó funkcióját feltételezhetjük a rozsdagombák vagy néhány nekrotróf gombafaj esetében is (3. ábra).

A GLOBÁLIS HŐMÉRSÉKLET-NÖVEKEDÉS HATÁSA A NÖVÉNYI KÓROKOZÓK ÁLTAL OKOZOTT KÁROK MÉRTÉKÉRE

A bevezetőben említettük, hogy a jelenlegi tendenciák mellett átlagosan 1,4–5,8 °C-os globális hőmérséklet-emelkedés várható 2100-ra (IPCC, 1996, 2001). Ez a hőmérséklet-emelkedés módosíthatja a gazdanövény fiziológiáját és ellenálló képességét. A hőmérséklet által kiváltott fogékonysággal és a hőmérsékletre érzékeny génekkel kapcsolatban jelentős számú irodalom áll ren-

delkezésre (Dyck – Johnson, 1983; Gerechter-Amitai et al., 1984; Sanden – Moore, 1978). Például a 20 °C feletti hőmérséklet inaktíválhatja a szárrozsdá-rezisztenciát a *Pg3* és *Pg4* génekkel rendelkező növényfajtáknál (Martens et al., 1967). Ezzel szemben a hőmérséklet emelkedésével a növényi sejtfalak lignifikálódása nőhet, ami növeli a gombakórokozókkal szembeni ellenállóságukat (Wilson et al., 1991). A két példa jól mutatja, hogy a hőmérséklet-emelkedés miatt bekövetkező gazdanövény fogékonysági változások a gazdanövény-kórokozó kölcsönhatás természetétől és a rezisztencia mechanizmusától függenek.

A növények a kórokozók tünetmentes hordozói lehetnek (Dinoor, 1974; Katan, 1971) és a betegség csak akkor jelenik meg, ha a növényt stressz éri (pl. szárazabb, melegebb körülmények közé kerül). Különösen erdőt alkotó fafajoknál van ennek nagyobb jelentősége. A klimatikus stressz, mint pl. a szárazság, növelheti egyes gombafajok (pl. az *Armillaria* spp.) fertőzését, amelyek megszokott körülmények között nem különösebben patogének (Rishbeth, 1991; Lonsdale – Gibbs, 1996). A hirtelen bekövetkező magas hőmérséklet növelheti pl. az ananász *Sclerotinia* által okozott rákos megbetegedését (Karlman et al., 1994; Lonsdale – Gibbs, 1996). Ha azonban csak az előbbi típusú példákban próbálunk meg a jövőre vonatkozó előrejelzéseket adni, akkor hibás következtetésekre is juthatunk, ha figyelmen kívül hagyjuk azokat a tényezőket, melyek fokozhatják az erdei ökoszisztémák éghajlatváltozással szembeni rugalmasságát (Loehle, 1996).

AZ EMELKEDŐ CO₂-SZINT ÉS A GLOBÁLIS HŐMÉRSÉKLET-NÖVEKEDÉS HATÁSAI A KÓROKOZÓK FÖLDRAJZI ELTERJEDÉSÉRE

A megemelkedett légköri CO₂-szint önmagában is kiválthat kismértékű területi változást a növényi kórokozók elterjedésé-

ben. Ennek egyik oka az előbbieken már említett azon tényezőben rejlik, hogy a megnövekedő CO₂-szint miatt javul a víz-háztartás, ami lehetővé teheti, hogy egyes növények szárazabb körülmények között is megéljenek. Ez feltehetően kiváltja az adott növényfaj kórokozóinak és kártevőinek mozgását is.

Sokkal valószínűbb és erősebb területi, illetve földrajzi változás várható amiatt, hogy a megemelkedett CO₂-szint globális hőmérséklet-emelkedést vált ki. A hőmérséklet-változás kiválthatja az éghajlati zónák eltolódását, ez pedig a Föld országaiban megváltozott körülményeket teremt a fitopatogén kórokozók számára. A felmelegedés miatt a mezőgazdasági éghajlati zónák a pólusok felé tolnak és a növények is új területekre vándorolnak. A kórokozók követik majd a növényeket. Az új területen megjelenő kórokozók azokat a természetes növényi társulásokat is megtámadhatják, amelyek azelőtt nem voltak kitéve a kultúrnövényeket károsító – számos esetben sokkal agresszívebb – fajoknak vagy változatoknak. A nagy tápnövénykörrel rendelkező fakultatív parazita kórokozók többségénél várható ez a folyamat, de nem kizárt, hogy az obligát paraziták szintén szélesíthetik gazdanövényeik körét (*Eshed – Dinoor, 1981; Savile – Urban, 1982*). Hogy az előbb említett változás milyen mértékű lesz, az függ a kórokozók és kártevők terjedésének mechanizmusától, a környezet alkalmasságától és a gazda-parazita kapcsolat új környezetben végbemenő, előre nehezen jósolható változásától. Nagy a valószínűsége annak is, hogy a kórokozók mennyiségi arányai és jelentőségük is változik. A felmelegedés miatt olyan hőkedvelő kórokozók léphetnek fel nagy számban, amelyek ismertek az adott területen, de eddig nem igényelték különösebb védekezést. Ha a fagyhatár északra tolódik az északi félgömbön, a magasabb téli hőmérséklet miatt a kórokozók nagyobb számban tudnak majd áttelelni (*Sutherst et al., 1995*). A vírusvektor levéltetvek esetében ez például a vírusos betegségek nagyobb gya-

koriságát vonja maga után, főleg olyan területeken, ahol a vírusok megjelenése a levéltetvek átteleléséhez és tavaszi repüléséhez kötődik (*Harrington et al., 1995*). Nem szabad figyelmen kívül hagyni azt a tényt sem, hogy a károsítók alkalmazkodóképessége óriási, és valószínű, hogy genetikai variabilitásuknak csak azt a kis részét ismerjük, amivel az emberiség a növénytermesztés kezdetei óta szembesülhetett. Az mindenestre tény, hogy a kórokozóknak számos ökotípusa létezik, de keveset tudunk arról, hogy ezek hogyan reagálnak a megváltozott környezeti feltételekre.

AZ ÓZONSZINT VÁLTOZÁSÁNAK HATÁSA A NÖVÉNYI BETEGSÉGEKRE

A szén-monoxid, a nitrogén-oxidok (NO_x) és az illékony szerves vegyületek légköri növekedése a troposzféra ózonmennyiségének megemelkedését is eredményezi. Az Amerikai Egyesült Államok északkeleti területein már az 1990-es években a megengedettnél magasabb ózonértékeket mértek (1200 ppb 1 órán keresztül, *Nescaum, 1993*). Németországban és Franciaországban végzett hosszú távú mérések is igazolták, hogy az ózon koncentrációja jelentősen megemelkedett az elmúlt 100 évben (*Feister – Warmbt, 1987; Volz – Kley, 1988*). *Ashmore és Bell (1991), Krupa és Kickert (1989)* és *Penkett (1988)* teljes körű áttekintést adnak a troposzféraiban található ózonszint emelkedéséről és ennek a klímaváltozásban betöltött lehetséges szerepéről. *Chameides et al. (1994)* becslései szerint a világ mezőgazdasági területeinek 10–35%-a olyan ózonkoncentrációnak van kitéve, amely jelentős termésmennyiség-csökkenést is eredményezhet. *Chameides et al. (1994)* adatai szerint ha nem sikerül csökkenteni a nitrogén-oxidok és illékony szerves vegyületek kibocsátását, akkor 2025-re az ózonkoncentráció az 1990-es évek szintjének háromszorosára is megnövekedhet. A megnövekedett

ózonkoncentráció növények növekedésére és termőképességére gyakorolt hatása többé-kevésbé ismert, azonban a növényi betegségekre gyakorolt hatás csak becsülhető a szakirodalomban fellelhető korábbi eredmények alapján.

A vírusfertőzött növényekről ismert, hogy részben védettek az ózon károsító hatásával szemben. Ezt elsősorban bab- és dohánynövények esetében figyelték meg laboratóriumi és szántóföldi körülmények között (Davis – Smith, 1974, 1976; Reinert et al., 1988).

Az ózon baktériumos betegségekre gyakorolt hatásáról írt tanulmányokban azt találták, hogy ha a fertőzést megelőzően ózonnal kezeltek bab- és szamócanövényeket, akkor a baktériumos fertőzés mértéke csökkent (Howell – Graham, 1977; Lawrence – Wood, 1978ab).

Számos közlemény ismert a gombás betegségek és az ózon közötti összefüggésekről. A munkák jelentős része kétséget kizáróan bizonyította, hogy az ózon megváltoztathatja a növények gombás betegségekkel szembeni fogékonyságát. A gombák ózonnal szembeni viselkedését azok életmódjához kötik. Feltételezések szerint az az ózonkoncentráció, amely a növényre káros, az káros az obligát biotrófokra is, viszont serkenti a nekrotrofok fejlődését. A következtetés azon alapul, hogy a nekrotrofok elsősorban elhalt, illetve legyengült szöveteken élnek, míg a biotrófok az élő, egészséges növényi szöveteket részesítik előnyben (Manning et al., 1969ab). Meg kell azonban jegyezni, hogy számos tanulmányban találhatunk kivételt a fenti általános következtetés alól. Manning et al. (1969ab) arról számol be, hogy az ózonsérülés növelte burgonyalevelek *Botrytis cinerea* által előidézett fertőződését. Burgonyánál *Alternaria solani*-val is folytatnak hasonló eredményekre vezető vizsgálatokat (Biessar, 1982; Holley et al., 1985). Az általános megfigyelés az volt, hogy ózonsérülés fertőzési kapuként szolgált a gomba számára, és így növelte a fertőzés mértékét és a betegség kialakulását. Ismertek azonban

olyan esetek is, amikor az ózonnak nem volt kimutatható hatása a levélbetegségekre, pl. a *B. cinerea*-ra szőlőnél (Tiedemann – Fehrmann, 1986; Tiedemann et al., 1990).

A szén-dioxiddal ellentétben az ózon nem hatol át a talaj felszínén (Turner et al., 1973). Manning et al. (1971b) azt tapasztalták, hogy az ózon fokozta a hajtás és a gyökér öregedését és növelte egyes lebontó gombafajok kolonizálását mind a gyökéren, mind a hipokotilon. A *Heterobasidium annosum* által kiváltott gyökérrothadás fokozódott ózonhatásra fenyőfákon végzett vizsgálatokban (James et al., 1980, 1982). Skelly et al. (1983) vizsgálatai szerint, ha a fehérfenyőt ózonstressz érte, szintén növekedett a *Verticicladiella procer*a által okozott gyökérfertőzés mértéke. Más vizsgálatokban ha a paradicsomnövényeket ózonhatásnak tették ki, akkor későbbre toldott a fuzáriumos hervadás megjelenése, bár a káposzta esetében nem volt mérhető összefüggés a betegség fellépése és az ózonkoncentráció emelkedése között (Manning et al., 1971a; Manning – Vardaro, 1976; Damicone et al., 1987).

In vitro tanulmányokban kimutatták, hogy a pigmentált gombafajokra (pl. az *Alternaria oleraceae*-ra) nem volt káros hatású a négyórás 0,1, 0,4 vagy 0,6 ppm ózonkoncentráció, míg ugyanezen kitettség teljesen meggátolta a *Colletotrichum lagenarium* növekedését és sporulációját (Treshow et al., 1969). Egy másik tanulmány szerint a négyórás 0,1 ppm, illetve a kétórás 1 ppm ózonkoncentráció az *Alternaria solani* konídiumtartók csúcsi sejteinek szétesését idézte elő. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy amint megszűnt a stresszhatás, a konídiumtartók gyorsan meggyógyultak és a megszokott módon képezték a konídiumokat (Rich – Tomlinson, 1986). *Botrytis cinerea*-n végzett tanulmányban, három egymást követő napon, napi 7 órán keresztül, 0,15 ppm ózonkoncentrációnak tették ki a mikroorganizmust, melynek következtében jelentősen csökkent a micélium növekedése. Azonban ha a kezelést követően

egy napig szűrt levegőjű környezetben tartották a mikroorganizmust, akkor felgyorsult a micélium-növekedés és elérte a normális növekedési sebességét (Tiedemann – Fehrmann, 1986). A 0,05 ppm koncentrációjú ózon csökkentette a *Fomes* (*Heterobasidium*) *annosus* konídiumképzését, azonban a hifanövekedés és a konídiumcsírázás csak a 0,1 ppm fölötti koncentrációnál gátlódott (James et al., 1982).

Összefoglalóan megállapítható, hogy a gombák nagyon toleránsak a légtér jelenlegi ózonkoncentrációjával szemben. Szignifikáns hatást csak a fejlődő hifák, illetve csíratömlők esetében tudtak kimutatni, ha a jelenlegi légköri koncentrációnál jóval magasabb ózonkoncentrációnak tették ki azokat. Sőt, néhány esetben a gombák nagyon gyorsan kiheverték az ózonkitettséget. Emellett azt is figyelembe kell venni, hogy szoros negatív korreláció van a nedves időjárás és az ózonkoncentráció között (Guicherit – van Dop, 1977). Nedves idő esetén, ami kedvez a gombák vegetatív növekedésének, az ózonkoncentráció általában alacsony, így a gombákra gyakorolt negatív hatás is csökken.

AZ UV SUGÁRZÁS HATÁSA A NÖVÉNYI BETEGSÉGEKRE

Számos tanulmány született a meg-növekedett UV sugárzás növényekre gyakorolt hatásáról (Teramura, 1983; Krupa – Kickert, 1989; Tevini – Teramura, 1989; Runeckles – Krupa, 1994), azonban csak néhány közlemény foglalkozik az UV sugárzás növényi betegségekre gyakorolt lehetséges hatásaival.

Az első növénypatogén gombákkal végzett vizsgálatokat az 1930-as években végezték (Dillon-Weston, 1931). A korai tanulmányokban nem határozták meg pontosan a fény hullámhosszát, csak a színét. Emellett az esetek döntő többségében az UV sugárzási spektrumokat sem vizsgálták, így nehezen összehasonlíthatók a későbbi ta-

nulmányokkal. Az UV sugárzás gombákra gyakorolt hatásáról pontosabb tanulmányok az 1960-as évektől készültek. Az ekkor végzett vizsgálatok fő célja az volt, hogy a vetőmaggal terjedő gombák azonosításának módszereit fejlesszék ki, illetve hogy serkentsék a gombák sporulációját. A fény, különösen az UV tartomány fontosságát számos tanulmány igazolta a gombák sporulációjában. Fontos azonban tisztázni, hogy a tanulmányok többsége a hosszabb hullámhosszú, 320 és 450 nm közötti UV tartományt vizsgálta.

Leach (1962) 34 gombafaj *in vitro* tenyészetét vizsgálta 320–400 nm hullámhosszú fényben és meghatározta a sporulációra gyakorolt hatásokat. Néhány fajnak, mint pl. egyes *Helminthosporium* fajoknak, az UV fény kitettséget követően sötét periódusra is szüksége volt a tömeges spóráképzéshez. Egy későbbi tanulmányban elkülönítenek ún. direkt sporuláló (direct sporulators) és állandó hőmérsékleten sporuláló (constant temperature sporulators) fajokat. Az előbbieknél (*Alternaria dauci*, *A. tomato*, *Stemphylium botryosum*) a fotosporogenezisnek két jól elkülönülő szakasza volt: az egyik az UV fény által indukált konídiumtartóképződési fázis, a másik a sporuláció végső szakasza, amelyet az UV fény erősen gátolt, a sötétség viszont stimulált. A másik kategóriába tartozó fajok (pl. egyes *Fusarium* és *Helminthosporium* fajok) folyamatos UV sugárzás mellett is beérlelték spóráikat (Leach, 1967).

A 340 nm alatti hullámhosszú UV fény az *Alternaria tomato* tenyészetekben fokozta a sporulációt. A 390 és 515 nm hullámhosszú kék fény azonban teljes mértékben gátolta a sporulációt (Agaraki, 1962). Az UV fény sporulációt serkentő és a kék fény sporulációt gátló ellentétes hatásáról más tanulmány is beszámolt (Honda et al., 1968). A fehér fény közömbösítheti az UV fény serkentő hatását. Ezt mutatta be az a kísérlet, amelyben igazolták, hogy az UV fényt igénylő *Alternaria dauci*, *A. porri* és *A. solani* nem sporulált folyamatos fehér

fényben, annak ellenére, hogy azt az UV fényel együtt alkalmazták. Más fajoknál (pl. az *Alternaria brassicae*, a *Botrytis squamosa* és a *Stemphylium botryosum*) a sporulációt nem befolyásolta a kék fény, egyformán sporuláltak fehér és UV fényben (Sasaki – Honda, 1985).

Az *Alternaria cichorii* (Vakalounakis – Christias, 1981) és az *A. tomato* (Kumagai, 1982) esetében is leírták az UV fény (<340 nm) sporulációt serkentő és a kék fény (360–530 nm) sporulációt gátló hatását. A *Botrytis cinerea* esetében is jelentős sporulációt serkentő hatás volt tapasztalható alacsonyabb hullámhossz-tartományban (305–240 nm, Hite, 1973).

A természetes napfény spektruma is tartalmazza az UV hullámhosszú fénytartományt. Bizonyították, hogy a napfény sporulációra gyakorolt hatása hasonló az UV fény hatásaival, abban az esetben, ha a napfény nem tartalmazza a gátló hatású kék fényt (Leach, 1962, 1971). Ebből következik, hogy a gombák az intenzív, alacsony hullámhosszú fényre a szaporodás megkezdésével válaszolnak. Ökofiziológiai szempontból ez nagyon is ésszerű, hiszen az UV sugárzást majdnem mindig száraz, következőképp a folyamatos vegetatív növekedéshez kedvezőtlen körülmények kísérik. Másrészt az UV tartomány nyilvánvalóan közvetlenül káros lehet az érzékeny fejlődési stádiumokra, mint pl. a konídiumok csírázására (Owens – Krizek, 1980), vagy a vékonyfalú, nem pigmentált askospórákra (Caesar – Pearson, 1983). Így a gomba megvédi magát a kiszáradástól és káros sugárzási hatásoktól azáltal, hogy UV fény jelenlétében hamar sporulál. Az újonnan képződött spórák pedig (különösen, ha sejt-faluk melanint tartalmaz) hatékony eszközei lehetnek a gombák túlélésének (Bell – Wheeler, 1986).

Az UV fény gombák szaporodására gyakorolt hatása felvettette azt a kérdést, hogy hasznos lenne-e az üvegházak tetejét UV-szűrős műanyag fóliával beborítani, hogy csökkentsék a növényi levélbetegségek

előfordulását. Az ezzel kapcsolatos tanulmányok igazolták, hogy az UV fényt elnyelő fóliák használata csökkentette a *Sclerotinia sclerotiorum*, a *Botrytis cinerea*, *B. squamosa* vagy az *Alternaria* fajok által okozott megbetegedések mértékét. Az UV-A és UV-B hullámhosszok kiszűrésével jelentősen csökkent a sporuláció és csökkent a másodlagos fertőzések valószínűsége is (Honda et al., 1977; Honda – Yunoki, 1977; Sasaki – Honda, 1985).

Későbbi vizsgálatokban igazolták, hogy a megemelkedett UV sugárzás hatására nőtt a *Colletotrichum lagenarium* vagy a *Cladosporium cucumericum* okozta megbetegedések mértéke uborkánál. Azonban a jelenség csak akkor volt tapasztalható, ha a növények a fertőzés előtt kaptak fénykezelést (Orth et al., 1990).

A szén-dioxidhoz és az ózonhoz hasonlóan a megnövekedett UV-B sugárzás növényi betegségekre gyakorolt fő hatásai a gazdanövényben bekövetkező változások eredményei. A fő morfológiai változások gyakorlatilag minden növény esetében a csökkent növekedés, a flavonoidok fokozott termelése, a felgyorsult érés és szaporodás, az oldható fehérjék növekedése a levélben és a membránlipidek mennyiségének csökkenése (Teramura, 1983). Egyes vizsgálatok szerint a flavonoidok fontos szerepet játszanak, mint a magas UV sugárzásnak kitett növények védőanyagai (Caldwell et al., 1983; Tevini et al., 1991; Gislefoss et al., 1992).

A KÖRNYEZETI SZÉLSŐSÉGEK HATÁSA A NÖVÉNYKÓROKÓZÓK JÁRVÁNYOS MÉRTÉKŰ FELLÉPÉSÉRE: PÉLDÁK A HAZAI GYÜMÖLCSVÉDELEMBŐL

Ahogy az a korábbiakban is hangsúlyoztuk, a kórokozókra gyakorolt globális klímaváltozási hatások részlegesen ismertek. Az ezzel szoros összefüggésben lévő növényvédelmi technológiai folyamatra gyako-

rolt lehetséges hatásokról még bizonytalannabbak ismereteink, melyre néhány példát a hazai gyümölcsvédelemből mutatunk be.

A klímaváltozás jelentősen befolyásolhatja a csonthéjasok virágainak és gyümölcsseinek monília megbetegedését, sőt olyan fajok (*Monilia fructicola*, *M. polystroma*) megjelenését is, amelyek eddig csak más kontinenseken és melegebb területeken fordultak elő (Holb, 2003, 2004b). Közismert, hogy eddig hazánkban a *M. laxa* a meggyfák virágait támadta elsősorban, előnyben részesítve a későbbi virágzású fajtaikat. A hőmérséklet-változás miatt egyéb csonthéjasok (kajszi, cseresznye) veszélyeztetettsége is megnőhet (Szabó et al., 2004). A klímaváltozás egyértelműen a monília betegségek elterjedésének és az általuk okozott kár súlyosbodásának kedvez, amely komoly növényvédelmi nehézségekkel is együtt járhat.

A klímamódosulás miatt a hazai málnaültvényekben újabban elterjedt a málna szferulinás levélfoltossága (*Sphaerulina rubi*), amelyek eddig csak tőlünk délre, melegebb éghajlati körülmények között okoztak súlyos kárt (Kollányi et al., 2005).

A szélsőséges téli hidegekben az erős napsütés okozta kéregpedések elősegítik a csonthéjasok pszeudomonaszos kéregbetegségét okozó baktériumok (*Pseudomonas* spp.) fertőzését (Véghelyi, 2004).

A gyümölcsstermő növényeken károsító fitoftóra gyökérnyakrothadás (*Phytophthora* spp.) eddig a nedvesebb, enyhébb télű országokban okozott kárt (Véghelyi, 2004). A csapadék csökkenése távol tarthatja ezt a kórokozót a hazai ültvényektől, azonban a rapszódikusan csapadékos évszakok erőteljesen megnövelik a kórokozó fellépési esélyét, különösen faiskolai körülmények között.

A hőmérséklet-változás módosíthatja a gyümölcsstermő növények fiziológiáját és a kórokozókkal szembeni ellenálló képességét. A kórokozóknak a helyi körülményekhez alkalmazkodó ökotípusai alakulnak ki,

ami szintén megnehezíti az ellenük való védekezést. A kórokozók általában mindig nagyobb alkalmazkodóképességgel rendelkeznek az extrém időjárási körülményekkel szemben, mint a gazdanövény. Nagyon jó példa erre az alma ventúriás varasodása, melynek járványt kiváltó változékonysága száraz és csapadékos évszakokban eltérő létfenntartási stratégiákat vált ki (Holb, 2005). A növények önvédelmi mechanizmusának erősítésében az elicitorok fontos szerepet töltenek be. Bizonyítást nyert, hogy az elicitor-tartalmú készítmények segítségével a kórokozók száma csökkenthető extrém időjárási feltételek esetén (Somos – Salamon, 2005).

A klíma változása közvetve megnövelheti a kórokozók fertőzési veszélyét. Példaként említhető az almatermésűek baktériumos tüzelhalása. A kórokozó (*Erwinia amylovora*) fertőzési időszaka a hőmérséklet-emelkedés miatt korábbi időszakra tolódhat és hosszabb – időben elhúzódóbb – lehet a kedvezőbb fertőzési időszak is. A nyár közepén bekövetkező tartós meleg hatására nyár végére fakultatív nyugalomba kerülhetnek az alma- és körtefák, ennek hatására megnő a másodvirágzás esélye, amely a kórokozó egyik legjelentősebb fertőzési kapuja (Soltész, 2003). Az extrém időjárási események közül a jégkár előfordulásának gyakorisága említhető. A jég által okozott sérülések, mint fertőzési kapuk, váratlanul nagy fertőzések kialakulásához vezethetnek, különösen az intenzív hajtásnövekedés időszakában (Bubán, 2004). Mindezek a hatások többszöri és intenzívebb védekezést igényelnek a gyümölcsvédelmet irányító szakemberektől.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány létrejöttét az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok (OTKA) és a Bolyai János Kutatói Ösztöndíj támogatta.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) ARAGAKI, M. (1962): Quality of radiation inhibitory to sporulation of *Alternaria tomato*. *Phytopathology* 52: 1227–1228. (2) ASHMORE, M. R. – BELL, J. N. B. (1991): The role of ozone in global change. *Annals of Botany*, 67 (Supplement 1): 39–48. (3) BAKER, J. T. – ALLEN, L. H., JR. (1994): Assessment of the impact of rising carbon dioxide and other potential climate changes on vegetation. *Environmental Pollution* 83: 223–235. (4) BAZZAZ, F. A. (1990): The response of natural ecosystems to the rising global CO₂ levels. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21: 167–196. (5) BELL, A. A. – WHEELER, M. H. (1986): Biosynthesis and functions of fungal melanins. *Annual Review of Phytopathology* 24: 11–51. (6) BISESSAR, S. (1982): Effect of ozone, antioxidant protection, and early blight on potato in the field. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences* 197: 597–599. (7) BROOKS, C. – MILLER, E. V. – BRATLEY, C. O. – COOLEY, J. S. – MOOK, P. V. – JOHNSON, H. B. (1932): Effect of solid and gaseous carbon dioxide upon transit diseases of certain fruits and vegetables. *USDA Technical Bulletin* No. 318. 60 pp. (8) BROWN, W. (1922): On the germination and growth of fungi at various temperatures and in various concentrations of oxygen and of carbon dioxide. *Annals of Botany* 36: 257–283. (9) BUBÁN, T. (2004): Az almatermésűek baktériumos tüzelhalásos betegsége. In: Inántsy, F. és BALÁZS, K. (szerk.): Integrált növénytermesztés. Alma. Agroinform Kiadó, Budapest. (10) CAESAR, A. J. – PEARSON, R. C. (1983): Environmental factors affecting survival of ascospores of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Phytopathology*, 73: 1024–1030. (11) CALDWELL, M. M., ROBBRECHT, R. – FLINT, S. D. (1983): Internal filters: Prospects for UV-acclimation in higher plants. *Physiological Plantarum* 58: 445–50. (12) CHAKRABORTY, S. – MURRAY, G. M. – MAGAREY, P. A. – YONOW, T. – O'BRIEN, R. G. (1998): Potential impact of climate change on plant diseases of economic significance to Australia. *Australasian Plant Pathology* 27: 15–35. (13) CHAKRABORTY, S. – VON TIEDEMANN, A. – TENG, P. S. (2000): Climate change and air pollution: potential impact on plant diseases. *Environmental Pollution* 108 (3): 317–326. (14) CHAMEIDES, W. L., KASIBATHA, P. S., YIENGER, J. & LEVY, H. (1994): Growth of continental-scale metro-agro-plexes, regional ozone pollution, and world food production. *Science* 264: 747. (15) COAKLEY, S. M. (1995): Biospheric change: Will it matter in plant pathology? *Canadian Journal of Plant Pathology* 17: 147–153. (16) COAKLEY, S. M. – SCHERM, H. (1996): Plant disease in a changing global environment. *Aspects of Applied Biology* 45: 227–238. (17) COTTY, P. J. (1987): Modulation of sporulation of *Alternaria tagetica* by carbon dioxide. *Mycologia* 79: 508–513. (18) COUEY, H. M. – WELLS, J. M. (1970): Low-oxygen of high carbon dioxide atmospheres to control postharvest decay of strawberries. *Phytopathology* 60: 47–49. (19) CURE, J. D. (1986): Crop responses to carbon dioxide doubling: A literature survey. *Agricultural and Forest Meteorology* 38: 127–145. (20) DAMICONE, J. P., MANNING, W. J., HERBERT, S. J. & FEDER, W. A. (1987): Growth and disease response of soybeans from early maturity groups to ozone and *Fusarium oxysporum*. *Environmental Pollution* 48: 117–30. (21) DAVIS, D. D. – SMITH, S. H. (1974): Reduction of ozone sensitivity of pinto bean by bean common mosaic virus. *Phytopathology* 64: 383–385. (22) DAVIS, D. D. – SMITH, S. H. (1976): Reduction of ozone sensitivity of pinto bean by virus-induced local lesions. *Plant Disease Reporter* 60: 31–34. (23) DILLON-WESTON, W. A. R. (1931): The reaction of disease organisms to certain wavelengths in the visible and invisible spectrum. II. Reaction of urediniospores to visible light: Wave-lengths between 400 and 780 nm. *Journal of Phytopathology* 3: 229–246. (24) DINOOR, A. 1974. Role of wild and cultivated plants in the epidemiology of plant diseases in Israel. *Annual Review of Phytopathology* 12: 413–436. (25) DURBIN, R. D. (1959): Factors affecting the vertical distribution of *Rhizoctonia solani* with special reference to CO₂ concentration. *American Journal of Botany* 46: 22–25. (26) DYCK, P. L. – JOHNSON, R. (1983): Temperature sensitivity of genes for resistance in wheat to *Puccinia recondita*. *Canadian Journal of Plant Pathology* 5: 229–234. (27) ESHED, N. – DINOOR, A. (1981): Genetics of pathogenicity in *Puccinia coronata*: the host range among grasses. *Phytopathology* 71: 156–163. (28) FEISTER, U. – WARMBT, W. (1987): Long-term measurements of surface ozone in the German Democratic Republic. *Journal of Atmosphere Chemistry* 5: 1–21. (29) FOWLER, A. M. – HENNESSY, K. J. (1995): Potential impacts of global warming on the frequency and magnitude of heavy precipitation. *Natural Hazards* 11: 283–303. (30) GAEUMANN, E. (1951). Der Einfluss des Lichtes auf die

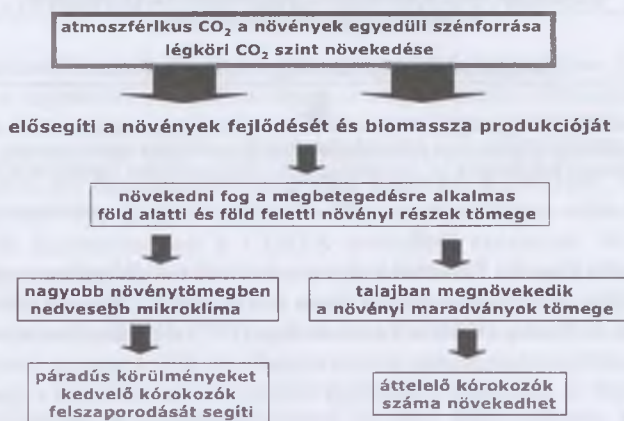
- Krankheitsbereitschaft des Wirtes. In: *Pflanzliche Infektionslehre*, Verlag Birkhauser, Basel, pp. 525–532. (31) GERECHTER-AMITAI, Z. K. – SHARP, E. L. – REINHOLD, M. (1984): Temperature-sensitive genes for resistance to *Puccinia striiformis* in *Triticum dicoccoides*. *Euphytica* 33: 665–672. (32) GIFFORD, R. M. (1979): Growth and yield of carbon dioxide-enriched wheat under water-limited conditions. *Australian Journal of Plant Physiology* 6: 367–378. (33) GISLEFOSS, J. S., KJELDSTADT, B. & BAKKEN, A. K. (1992): Optical properties of the epidermis of leak (*Allium ampelosprasmum* L.) and cabbage (*Brassica oleracea* L.) after enhanced ultraviolet-B radiation. *Acta Agriculturae Scandinavica* 42: 173–6. (34) GRIFFIN, D. M. – NAIR, N. G. (1968): Growth of *Sclerotium rolfsii* at concentrations of oxygen and carbon dioxide. *Journal of Experimental Botany* 19: 812–816. (35) GUICHERIT, R. – VAN DOP, H. (1977): Photochemical production of ozone in Western Europe (1971–1975) and its relation to meteorology. *Atmosphere Environment* 11: 145–55. (36) HARRINGTON, R. – BALE, J. S. – TATCHELL, G. M. (1995): Aphids in a changing climate. pp. 125–155. In: HARRINGTON, R. – STORK, N. E. (eds.): *Insect in Changing Environment*. London, UK: Academic Press. (37) HENNESSY, K. J. – PITTOCK A. B. (1995): Greenhouse warming and threshold temperature events in Victoria, Australia. *International Journal of Climatology* 15: 591–612. (38) HITE, R. E. (1973): The effect of irradiation on the growth and asexual reproduction of *Botrytis cinerea*. *Plant Disease Reporter* 57: 131–135. (39) HOLB, I. (2003): The brown rot fungi of fruit crops (*Monilinia* spp.): I. Important features of their biology. *International Journal of Horticultural Science* 9 (3–4): 12–36. (40) HOLB, I. (2004a): A légköri koncentráció CO₂ koncentráció és a hőmérsékletváltozás hatásai a növényi kórokozókra és állati kártevőkre. *AGRO-21 Füzetek* 34: 129–138. (41) HOLB, I. (2004b): The brown rot fungi of fruit crops (*Monilinia* spp.): II. Important features of their epidemiology. *International Journal of Horticultural Science* 10 (1): 12–19. (42) HOLB, I. (2005): Az időjárási elemek változékonyságának hatása az alma ventúriás varasodás járványok kialakulására. *AGRO-21 Füzetek* 39: 76–84. (43) HOLLEY, J. D., HOFSTRA, G. & HALL, R. (1985): Appearance and fine structure of lesions caused by the interaction of ozone and *Alternaria solani* in potato leaves. *Canadian Journal of Plant Pathology* 7: 277–282. (44) HONDA, Y., SAKAMOTO, M. & ODA, Y. (1968): Blue and near ultraviolet reversible photoreaction on the sporulation of *Helminthosporium oryzae*. *Plant & Cell Physiology* 9: 603–637. (45) HONDA, Y., TOKI, T. & YUNOKI, T. (1977): Control of gray mold of greenhouse cucumber and tomato by inhibiting sporulation. *Plant Disease Reporter* 61: 1041–1044. (46) HONDA, Y. – YUNOKI, T. (1977): Control of *Sclerotinia* disease of greenhouse eggplant and cucumber by inhibition of development of apothecia. *Plant Disease Reporter* 61: 103–140. (47) HOWELL, R. K. – GRAHAM, J. H. (1977): Interaction of ozone and bacterial leaf spot of alfalfa. *Plant Disease Reporter* 61: 565–567. (48) IMOLEHIN, E. D. – GROGAN, R. G. (1980): Effects of oxygen, carbon dioxide and ethylene on growth, sclerotial production, germination and infection by *Sclerotinia minor*. *Phytopathology* 70: 1158–1161. (49) IPCC, 1996: *Climate change 1995*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 570 pp. (50) IPCC, 2001: *Climate change 2001: The scientific basis*. Contribution of Working group I to the third Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge: Cambridge University Press, 881 pp. (51) JAMES, R. L. – COBB, F. W. JR – PARMETER, J. R. JR (1982): Effects of ozone on sporulation, spore germination, and growth of *Fomes annosus*. *Phytopathology* 72: 1205–1208. (52) JAMES, R. L. – COBB, F. W. JR – MILLER, P. R. – PARMETER, J. R., JR (1980): Effects of oxidant air pollution on susceptibility of pine roots to *Fomes annosus*. *Phytopathology* (53) KARLMAN, M. – HANSSON, P. – WITZELL, J. (1994): *Scleroderris* canker on lodgepole pine introduced in northern Sweden. *Canadian Journal of Forest Research* 24: 1948–1959. (54) KATAN J. (1971): Symptomless carriers of the tomato *Fusarium* wilt pathogen. *Phytopathology* 61: 1213–1217. (55) KATTENBERG, A. – GIORGI, F. – GRASSL, H. – MEEHL, G. A. – MITCHELL, J. F. B. (1996): Climate models projections of future climate. pp. 285–357. In: IPCC: *Climate change 1995*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. (56) KLAUS, H. (1943): Untersuchungen ueber *Alternaria solani* Jones et Grout, insbesondere ueber seine Pathogenitaet an Kartoffelknollen in Abhaengigkeit von den Aussnfaktoren. *Journal of Phytopathology* 13: 126–195. (57) KOLLÁNYI, L. – KOLLÁNYI, G. – HAJDÚ, B. (2005): A kártevők és kórokozók állományának változása málnaültetvényekben. *AGRO-21 Füzetek* 45: 205–211. (58) KRITZMAN, G. – CHET, I. – HENIS, Y. (1977): Effect of carbon dioxide on growth and carbohydrate metabolism in *Sclerotium rolfsii*. *Journal of General Microbiology* 100: 167–175. (59) KRUPA, S. V. – KICKERT, R. N. (1989): The greenhouse

effect: Impacts of ultraviolet-B (UV-B) radiation, carbon dioxide (CO₂), and ozone (O₂) on vegetation. *Environmental Pollution* 61: 263–393. (60) KUMAGAI, T. (1982): Blue and near ultraviolet reversible photoreaction in the induction of fungal conidiation. *Photochemistry & Photobiology* 35: 123–125. (61) LAURENCE, J. A. – WOOD, F. A. (1978a): Effects of ozone on infection of soybean by *Pseudomonas glycinea*. *Phytopathology* 68: 44–45. (62) LAURENCE, J. A. – WOOD, F. A. (1978b): Effect of ozone on infection of wild strawberry by *Xanthomonas fragariae*. *Phytopathology* 68: 689–692. (63) LEACH, C. M. (1962): Sporulation of diverse species of fungi under near-ultraviolet radiation. *Canadian Journal of Botany* 40: 151–161. (64) LEACH, C. M. (1967): Interaction of near-ultraviolet light and temperature on sporulation of the fungi *Alternaria*, *Cercospora*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, and *Stemphylium*. *Canadian Journal of Botany* 45: 1999–2016. (65) LEACH, C. M. (1971): A practical guide to the effects of visible and ultraviolet light on fungi. *Methods in Microbiology* 4: 609–664. (66) LOCKHART, C. L. – EAVES, C. A. – CHIPMAN, E. W. (1969): Suppression of rots on four varieties of mature green tomatoes in controlled atmosphere storage. *Canadian Journal of Plant Science* 49: 265–269. (67) LOEHLE C. 1996. Forest response to climate change: Do simulations predict unrealistic dieback? *Journal of Forestry* 94 (9): 13–15. (68) LONSDALE, D. – GIBBS, J. N. (1996): Effects of climate change on fungal diseases of trees. pp. 1–19. In: FRANKLAND, J. C. – MAGAN, N. – GADD, G. M. (eds.): *Fungi and Environmental Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. (69) MANNING, W. J. – FEDER, W. A. – PERKINS, I. (1969a): Ozone injury increases infection of geranium leaves by *Botrytis cinerea*. *Phytopathology* 60: 669–670. (70) MANNING, W. J., FEDER, W. A., PAPIA, P. M. & PERKINS, I. (1971a): Effects of low levels of ozone on growth and susceptibility of cabbage plants to *Fusarium oxysporum* f sp. *conglutinans*. *Plant Disease Reporter*, 55: 47–9. (71) MANNING, W. J. – FEDER, W. A. – PAPIA, P. N. – PERKINS, I. (1971b): Influence of foliar ozone injury on root development and root surface fungi of pinto bean plants. *Environmental Pollution* 1: 305–312. (72) MANNING, W. J. – FEDER, W. A. – PERKINS, I. – GLICKMAN, M. (1969b): Ozone injury and infection of potato leaves by *Botrytis cinerea*. *Plant Disease Reporter* 53: 691–693. (73) MANNING, W. J. – VARDARO, P. M. (1976): Ozone and *Fusarium*: Effects on the growth and development of a wilt-susceptible tomato and a wilt-resistant tomato. *Proceedings of the American Phytopathological Society* 3: 227. (74) MANNING, W. J. – VON TIEDEMANN, A. (1995): Climate change: potential effects of increased atmospheric carbon dioxide (CO₂), ozone (O₃), and ultraviolet-B (UV-B) radiation on plant diseases. *Environmental Pollution* 88: 219–245. (75) MARTENS, J. W. – MCKENZIE, R. I. H. – GREEN, G. J. (1967): Thermal stability of stem rust resistance in oat seedlings. *Canadian Journal of Botany*. 45: 451–458. (76) MEARNES, L. O. – ROSENZWEIG, C. – GOLDBERG, R. (1997): Mean and variance change in climate scenarios: methods, agricultural applications, and measures of uncertainty. *Climatic Change* 35: 367–396. (77) MITCHELL, D. J. – MITCHELL, J. E. (1973): Oxygen and carbon dioxide concentration effects on the growth and reproduction of *Aphanomyces euteiches* and certain other soil-borne pathogens. *Phytopathology* 63: 1053–1059. (78) MITCHELL, D. J. – ZENTMYER, G. A. (1971): Effects of oxygen and carbon dioxide tensions on growth of several species of *Phytophthora*. *Phytopathology* 61: 787–791. (79) MORISON, J. I. L. (1987): Intercellular CO₂ concentration and stomatal response to CO₂. In: ZEIGER, E. – FARQUHAR, G. D. – COWAN, I. R. (eds.): *Stomatal Function*. Stanford, CA, USA: Stanford University Press. (80) NESCAUM (1993). Widespread ozone violations-summer 1993. NE Airoport, Boston, MA, USA. (81) OERKE, E. C. – DEHNE H. W. – SCHONBECK, F. – WEBER, A. (1994): *Crop Production and Crop Protection: Estimated Losses in Major Food and Cash Crops*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier. (82) ORTH, A. B. – TERAMURA, A. H. – SISLER, H. D. (1990): Effects of ultraviolet-B radiation on fungal disease development in *Cucumis sativus*. *American Journal of Botany* 77: 1188–1192. (83) OWENS, O. V. – KRIZEK, D. T. (1980): Multiple effects of UV radiation (265–330 nm) on fungal spore emergence. *Photochemistry & Photobiology* 32: 41–49. (84) PAPAIVAS, G. C. – DAVEY, C. B. (1962): Activity of *Rhizoctonia* in soil as affected by carbon dioxide. *Phytopathology* 52: 759–766. (85) PENKETT, S. A. (1988). Increased tropospheric ozone. *Nature* 332:204. (86) PHILLIPS, D. J. (1985): Postharvest control of *Botrytis* rot of roses with carbon dioxide. *Plant Disease* 69: 789–790. (87) POORTER, H. (1993): Interspecific variation in the growth response of plants to an elevated ambient CO₂ concentration. *Vegetation* 104/105: 77–97. (88) PUNJA, Z. K. – JENKINS, S. F. (1984): Influence of temperature, moisture, modified gaseous atmosphere, and depth in soil on eruptive sclerotial germination of

- Sclerotium rolfsii*. *Phytopathology* 74: 749–754. (89) RAMOS, L. J. – VOLIN, R. B. (1987): Role of stomatal opening and frequency on infection of *Lycopersicon* spp. by *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. *Phytopathology* 77: 1311–1317. (90) RASCHKE, K. (1975): Stomatal action. *Annual Review of Plant Physiology* 26: 309–340. (91) REINERT, R. A. – RUFTY, R. C. – EASON, G. (1988): Interaction of tobacco etch or tobacco vein mottling virus and ozone on biomass changes in Burley tobacco. *Environmental Pollution* 53: 209–218. (92) RICH, S. – TOMLINSON, H. (1968): Effects of ozone on conidiophores and conidia of *Alternaria solani*. *Phytopathology* 58: 4446. (93) RIHA, S. J. – WILKS, D. S. – SIMOENS, P. (1996): Impact of temperature and precipitation variability on crop model predictions. *Climatic Change* 32: 293–311. (94) RISHBETH, J. (1991): Armillaria in an ancient broadleaved woodland. *European Journal of Forest Pathology* 21: 239–249. (95) ROYLE, D. J. – THOMAS, G. G. (1971): The influence of stomatal opening on the infection of hop leaves by *Pseudoperonospora humuli*. Observations with the scanning electron microscope on the early stages of hop leaf infection by *Pseudoperonospora humuli*. *Physiological Plant Pathology* 33: 329–343. (96) SANDEN, G. E. – MOORE, L. D. (1978): Effect of heat-induced susceptibility to tobacco black shank on protein content and on activity of peroxidases. *Phytopathology* 68: 1164–1167. (97) SASAKI, T. – HONDA, Y. (1985): Control of certain diseases of greenhouse vegetables with ultraviolet-absorbing film. *Plant Disease* 69: 530–533. (98) SAVILE, D. B. O. – URBAN, Z. (1982): Evolution and ecology of *Puccinia graminis*. *Preslia* 54: 97–104. (99) SCHANS, J. (1991): Reduction of leaf photosynthesis and transpiration rates of potato plants by second-stage juveniles of *Globodera pallida*. *Plant, Cell & Environment* 14: 707–712. (100) SKELLY, J. M. – YANG, Y. S. – CHEVONE, B. I. – LONG, S. J. – NELLESSEN, E. – WINNER, W. E. (1983): Ozone concentrations and their influence on forest species in the Blue Ridge Mountains of Virginia. In *Air Pollution and the Productivity of the Forest*, ed. D. D. Davis. Izaak Walton League of America. (101) SMART, M. G. – HOWARD, K. M. – BOTHAST, R. J. (1968): Effect of carbon dioxide on sporulation of *Alternaria crassa* and *Alternaria cassiae*. *Mycopathologia* 118: 167–171. (102) SOLTÉSZ, M. (2003): Fenológia. In: Papp, J. (szerk.): Gyümölcsstermesztési alapismeretek. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 282–291. (103) SOMOS, F. – SALAMON, GY. (2005): Goëmar BM-86 – új eszköz a minőségi árutermeléshez. *Növényorvos* 1: 54–55. (104) STOVER, R. H. – FRIEBERG, S. R. (1958): Effect of carbon dioxide on multiplication of *Fusarium* in soil. *Nature* 181: 788–789. (105) SUTHERST, R. W. – MAYWALD, G. F. – SKARRATT, D. B. (1995): Predicting insect distributions in a changed climate. pp. 59–91. In: HARRINGTON, R. – STORK, N. E. (eds.): *Insect in Changing Environment*. London, UK: Academic Press. (106) SVIRCEV, A. M. – MCKEEN, W. E. – BERRY, J. W. (1984): Sensitivity of *Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina* to carbon dioxide, compared to that of *Botrytis cinerea* and *Aspergillus niger*. *Phytopathology* 74: 445–447. (107) SZABÓ, T. – NYÉKI, J. – SOLTÉSZ, M. – RACSKÓ, J. – HARSÁNYI, G. – SZABÓ, Z. (2004): A hazai meggytermelés biztonsága és befolyásoló tényezői. *AGRO-21 Füzetek* 34: 3–20. (108) TABAK, H. H. – COOKE, W. B. (1968): The effects of gaseous environments on the growth and metabolism of fungi. *Botanical Reviews* 34: 126–252. (109) TERAMURA, A. H. (1983): Effects of ultraviolet-B radiation on the growth and yield of crop plants. *Physiological Plantarum* 58: 415–427. (110) TEVINI, M., BRAUN, J. & FIESER, G. (1991): The protective function of the epidermal layer of rye seedlings against ultraviolet-B radiation. *Photochemistry & Photobiology* 53: 3293–33. (111) TIEDEMANN, A. VON – BRUCKNER, G. – FEHRMANN, H. (1990): Susceptibility changes of some agricultural plants to fungal pathogens after fumigation with ozone in closed chambers. In *Air Pollution Res.* ed., H. D. Payer, T. Pfirrmann & P. Mathy. Report 26. CEC, 449–458. (112) TIEDEMANN, A. VON – FEHRMANN, H. (1986): Increased susceptibility of grapevine against *Botrytis cinerea* after fumigation with sulphur dioxide and ozone. *Weinwiss.* 3: 177–181. (113) TRESHOW, M. – HARNER, F. M. – PRICE, H. E. – KORMELINK, J. R. (1969): Effects of ozone on growth, lipid metabolism and sporulation of fungi. *Phytopathology* 59: 122–135. (114) TURNER, N. C. – RICH, S. – WAGGONER, P. E. (1973): Removal of ozone by soil. *J. Environmental Quality* 2: 259–64. (115) VAKALOUNAKIS, D. J. – CHRISTIAS, C. (1981): Sporulation in *Alternaria cichorii* is controlled by a blue and near ultraviolet reversible photoreaction. *Canadian Journal of Botany* 59: 62–68. (116) VÉGHÉLYI, K. (2004): Gyökérbetegségek. In: Inántszy, F. és Balázs, K. (szerk.): Integrált növénytermesztés. Meggy, cseresznye. Agroinform Kiadó, Budapest, 110–114. (117) VOLK, A. (1931): Einflüsse des Bodens, der Luft und des Lichtes auf die Empfaenglichkeit der Pflanzen fuer

Krankheiten. *Journal of Phytopathology* 3: 1–88. (118) VOLZ, A. – KLEY, D. (1988): Evaluation of the Montsouris series of ozone measurements made in the nineteenth century. *Nature* 332: 240–242. (119) WELLS, J. M. (1974): Growth of *Erwinia carotovora*, *E. atroseptica* and *Pseudomonas fluorescens* in low oxygen and high carbon dioxide atmospheres. *Phytopathology* 64: 1012–1015. (120) WELLS, J. M. – UOTA, M. (1970): Germination and growth of five fungi in low-oxygen and high-carbon dioxide atmospheres. *Phytopathology* 60: 50–53. (121) WIGLEY, T. M. L. (1985): Impact of extreme events. *Nature* 316: 106–107. (122) WILSON, J. R. – DEINUM, B. – ENGELS, F. M. (1991): Temperature effects on anatomy and digestibility of leaf and stem of tropical and temperate forage species. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 39: 31–48. (123) WONG, S. C. (1979): Elevated atmospheric partial pressure of CO₂ and plant growth. I. Interactions of nitrogen nutrition and photosynthetic capacity in C3 and C4 plants. *Oecologia* 44: 68–74.

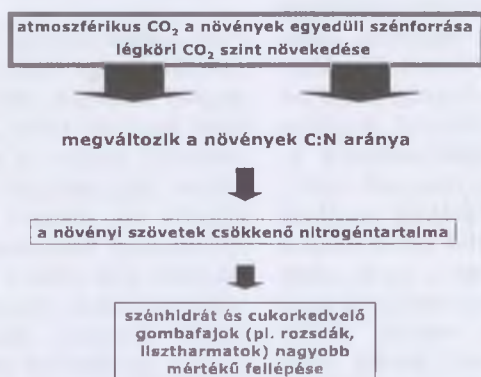
1. ábra



Az emelkedő CO₂-szint közvetett hatásai: a növényfejlődés és a növényi biomassza-termelés növekedése

Forrás: a szerző összefoglaló ábrája Poorter (1993) megállapításai nyomán

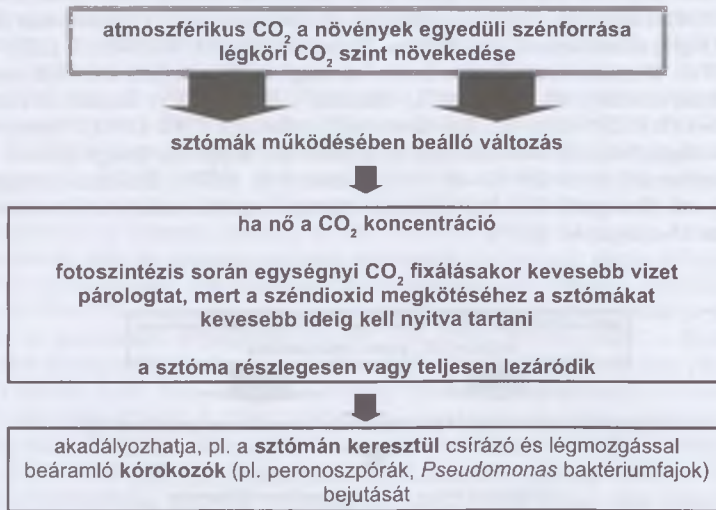
2. ábra



Az emelkedő CO₂-szint közvetett hatásai: növényi szövetek C:N arányában bekövetkező változás

Forrás: a szerző összefoglaló ábrája Manning és Tiedemann (1995) megállapításai nyomán

3. ábra



Az emelkedő CO₂-szint közvetett hatásai: a sztómák működésében beálló változás

Forrás: a szerző összefoglaló ábrája Raschke (1975), Morison (1987), Royle és Thomas (1971) és Ramos és Volin (1987) megállapításai nyomán

A KLÍMAVÁLTOZÁS VÁRHATÓ HATÁSA A KUKORICA ÉS A BÚZA FENOFÁZISAINAK ALAKULÁSÁRA

ERDÉLYI ÉVA – FERENCZY ANTAL – BOKSAI DANIELLA

Kulcsszavak: fenofázis, klímaváltozás, kukorica, őszi búza, modell.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A globális klímaváltozás hatásai megjelennek a mezőgazdaságban is. A búza- és kukoricatermelésre leginkább a hőmérséklet és a csapadékszint változása hat. Célunk az éghajlatváltozás hatásának vizsgálata – a hazánkban legnagyobb területen termelt két növény – a kukorica és őszi búza fenológiai fázisainak hosszára és a fázisok kezdő napjának időpontjára. Az elemzéseket különböző időjárási scenáriók, illetve referencia időszakok, az 1960–1990-ig tartó időintervallum meteorológiai adatai alapján végeztük. Szimulációs kísérletünkben a CERES modellből származó, hazai viszonyokra adaptált és magyar kutatók által bővített, fejlesztett 4M szimulációs modellrendszer 4.1.-es, legfrissebb verzióját használtuk, mely a talaj – növény – időjárás kapcsolatát írja le napi léptékben kalkulálva. Vizsgálatunkat Debrecen példáján mutatjuk be, mivel térsége jelentős szerepet tölt be Magyarország mezőgazdaságában. Összességében elmondható, hogy a hőmérséklet-emelkedés hatására a kukorica és őszi búza fenológiai fázisainak lerövidülése, a fenológiai fázisok kezdeti időpontjának előbbre tolódása várható. A számítógépes növénynövekedési szimulációs modellek hosszas és költséges kísérletek elkerülésével használhatók a megváltozó körülmények lehetséges hatásainak feltérképezésére és az alkalmazkodási lehetőségek vizsgálatában.

BEVEZETÉS

Sokat vitatott és izgalmas kérdés, hogy milyen mértékű globális éghajlatváltozás várható és annak milyen regionális megvalósulásai lehetnek. A klíma esetleges megváltozásának becslése és várható következményeinek vizsgálata napjaink egyik legsürgetőbb tudományos feladata. Az éghajlat lehetséges jövőbeni alakulását klímamodellekkel szimulálják. A kutatók által előrevetített globális felmelegedés lokális következményeit számos hazai vizsgálat elemzi. Az időjárás jelentősen befolyásolja a növények, így a búza és kukorica egyedfejlődését is. A felmelegedési időszakokban gyorsul a

növényfejlődés, s így rövidül a tényleges vegetációs periódus, miközben a hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus hosszabbodik. Ennek következtében a természetett fajták, hibridek biztosabban beérnek, sőt, esetleg új, hosszabb tenyészidejű genotípusok köztermesztésbe vétele is felmerülhet (Varga-Haszonits *et al.*, 2005). A felvetődő kérdések, problémák kiküszöbölésére való felkészüléshez nélkülözhetetlen annak megértése, hogy a természetett növényekre hogyan és milyen mértékben hatnak közvetlenül és közvetve a változások, elősegítve ezzel többek között a növénynemesítők munkáját a megfelelő ellenálló képességű fajok és fajták kiválasztásában és nemesítésében.

sében. A hosszas és költséges kísérletek elkerülésére, az adatok feldolgozására és az adott helyekre a megfelelő növényfajták kiválasztásának elősegítésére számítógépes növénynövekedési és produkciós szimulációs modelleket használnak (Harnos N., 2002). A legtöbb növény növekedése melegebb hőmérsékleten felgyorsul, feltéve hogy elegendő tápanyag és víz áll rendelkezésre. Egy bizonyos határ után azonban a hőmérséklet fokozódása a növekedés csökkenéséhez vagy akár elhaláshoz is vezethet. Munkánk célja az éghajlatváltozás hatásának vizsgálata a kukorica és az őszi búza fenológiai fázisainak hosszára, a fázisok kezdő napjának időpontjára. Szimulációs kísérletünkben a *CERES modellből* származó, magyar kutatók által bővített és hazai viszonyokra fejlesztett 4M (*Magyar Mezőgazdasági Modellezők Műhelye*) (Fodor et al., 2002) szimulációs modellrendszer 4.1.-es, legfrissebb verzióját használtuk, mely a talaj – növény – időjárás kapcsolatát írja le napi léptékben kalkulálva.

Vizsgálatunkat *Debrecen* példáján keresztül mutatjuk be, mivel térsége jelentős szerepet tölt be Magyarország mezőgazdaságában. A kísérlet során nem vettük figyelembe a különböző fajták eltérő termesztési feltételeit, nem különböztettünk meg agrotechnikai módszereket és lehetséges eltérő hatásait. A hazánkban termesztett őszi búzával és kukoricával kapcsolatos általános tapasztalatokat alkalmaztuk. Az összehasonlítás céljából, időjárási inputként különböző klímaváltozási scenáriókat és az 1960–90-es referencia időszakok mért adatait használtuk. Mindkét növény esetében – vizsgálatunk alapján és a közelmúlt tapasztalataival összhangban – azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a betakarítás időpontja hamarabbra várható.

A szimulációs modellek és a kísérlet eredményei jól használhatók a klímaváltozás lehetséges hatásainak elemzésében, segíthetik a várható hatásokra való felkészülést, az alkalmazkodási stratégiák és kárcsökkentő akciótervek kidolgozását.

MODELLEZÉS, SZIMULÁCIÓS KÍSÉRLETEK

A többi természettudományhoz hasonlóan a matematika szerepe az ökológiában a mintázatok mögött húzódó mechanizmusok felderítése. A rendszereket leíró matematikai modellek sokfélék és bonyolultak. A modellezés egyik legfontosabb erénye, hogy a modellek alapján egyértelműen megfogalmazott feltételek mellett határozott, sokszor nagyon éles következtetéseket lehet megfogalmazni.

A növénytermesztők és növénynemesítők hasznára különböző bonyolultságú növényi növekedési modelleket dolgoztak ki az egyszerű statisztikai regressziós modellektől az összetett mechanizmusú modellekig, részfolyamatok modellezésére, vagy akár az egész növény viselkedését szimulálva.

A szimulációs módszerek megjelenése a mezőgazdaságban nemcsak a rendszerelmélet térhódításával függ össze, hanem a valóság mind pontosabb megismerésének szinte napról napra fokozódó igényével.

Nagy rugalmasságukkal ezek a módszerek új távlatokat nyitnak meg az agrárgazdasági kutatásokban és a különböző szintű mezőgazdasági döntések jobb megalapozására irányuló törekvések kielégítésében (Huzsvai et al., 1995).

A legkézenfekvőbb előrejelzési módszer tehát a klíma jövőbeni alakulására az, ha kivetítjük a közelmúlt változási tendenciáit a közeljövőre, amihez a modellezés nyújthat segítséget. A kísérleti kutatás mellett több kutató is alkalmaz szimulációs modelleket a környezeti stresszek hatásainak a megértéséhez és leírásához.

A szimulációs növénytermesztési modellek különböző függvényekkel, differenciálegyenletekkel, illetve ezekből felépülő modulokkal írják le a légkör – talaj – növény rendszer folyamatait. Ezen modulok egy része – amiket mi is használtunk – nyomon követi a modellezett növény fejlődését és növekedését.

Szimulációs modellek alkalmazása a búza és kukorica fejlődésének vizsgálatára

Az utóbbi évtizedekben a különböző modellek alkotása és felhasználása egyre gyakoribbá vált. Ismertebb búza szimulációs modellek az *AFRCWHEAT*, a *Ceres-Wheat* (mely része a DSSAT döntést támogató és szaktanácsadó rendszernek), a *SIRIUS* (Jamienson et al., 1998). Ezek a modellek részletes időjárás adatokat, talajjellemzőket, agrotechnikai leírást (fajta, vetésideő, műtrágyázás, öntözés stb.) használnak inputként. Mindhárom modell a búzanövekedés és -fejlődés komplex modellje, mely leírja a búza fenológiai fejlődését, a szárazanyag-termelését és a szövetek közötti szárazanyag-megoszlást különböző környezeti paraméterek között, napi léptékben. Kutatók számos kísérletet végeztek modellekkel a klímaváltozás várható hatásainak elemzésére különböző klimatikus kondíciókon. Megállapították, hogy a búza, árpa, rozs, burgonya és kukorica termesztetősége 100–150 km-rel északra tolódik a hőmérséklet 1 °C-os emelkedése esetén, és növekedhet a termés mennyisége is (Harnos N., 2002). A *Ceres-Wheat* és a *Sirius* modellekkel vizsgálták a forró nyár és nyári szárazság hatását búzára. A *Ceres-Wheat* érzékenyebbnek mutatta a búzát a szárazságra, a *Sirius* pedig a forróságra. Mindkét modell a korai virágzási idejű növényeket részesítette előnyben, melyekre kevésbé negatívan hatottak a szimulált stresszek. Eredmények mutatják, hogy Európa nagy részében a búza termése növekedhet a klímaváltozás hatásaként, aminek okozója az emelt légköri CO₂-koncentráció közvetlen hatása a nettó CO₂-asszimilációra és a vízfelhasználás hatékonyságának növekedésére, másrészt az északi területeken a fagymentes időszakok növekedése. Növénynövekedési szimulációs modellek felhasználásával a GCM klímaszcenáriók által leírt klímaváltozás hatásait a búzatermelésre a magyar viszonyokra is próbálták előrevetíteni. Harnos Noémi (2002) a globális felmelegedés búzaterme-

lésre gyakorolt hatásának vizsgálatához a U.K. Hadley Centre HadCM2 egységes klímaváltozási modell alapján készült klímaváltozási szcenáriókat használta és az eredményeket az 1961–1990-es megfigyelt időjárás adatok felhasználásával futtatott eredményekhez hasonlította. A klímaváltozás hatását a búza érési időpontjának, a föld feletti száraztömeg és a termés átlagának és szórásának változásával vizsgálta. A *Ceres-Wheat*, az *AFRCWHEAT2* módosított változata az *AF2MOD* modellekkel végzett szimulációkat átlagosan 16 nappal korábbi érési időpontot jeleznek. A korábbi érés oka az átlagosan magasabb hőmérséklet, mely által a növény hamarabb éri el a kívánt hőösszeget. Harnos Noémi (2002) munkájában megállapította, hogy ezek a modellek jól használhatók a magyarországi búzatermelés leírására, különösen Hajdú-Bihar megyében.

A klímaváltozás lehetséges hatásait vizsgálva, háromféle szcenárióval futtatva a *CERES* (*Crop Estimation through Resource and Environment Synthesis*) modellt (*GISS*, *UKTR*, *BMRC*), a kukorica számára a *GISS* paraméterei bizonyultak a legjobbnak (a termésmennyiség 19%-kal nőtt), míg a másik két szcenárió esetén jelentősen (40%-kal) csökkent a termésmennyiség. Ha szélfogó fasorral védik a kukoricát, nő a termésmennyiség a *CERES* modell szerint. Ibrikci vizsgálta (Boksai, 2007) a terméshozam és a levelek nitrogéntartalma, valamint a gyökérhosszúság közötti kapcsolatot.

A FELHASZNÁLT IDŐJÁRÁSI ADATSOROK

Az Országos Meteorológiai szolgálat adatbázisa

A *Meteorológiai Világszervezet* ajánlása szerint általában 30 éves periódus adatai alapján célszerű éghajlati leírásokat készíteni. Az éghajlat jellemzéséhez ugyanis olyan időszakot kell választani, amely elegendően hosszú ahhoz, hogy az éghajlat változékon-

sága csak kismértékben jelenjen meg a klimatológiai karakterisztikákban, viszont általános képet nyújtson a térségben előforduló éghajlati jellemzőkről. A dolgozatban a Debrecenre vonatkozó 1901–2000 közötti százéves időjárási adatsor 1960–1990-es, 31 éves időszakára modelleztünk, mert ez az időszak szolgált alapjául a felhasznált klímaváltozási scenárióknak.

A felhasznált időjárási paraméterek a középhőmérséklet [°C], csapadékösszeg [mm] és a napfényösszeg [óra]. A modell a globálsugárzás értékeivel dolgozik, az átszámítást *Huzsvai László* algoritmusának segítségével végeztük.

A klímaváltozási scenáriók adatai

Az időjárás modellezésével világszerte és Európában is számos meteorológiai intézet foglalkozik, a klímaváltozást is ábrázoló előrejelzés céljával. Az általános cirkulációs modellek (*General Circulation Models, GCM*) a légkör, az óceán és a földfelszín fizikai folyamatait írják le, jellemzően durva felbontásúak (250–600 km), ezért regionális alkalmazásuk előtt gondos leskalázásuk szükséges. Mivel az időjárás modellezésének mai eredményei még számos bizonytalanságot hordoznak magukban, és egymástól különböző előrejelzések születnek, elemzéseinkhez több globális cirkulációs modell (*GCM*) Debrecenre történt leskalázását használtuk.

Az *IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)* az üvegházhatású gázok, illetve a szulfátok kibocsátásának függvényében generálta a következő száz évre a várható időjárási paraméterek becsléseit. Eredményeit ma világszerte általánosan elfogadott alapelveként alkalmazzák, és a szervezetet – melynek munkájában magyar kutatók is részt vesznek – idén Nobel-díjjal tüntették ki.

Munkánkban a *Hadley Intézet (Anglia)* és a *Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL, USA)* által készített *GCM-*

eket alkalmaztuk a legújabb, 2070–2100-as évek távoli jövőjét körvonalazó forgatókönyvek helyett a nagyobb érdeklődésre számító, közelebbi jövőre, azaz a 2010–2040, 2025–2034 és 2055–2064 időszakra (*IPCC, 2005*).

A *U.K. Hadley Centre* által készített *GCM-ek* közül egyrészt a kétdimenziós légkörmodellt használtuk, mely rövid távú (néhány tíz éves) előrejelzésre alkalmas, és nem köthető naptári évhez. Ennek alapján készültek az *UKLO (1987)* és *UKHI (1990)*, ún. egyensúlyi klímascenáriók, melyek a földfelszín hőmérsékletét, a csapadékot, a talajnedvességet, a tengerszintet, a jégborított területek nagyságát és az óceáni jég térfogatát becsülik megkészszerződött légköri szén-dioxid-koncentráció mellett, az egyensúly beállta után. A scenáriók csak a modellbeli felbontásban különböznek (*LO = alacsony, durvább, HI = magasabb, finomabb felbontás*). Másrészt a háromdimenziós légkörmodellt használtuk, melyből készült scenárió az úgynevezett *UKTR (1992)*, ami a korábbi modelleknek egy ún. tranziens továbbfejlesztése. Az *UKTR* fokozatosan növekvő szén-dioxid-szint mellett vizsgálja a szintén fokozatosan változó klímát. Ez a modell már hosszú távú (több száz éves) előrejelzésre is alkalmas és naptári évhez is köthető.

A *Hadley Intézet* által készített modellek is egységesen azt az általánosan elfogadott tendenciát feltételezik, mely szerint az elkövetkező évszázadban a szén-dioxid-kibocsátás hatására a légköri szén-dioxid-koncentráció megkészszerződik.

A *GFDL* által készített *GCM-ek* közül a *GFDL2534* és *GFDL5564-et* használtuk, melyek nagy felbontású szimulációs modellek, a sarkokon lévő jégvastagság változásából indulnak ki, és ezek hatásaként dolgozták ki előrejelzéseiket. A *GFDL* scenáriók figyelembe veszik az üvegházhatású gázok kibocsátásának mennyiségét, illetőleg a légköri szén-dioxid-koncentráció mértékét. Az említett két scenárió csak felbontásban különbözik egymástól (a későbbi finomabb

felbontású). Kalibrálásukat hosszú idősorokon, 1990-ig vezették végig. Az előrejelzéseket a 21. századra adták meg azzal a feltevéssel, hogy évente 1%-kal növekszik a légköri szén-dioxid-koncentráció.

A klímaváltozási scenáriók összehasonlítását a *BASE* nevű, a mai feltételekkel szimulált scenárió adataival végeztük. Minden scenárió 31 éves idősort tartalmaz, referencia időszakuk egységesen az 1960–1990-ig tartó 31 éves időintervallum.

A 4M MODELL BEMUTATÁSA

A modellek mindig fontos szerepet játszottak a tudományos megismerés folyamatában. A modellezésnek Magyarországon is hagyománya van. A *Talajtani Társaság* keretein belül 2001 januárjában Kovács Géza vezetésével megalakult a *Rendszermodellezési Szakosztály*, amely a *Magyar Mezőgazdasági Modellezők Műhelyének (4M)* ad otthont. Utóbbi egy magyar kutatók által fejlesztett növénytermesztési modell megalkotását tűzte ki céljává. Kiindulási alapként *J. T. Ritchie* professzor felajánlotta az általa kifejlesztett CERES modellt. A *CERES DELPHI*-ben készült változatát nevezték a 4M modell 0.0 verziójának. Később – a könnyebb fejleszthetőség, illetve bővíthetőség érdekében – megváltoztatták a CERES szerkezetét és felhasználóbarát kezelőfelületet terveztek hozzá (*Fodor et al., 2002*). Nemzetközi és hazai vizsgálatok már bizonyították a modell hatékonyságát. A *Talajtani Kutatóintézetben* működő modellező csoport már tíz éve alkalmaz különböző növénytermesztési modelleket a kutatásban és az oktatásban. A szimulációs növénytermesztési modellek közvetlen célja az, hogy az igen bonyolult légkör – talaj – növény rendszer folyamatait, beleértve az emberi tevékenységet is, matematikai eszközökkel leírják, és számítógép segítségével szimulálják. A végső cél azonban az, hogy ezen modellek felhasználásával olyan kérdésekre kapjunk választ, amelyeket egyébként csak

drága, időigényes, esetleg kivitelezhetetlen kísérletek, illetve megfigyelések segítségével kaphatnánk meg. Ezek a modellek különböző függvényekkel, differenciálegyenletekkel, illetve ezekből felépülő algoritmusokkal (modulokkal) írják le a légkör – talaj – növény rendszer folyamatait. Ezen modulok egy része a modellezett növény fejlődését és növekedését, más részük a talajban történő vízmozgást, megint más részük pedig a rendszer többi folyamatait írják le. Ilyen modell a 4M is. A 4M magyarországi talajokra, időjárásra és a hazai fajokra, fajtákra számos adatot és paraméterbecslő eljárást ajánl fel, melyek segítségével eredményesen felhasználható a hazai kutatások során. Olyan új modulok, illetve adatbázisok kerültek beépítésre, amelyeket magyar kutatók fejlesztettek, illetve készítettek, és amelyek (hacsak implicit módon is de) tartalmazzák a légkör – talaj – növény rendszer speciálisan magyar jellemzőit. A CERES átalakításával született 4M szoftvercsomagba azóta számos új modul, illetve segédprogram került beépítésre. A bemenő adatokat a modellezett rendszer felépítésének megfelelően az alábbi módon csoportosították: időjárási adatok, növényi adatok (melyekhez fajparaméterek és fajtaraméterek, egyes növénycsoportokhoz ökotípus-paraméterek is tartoznak, jelenleg 9 növényre), talaj adatok (a programhoz a Talajtani Kutatóintézet adatbázisa van csatolva, mely 36 különböző helyről 44 talajszelvény a modell számára előkészített inputadatait tartalmazza) és agrotechnikai adatok (melyhez vetési, aratási, trágyázási, ill. öntözési esemény és a szimuláció időtartama adható meg).

A 4M programcsomag célja, hogy hatékony eszköz legyen a tudományos kutatásban, az oktatásban és a gyakorlati problémafeltárásban, illetve problémamegoldásban. Célja, hogy olyan eszközt adjon a mezőgazdasági szakemberek kezébe, amely működő szimulációs modellbe foglalja a növénytermesztés folyamatait, azok ökológiai és technológiai feltételrendszerét, felhasználva az eddig elért természettudományi és agrártu-

dományi eredmények mind szélesebb körét, s ezzel átfogó módon segítse a döntéselőkészítést annak különböző szintjein.

A KKT KLÍMAKUTATÁS ADATBÁZISKEZELŐ SZOFTVER

A KKT adatbázis és a hozzá kapcsolódó lekérdező programrendszer kiépítésének alapvető célja az adatszűrés és leválogatás tetszőleges szempontok szerinti végrehajtása volt (Szenteleki, 2007), ami – a felhasználó különböző igényeinek megfelelően – menüszerkezeten keresztül érhető el.

A napi indikátorok menüpont alatt a napi hőmérsékleti adatokból következtethető változások leszűrését, vizsgálatát biztosítja a programrendszer. A napi adatsorok bármelyik kiválasztott meteorológiai paraméter mentén kiszűrhetők (sugárzás, minimum, maximum és átlaghőmérséklet, csapadék), de kialakíthatjuk az egyes paraméterekre vonatkozó től-ig határok tetszőleges kombinációját is az adatok szimultán leválogatása érdekében. A napi meteorológiai statisztikák menüpont biztosítja számunkra, hogy a korábban megismert meteorológiai paraméterekre felállított szűrőfeltételeknek megfelelő napok számát összehámozzuk. Az adatbázis tartalmazza a KSH adattárban fellelhető leghosszabb termőterület-, illetve termésátlagadatokat néhány fontos, mezőgazdaságilag hasznosítható kultúrnövényre, a terméskockázat vizsgálatának érdekében, valamint az adatok szűrésére, feldolgozására, a feldolgozott adatok tárolására kínál fel lehetőségeket. A fent említett lehetőségeken túl rengeteg egyéb feladat megoldását segíti, ezek leírásától – mivel munkánkban most nem használtuk – eltekintünk.

A KUKORICA KLIMATIKUS IGÉNYEI

A kukorica rövidnappalos, fényigényes növény. A hosszú nappalok megnyújtják a vegetációs időt, több lesz a levél és méret-

ben nagyobb a növény. Májusban alacsonyabb, júniusban, júliusban és augusztusban magas napfényigényű. A fényintenzitás befolyásolja a vegetációs időszak hosszát is. Ha a fényintenzitás 30–40%-kal csökken, akkor az éréshez szükséges idő 5–6 nappal megnyúlik. A szél is nagyon fontos tényező lehet, hiszen a forró szél hiányos megtermékenyülést okozhat. Varga-Haszonits (1987) szerint a kukorica legfontosabb fenofázisai a következők:

Vetés–kelés időszaka (április 15. – május 1.), a fázis hossza 10–15 nap.

10 °C hőmérséklet-növekedés/csökkenés 1–2 napos fázistartam-növekedést/csökkenést okoz.

Kelés–címerhányás időszaka, a fázis hossza 60–70 nap. (A május elején kikelt kukorica július első, második dekádjában hoz címert.)

Címerhányás–növirág megjelenése, a fázis hossza 3–10 nap. (Július első vagy második dekádjában bekövetkező címerhányás után pár nappal megjelennek a növirágok.)

Növirág megjelenése–érés időszaka, 55–75 nap a fázis hossza. (A növirágoknak általában július második dekádjá táján történő megjelenése után az érés szeptember közepe és október eleje között várható.)

A vegetációs időszak hossza *Ángyán* szerint 180–200 nap, míg *Láng* úgy véli, hogy korai érésű fajtáknál ez 125–130 napig tart, illetve *Menyhért* Európában legalább 140 napot ír (Boksai, 2007). A fázistartam alakulásával számszerű kapcsolatot mutat a hőmérséklet és a globálsugárzás: 1 °C hőmérséklet-emelkedés a fázist átlagosan 2,2 nappal rövidíti meg, a globálsugárzás összegének növekedése pedig 2 nappal növeli a fázishosszt. *Menyhért* Debrecen a 2-es kukoricatermesztő körzetbe sorolta. A terület klímadottságok szempontjából gyengének mondható, az évszárthatás szempontjából Debrecen közepes adottságúnak tekinthető. A rekordévek gyakorisága 25%-nál több, a gyenge évek gyakorisága 40%-nál kevesebb. Három-négy gyenge, négy közepes, két-

három jó év váltja egymást. Öt-hat évente hideg, borús, csapadékos az időjárás, ami nem kedvez a kukoricának. Összességében, figyelembe véve a klíma, valamint az évjáráthatást is, Debrecen kukoricatermesztés szempontjából közepes adottságú terület.

AZ ŐSZI BÚZA ÉGHAJLATIGÉNYE

Az éghajlati tényezők jelentősége meghatározó a búza termésére. Megfigyelhető, hogy a tenyészidőre számolt hőösszegek az évek során egyértelműen növekednek. A klímaváltozás nemcsak az átlaghőmérséklet emelkedésével járhat, hanem az extrém hőmérséklet gyakoriságának növekedésével, ami fontos szerepet játszhat a búzatermelésben. A búza életében két nagyon fontos időszak van. Az egyik a kikelés, mert ekkor kezdődik meg a növény fotoszintézise, a másik a virágzás, ami meghatározza, mikor lesz a szemnövekedés. A fajtaválasztásban és az agrotechnikában a legfontosabb szempont, hogy akkor és olyan fajtát vessenek, aminek a legideálisabb időpontban kezdődik a szemfejlődése. A klímaváltozással együtt élve a magyar agrárkutatóknak és szakembereknek is jól működő leíró-előrejelző rendszereket kell alkotniuk és előkészíteni a megváltozott körülményekre való optimális felkészülési és válaszadási stratégiákat.

A kalászos gabonák fejlődését a szervképződésben és a külső megjelenési formában bekövetkező fenológiai változások megfigyelésével követhetjük. Az őszi búza fejlődésének folyamatát *Varga-Haszonits (1987)* fenofázis-beosztása és a fejlődési szakaszok hőmérsékleti küszöbértékei (*Varga-Haszonits et al., 2000*) alapján vizsgáltuk.

A *vetés–kelés időszak* (október második fele). Optimális körülmények között a vetéstől a kelésig 12–15 (22) nap telik el, de szélsőséges viszonyok között tovább is eltarthat. Ha az átlaghőmérséklet ebben az időszakban nem éri el a 7 °C-ot, akkor a 20 napot is meghaladja (1. táblázat), ha pedig 14 °C körül alakul, akkor akár 7 napra is

rövidülhet (2. táblázat). A KKKT (*Szentleki, 2007*) program segítségével megszámoltuk, hogy a különböző klímaváltozási scenáriókban hányszor fordult elő a vizsgált 15 nap alatt a két szélső érték, és összehasonlítottuk a kapott napok számát, átlagát és a legnagyobb értéket. A jövőben sokkal kevesebbszer fordul elő a 7 °C-os alsó határ és a 14 °C-os felső határ.

A *szárbaindulás–kalászás időszak* (kb. április első dekádjától május második dekádjáig). Ebben az időszakban az őszi búza igen érzékeny a hőmérsékletre: egyfokos hőmérséklet-változásra ekkor néhány napos fáziseltolódással reagálhat a növény. Az őszi búza gyors növekedése lényegében egybeesik ezzel a fejlődési szakasszal, ezért olyan érzékeny ilyenkor a növény a meteorológiai körülményekre. Az időszak hossza 20–49 nap között változik, de amennyiben az időszak átlaghőmérséklete 14 °C alatt van, a fenofázis 40 napnál is hosszabb lehet, 20 °C-nál magasabb átlaghőmérsékletek mellett pedig akár 20 napnál is rövidebb lehet. A fázisérzékenység határait táblázatot készítettünk (3. és 4. táblázat). A klímascenáriók nagyon különböző előrejelzést adnak ezekre a határértékekre.

A *kalászás–viaszérés időszak* (kb. május vége – június eleje). Ebben a fejlődési szakaszban a termikus faktorokat képviselő hőmérséklet szerepe a legjelentősebb. Ezen belül egy másik, aránylag rövid ideig tartó kritikus időszak a kalászás és virágzás időszaka. A virágzás a kalászás után 5–6 napra – a kalászon belül pedig a kalász középső harmadában – kezdődik és 2–4 napig tart. Amikor megtörténik a virágok redukciója, akkor dől el, hogy mennyi lesz a termékenyülő képes virágok száma. Ilyenkor kedvezőtlen a csapadékos időjárás, mert sok pollen megsemmisül. A magas hőmérsékletre és a rossz vízellátásra bekövetkező virágzervek részleges elhalása miatt a termés jelentős mértékben csökkenhet. A zavartalan éréshez és a szemek kifejlődéséhez az az előnyös, ha a június nem túlzottan meleg. A virágzás optimális hőmérséklete 20–25

°C. Megnéztük, hogy milyen különbségek várhatóak a különböző éghajlat-változási szce-nárióknál a változatlanul maradó körülményekhez (BASE) képest. Az 5. táblázat alapján elmondható, hogy ez az időszak kedvezően alakulhat a különböző változásokat feltételező forgatókönyvek teljesülése esetén, minden esetben, kisebb-nagyobb mértékben. Virágzaskor a 10 °C alatti hőmérséklet szélsőségesen rossz, de a BASE scenárió egyetlen esetétől eltekintve az adatsorok egyikében sem találkozunk 10 °C vagy annál alacsonyabb átlaghőmérséklettel a virágzás időszakában. Szélsőségesen meleg, 30 °C feletti hőmérséklet egyetlen vizsgált időjárási adatsor esetében sem tapasztalható ebben az időszakban.

A kalászás-viaszerés fejlődési szakasz (május vége, június eleje és július közepe között). E fenofázis időtartama általában 37 és 46 nap között változik, de 16 °C körüli átlaghőmérsékletekre 45 napnál hosszabb is lehet, 20 °C felett pedig 40 napnál rövidebb. A szélsőséges értékek előfordulási gyakoriságait is táblázatba foglaltuk (6. és 7. táblázat). A szélsőséges hőmérsékletek előre jelzett gyakoriságai a változások következtében várhatóan kisebb értékeket mutatnak, tehát a klímaváltozás kedvező körülményeket hozhat az őszi búzáknak ezen fejlődési szakaszában. Azonban az átlaghoz képest nagy kiugró maximumokat látunk mindennél, ami óvatosságra int.

A KUKORICA FENOLÓGIAI FÁZISAINAK ALAKULÁSA KÜLÖNBÖZŐ IDŐJÁRÁSI ADATSOROK ESETÉN

A modell kísérletben használt beállításai

Debrecen térsége a Tiszántúl, így hazánk egyik legjelentősebb termőterülete, ezért választottuk kísérletünk helyszínéül. Esettanulmányunkhoz összehasonlítási alapként a klímascenáriók referencia időszakát, az 1960–90-es időszak Debrecenben mért idő-

járás paramétereit, a jövő szimulálásához pedig a különböző klímascenáriók Debrecenre leskálázott adatsorait használtuk időjárási inputként. Vizsgálataink során tehát a mért időjárási adatok és 5 scenárió kukoricatermelésre gyakorolt hatását hasonlítottuk össze. Minden idősor 31 évvel szerepelt és 4 meteorológiai jellemzőt tartalmazott: globálsugárzás (MJ/m^2), maximum és minimum hőmérséklet (°C), a csapadék naponta mért értékei (mm). A terméseredményre nagy hatást gyakorol az adott talaj típusa is. Debrecen esetében jellegzetes a réti csernozjom talaj. Napjainkban Magyarországon a legnagyobb területen termelt kukoricafajta a Dekalb 471, ennek a fajtának a specifikus jellemzőit használtuk fel.

Egy szimuláció véghezvitele – az előző beállításokon túl – a következő paramétereket (események időpontját) is igényli: szimuláció kezdete, kezdőfeltételek aktivizálása, vetés, csírázás (a modell beállított értéke), aratás (kényszeraratás), szimuláció vége.

A scenáriókat a 31 futás alapján számolt átlagok alapján hasonlítottuk össze. A fejlődési szakaszokat a 4M program beosztása szerint különböztettük meg és számoztuk be (8. táblázat).

Az első fenofázis (vetéstől a csírázásig) minden esetben a 106. napon kezdődik, a modell beállítása szerint ez egy napig tart, így az első fázist értelemszerűen nem vizsgáltuk. A 2. fenofázis kezdő napja minden scenárió esetében jelentősen előbbre tolódott, hossza is csökkent. Ezek alapján várható, hogy a többi fejlődési szakasz kezdeti időpontjánál ennek a fenofázisnak (csírázástól kelésig) jelentős szerepe lesz. A 3. fenofázis kezdő napja is előbbre tolódott minden scenárió esetén (a BASE-hez képest). Bár a keléstől a juvenilis fázis végéig tartó időszak nem minden scenárió esetén rövidül, a 2. rövidülésének hatására még mindig várhatóan hamarabb kezdődik majd el a 4. fenofázis, mint a múltban tapasztalható. A juvenilis fázis végétől címerinicializációig tartó időszak hosszának csökkenése valószínűsít-

hető. Az 5. fenofázis kezdő napja minden scenárió esetén előbbre tolódott és hossza rövidült a szimulációs kísérlet során. Tehát a 6. fejlődési szakasz hamarabbi kezdete ezen scenáriók esetében nemcsak az előző fázisok rövidülésével lesz magyarázható. Az effektív szemtelítődés szakaszának (7. fenofázis) kezdő napja – egyes esetekben nagyon jelentősen – előbbre tolódott, hossza rövidült, az UKHI és UKLO esetében szélsőségesen. A 8. fenofázis, a fiziológiai érés szakasza egy napnak van definiálva a modellben, ez az érés napja. A referencia időszak időjárás adataira futtatva a modellt ez az időpont a 265. napra esik. A GFDL5564 esetén a 241. napra, míg az UKHI-nál a 215.-re, az UKLO-nál 212. napra, az UKTR esetén pedig a 203. napra esik az érés időpontja a 4M-mel való szimulációs kísérlet alapján.

Összességében elmondható, hogy a hőmérséklet-emelkedés hatására a kukorica fenológiai fázisainak rövidülése valószínűsíthető, így a fázisok kezdeti időpontja, valamint az érés is hamarabbra várható a klímaváltozási scenáriók előrejelzése szerint. A múltbeli adatokra és a szignifikánsan leginkább különböző klímaváltozási scenáriókra kapott eredményt grafikusán is szemléltetjük (1–4. ábra). Az ábrákon a napok sorszáma a vegetációs időszakra vonatkozik, a 106. nappól indul a szimuláció.

Az eredmények statisztikai kiértékelése a ROPstat program segítségével

A ROPstat egy új, felhasználóbarát statisztikai szoftver, mely klasszikus és modern statisztikai módszereket egyaránt tartalmaz. Készítői, Vargha András és Bánsági Péter arra törekedtek, hogy nem matematikus végzettségű felhasználók számára is elérhető legyen és segítséget nyújtson kutatási eredmények kiértékeléséhez.

Eredményeinket független minták egy szempontos összehasonlításával kaptuk.

Minden vizsgált meteorológiai adatsorra megfigyeltük a fenológiai fázisok hosszának és kezdeti időpontjának átlagos értékeit (9. és 10. táblázat).

Ezt követően Games-Howell-féle páronkénti összehasonlítással elemeztük a különböző scenáriókra kapott értékeket. A 6. fenofázis hossza, a 7. fenofázis kezdeti időpontja és a 8. fejlődési szakasz vizsgálatakor az átlagok Tukey-Kramer-féle páronkénti összehasonlítását végeztük el a statisztikai program segítségével, mivel a kiértékelés alapján az elméleti szórások egyezése feltételezhető.

A továbbiakban „csökkent/növekedett” szó esetén azokat az eltéréseket vesszük figyelembe, ahol az eltérés 95%-os valószínűségi szinten szignifikáns.

Eredményeinket elemezve és összefoglalva elmondható, hogy a GFDL5564, az UKHI és UKLO klímascenáriók minden esetben (kivéve csak a 3. és 6. fenofázis hosszát) szignifikáns eltérést mutatnak a múltbeli adatokhoz (OMSZ) képest.

Az UKTR3140 időjárás paramétereinek hatása pedig még több esetben is eltérést mutatott az OMSZ-os paraméterek hatásától: a 2. fenofázis hosszára és kezdeti napjának időpontjára, a 6. fenofázis kezdeti időpontjára, valamint a 4. és 7. fenofázisok hosszára vonatkozóan, de ott minden scenárió esetén szignifikáns eltérést tapasztalunk. A különböző időjárás adatsorok meteorológiai paramétereikhez tartozó hatások eltérése még jobban látható, ha az eredményeket grafikusán ábrázoljuk a legfontosabb, 8. fenofázisra, azaz az érés időpontjára. Az eltérések a 31 éves futássorozat alapján kapott minimumok és maximumok feltüntetésével még jobban láthatók (5. ábra).

Az átlagok és szórások alapján elmondható, hogy megbízható eredményeket kaptunk, hiszen a szimuláció eredményeinek variációs koefficienseit számolva és összehasonlítva a múltbeli adatokra és a klímaváltozási scenáriókra, azok szinte minden esetben csökkentek, azaz a változékonyság mértéke kicsi.

A 4M SZIMULÁCIÓS NÖVÉNYTERMESZTÉSI MODELL ALKALMAZÁSA AZ ŐSZI BÚZA FENOFÁZISAINAK ALAKULÁSÁRA

Az esettanulmányt, az összehasonlítást azonos agrotechnikai beállításokkal és fajtavál, a Debrecen környékére jellemző talajra végeztük az 1960–1990-es bázisidőszak Debrecenben megfigyelt időjárás adataira és a Debrecenre leskálázott UKTR klímaszenárióra, mint időjárás-inputtal. Azért ezt a szenáriót választottuk, mert hosszú távú előrejelzésre is alkalmas, a szimulált évek időrendben egymást követőnek tekinthetők és az őszi búza vetésforgóban termesztett növényünk. Vizsgálatunk során nem vettük figyelembe a különböző búzafajták eltérő termesztési feltételeit és a fajtaváltást, nem különböztettük meg agrotechnikai módszereket és a lehetséges eltérő hatásait. Tradicionális agrotechnikát alkalmaztunk. Őszi búzára a műtrágyázást vetés előtt és tavasszal végeztük, kukoricára pedig ősszel és tavasszal, vetés előtt. A helyre jellemző mészlepedékes csernozjom talaj paramétereit állítottuk be, búza-kukorica-búza... vetésforgóval évenkénti váltásban az Mv-Irma és a Dekalb 471 fajtákkal. A hazánkban termelt őszi búzával és kukoricával kapcsolatos általános tapasztalatokat vettük figyelembe, szokásos vetési és betakarítási időpontokat megjelölve. A vizsgálandó meteorológiai alap- és képzett adatsorok Debrecen mostani és eljövendő éghajlatát szimulálják. Minden szenárió 31 évvel szerepelt és 4 meteorológiai jellemzőt tartalmazott. A vizsgálat helyszíne Debrecen, a vizsgálandó növény a kukorica, a Dekalb 471-et és specifikus jellemzőit választottuk mint vizsgálandó fajtát, a választott talaj típusa a helyszínnek megfelelően réti csernozjom.

A fenológia folyamatait figyeltük meg és a következtetéseket ezen 31 éves futások eredményeinek összevetése alapján vontuk le. A fejlődési szakaszokat a 4M program beosztása szerint különböztettük meg és számoztuk be (11. táblázat).

A 4M szimuláció menetrendje: projekt megválasztása, növény és fajta kiválasztása, talajválasztás, agrotechnika megválasztása, szenárió beállítása, adott év beállítása, futtatás, eredmények mentése. Az elmentett eredményekből az MS Excel program segítségével ábrákat készítettünk, valamint a kapott eredményeket különböző statisztikai módszerek felhasználásával ki is értékeltük. Megállapítható, hogy a hőmérséklet-emelkedés hatására az őszi búza fenológiai fázisai lerövidültek és a fenológiai fázisok kezdeti időpontjai előbbre tolódtak (6. ábra).

A szimulációk alapján jelentős változást a vegetációs időszak első felében tapasztaltunk, azaz az első néhány fenofázis lett rövidebb az UKTR szenáriónál. A 12. táblázatban összehasonlítható a fenofázisok átlagos hossza és kezdőnapja mindkét meteorológiai adatsorra. Az eredmények alapján elmondható, hogy a teljes vegetációs időszak – a vizsgált 31 éves időintervallum alapján – átlagosan nyolc nappal lett rövidebb és az aratás időpontja a jövőben várhatóan hamarabb bekövetkezik. (Ezt idén a valóságban is megtapasztalhattuk). A táblázat átlagos értékei nagyon kis szórással és variációs koefficienssel párosulnak, tehát a változékonyság mértéke, az eredmények bizonytalansága igen kicsinek mondható. Modellezéssel tehát számszerűsíthetők azok a sejtések, melyek a növény klimatikus igényeinek elemzésekor körvonalazódtak.

A számítógépes növénynövekedési és produktív szimulációs modellek hosszas és költséges kísérletek elkerülésével használhatók a megfelelő növényfaj adott helyre történő kiválasztásában, segítséget nyújthatnak annak vizsgálatában, hogy a kimutatott fenofázis-eltolódások milyen hatással vannak a növényre, annak termésmennyiségére, hasznos útmutatást adhatnak abban, hogy egyet-e a vetési idő módosításával, vagy egyéb agrotechnikai beavatkozással csökkenteni a terméskockázatot, hasznosíthatók a káros időjárás körülményekre ellenálló vagy jól alkalmazkodó fajta nemesítésében. A részletekre kiterjedő megfigyeléseket és

hatásvizsgálatokat követően, azok sokszínűségének megfelelően lassan megszülehetnek az első stratégiai válaszadások az alkalmazkodást, a megelőzést, a felkészülést illetően, és így a károk csökkenthetők. Munkánk célja felhívni a figyelmet a megváltozó körülményekre való felkészülés és alkalmazkodás fontosságára. A modellezési eredmények sok esetben olyan problémákra hívják fel a figyelmet, amik az adott szakterületen újabb kutatásokra ösztönözhetnek. Éppen ezért folytatni kell a nemesítési mun-

ka során az új fajtákról azon adatok gyűjtését, amik a modellek készítéséhez, paraméterezéséhez felhasználhatók. Szorosabbá kell fűzni a modellkészítők és a nemesítők munkája közötti kapcsolatot.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatómunka az OTKA T042583 és a NKFP 6-00079/2005 projektek támogatásával készült.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BOKSAI D. (2007): A klímaváltozás hatása a kukorica fenológiai fázisaira. BCE Kertészettudományi Kar, Tudományos Diákköri Konferencia (2) FODOR, N. – MÁTHÉNÉ-GÁSPÁR, G. – POKOVI, K. – KOVÁCS, G. J. (2002): 4M – software package for modelling cropping systems. *European J. of Agr.* Vol 18/3–4 389–393. pp. (3) HARNOS N. (2002): A klímaváltozás várható hatásai kalászos gabonafélék produkcióbiológiájára: kísérleti és modellezési megközelítés. Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő (4) HUZSVAI, L. – PETŐ, K. – KOVÁCS G. J. (2005): Szimulációs modell alkalmazása a növénytermesztési kutatásban. Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok, Hódmezővásárhely. 149–151. pp. (5) IPCC (1996): *Climate Change 1995, The Science of Climate Change*, (Eds. Houghton, J. T., Meira Filho, L. G., Callander, B., Harris, N., Kattenberg, A. & Maskell, K.), Cambridge University Press, Cambridge (6) JAMIESON, P. D. – PORTER, J. R. – GOUDRIAAN, J. – RITCHIE, J. T. – VAN KEULEN, H. – STOL, W. (1998): A comparison of the models AFRCWHEAT2, CERES-Wheat, Sirius, SUCROS2 and SWHEAT with measurements from wheat grown under drought. *Field Crops Research*, 55, 23–44. pp. (7) KOVÁCS G. J. – FODOR N. (2005): A klímaváltozás tápanyagforgalomra gyakorolt hatásának becslése. A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között. 221–234. pp. (8) <http://ropstat.com> (9) SZENTELEKI K. (2007): A Környezet–Kockázat–Társadalom (KLIMAKKT) klímakutatás adatbázis-kezelő rendszerei. „KLÍMA-21” Füzetek, 51: 89–115. pp. (10) VARGA-HASZONITS, Z. (1987): Agrometeorológiai információk és hasznosításuk. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (11) VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z. – LANTOS Zs. – ENZSÖLNÉ G. E. (2005): Az éghajlat-ingadozás hatása a vegetációs periódusra. *Acta Agronomica Óváriensis*, Vol. 47. No. 2., Mosonmagyaróvár (12) VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z. – LANTOS Zs. – VAMOS O. – SCHMIDT R. (2000): Magyarország éghajlati erőforrásainak agroklimatológiai elemzése. Lórip rint, Mosonmagyaróvár

1. táblázat

A 7 °C és azt el nem érő átlaghőmérsékletek előfordulási gyakoriságai a vizsgált 16 napos időszakban, különböző klímaváltozási scenáriók esetén

	31 évből hány év	Napok száma		
		összesen	átlag	max
BASE	28	117	1,29	11
UKHI	8	26	0,84	5
UKLO	0	0	0,00	0
UKTR	17	46	1,48	9
GF2534	23	61	1,97	9
GF5564	15	42	1,35	8

2. táblázat

A 14 °C és azt meghaladó átlaghőmérsékletek előfordulási gyakoriságai a vizsgált 16 napos időszakban, különböző klímaváltozási scenáriók esetén

	31 évből hány év	Napok száma		
		összesen	átlag	max
BASE	11	23	0,74	4
UKHI	31	256	8,26	15
UKLO	31	344	11,1	16
UKTR	23	72	2,32	8
GF2534	22	57	1,83	8
GF5564	30	141	4,55	10

3. táblázat

A 14 °C alatti átlaghőmérsékletek előfordulási gyakoriságai a vizsgált 51 napos időszakban, különböző klímaváltozási scenáriók esetén

	31 évből hány év	Napok száma		
		összesen	átlag	max
BASE	31	734	23,68	38
UKHI	2	3	0,10	2
UKLO	9	12	0,39	4
UKTR	31	599	19,32	35
GF2534	31	734	23,68	38
GF5564	31	463	14,94	33

4. táblázat

A 20 °C feletti átlaghőmérsékletek előfordulási gyakoriságai a vizsgált 51 napos időszakban, különböző klímaváltozási scenáriók esetén

	31 évből hány év	Napok száma		
		összesen	átlag	max
BASE	17	55	1,77	8
UKHI	31	711	22,94	41
UKLO	31	1181	38,10	51
UKTR	23	90	2,90	10
GF2534	21	375	12,10	31
GF5564	29	151	4,87	14

5. táblázat

A virágzás optimális átlaghőmérsékletének előfordulási gyakoriságai a vizsgált 11 napos időszakban, különböző klímaváltozási scenáriók esetén

	31 évből hány év	Napok száma		
		összesen	átlag	max
BASE	11	37	1,19	10
UKHI	31	203	6,55	11
UKLO	31	219	7,06	11
UKTR	26	106	3,42	11
GF2534	26	105	3,39	11
GF5564	30	141	4,55	10

6. táblázat

A kalászoslás–viaszérés fenofázis 16 °C alatti átlaghőmérsékleteinek előfordulási gyakoriságai a vizsgált 51 napos időszakban, különböző klímaváltozási scenáriók esetén

	31 évből hány év	Napok száma		
		összesen	átlag	max
BASE	31	234	7,55	20
UKHI	10	12	0,39	3
UKLO	5	8	0,26	3
UKTR	27	115	3,71	15
GF2534	26	115	3,71	15
GF5564	23	66	2,13	10

7. táblázat

A kalászoslás–viaszérés fenofázis 20 °C feletti átlaghőmérsékleteinek előfordulási gyakoriságai a vizsgált 51 napos időszakban, különböző klímaváltozási scenáriók esetén

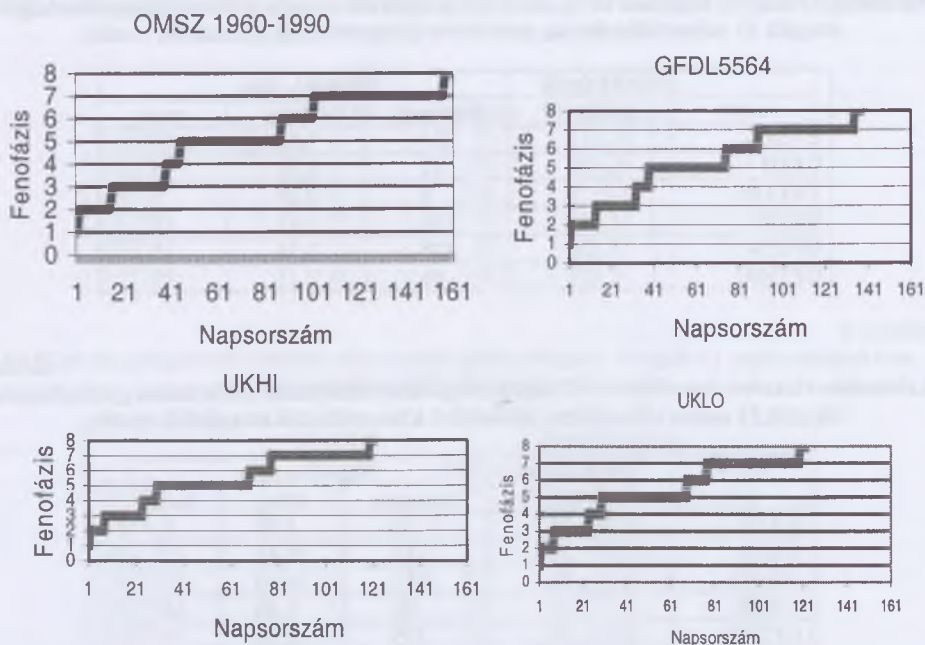
	31 évből hány év	Napok száma		
		összesen	átlag	max
BASE	31	55	1,77	8
UKHI	31	711	22,94	41
UKLO	31	1181	38,10	51
UKTR	31	90	2,90	10
GF2534	31	375	12,10	31
GF5564	31	151	4,87	14

8. táblázat

A kukorica fejlődési fázisai a 4M (Kovács – Fodor, 2005) modellben

Fejlődési fázisok leírása	4M-féle beosztás
Vetés előtti	0
Vetéstől csírázásig	1
Csírázástól kelésig	2
Keléstől a juvenilis fázis végéig	3
A juvenilis fázis végétől címerinicializációig	4
Címerinicializációtól a levélnövekedés végéig és nővirágzásig	5
Nővirágzástól az effektív szemtelítődés kezdetéig	6
Az effektív szemtelítődés szakasza	7
A fiziológiai érés szakasza	8

1-4. ábra



A kukorica fejlődési szakaszainak alakulása a 4M modell alapján, a múltbeli időjárási paraméterek és a GFDL5564, UKHI, UKLO klímaszcenáriókra vonatkozó meteorológiai paraméterek hatásának összehasonlítása

9. táblázat

A kukorica fejlődési szakaszainak hossza a 4M modell eredménye alapján

Fenofázis	OMSZ	GF2534	GF5564	UKHI	UKLO	UKTR
1. vetéstől csírázásig	a modell beállítása szerint egy napig tart					
2. csírázástól kelésig	18,23	15,81	12,71	6,65	6,42	13,97
3. a juvenilis fázis végéig	22,39	24,32	22,42	16,45	14,65	24,19
4. a címerinicializációig	7,71	6,55	6,29	6,00	6,00	6,45
5. a levélnövekedés végéig és nővirágzásig	43,06	39,68	39,61	36,94	35,19	40,39
6. az effektív szemtelítődés kezdetéig	13,35	12,35	12,06	11,32	10,77	12,65
7. az effektív szemtelítődés szakasza	53,97	42,10	41,94	31,61	32,77	42,58
8. a fiziológiai érés szakasza	az érés napja					
összesen	264,65	246,81	241,03	214,97	211,81	255,90

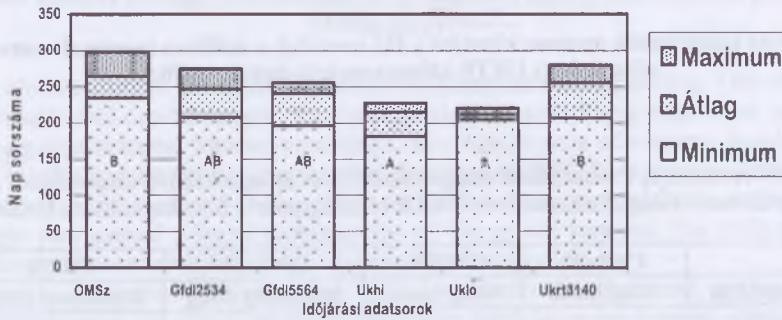
10. táblázat

A kukorica fejlődési szakaszainak kezdő napja a 4M modell eredménye alapján

Fenofázis	OMSZ	GF2534	GF5564	UKHI	UKLO	UKTR
1. vetéstől csírázásig	egységesen a 106. napon kezdődik					
2. csírázástól kelésig	123,23	120,81	117,71	111,65	111,42	118,97
3. a juvenilis fázis végéig	145,61	145,13	140,13	128,10	126,06	143,16
4. a címerinicializációig	153,32	151,68	146,42	134,10	132,06	149,61
5. a levélnövekedés végéig és nővirágzásig	196,39	191,35	186,03	171,03	167,26	190,00
6. az effektív szemtelítődés kezdetéig	209,74	203,71	198,10	182,35	178,03	202,65
7. az effektív szemtelítődés szakasza	263,71	245,81	240,03	213,97	210,81	254,90
8./össz.	264,65	246,81	241,03	214,97	211,81	255,90

5. ábra

A 8. fenofázis, az érés napja



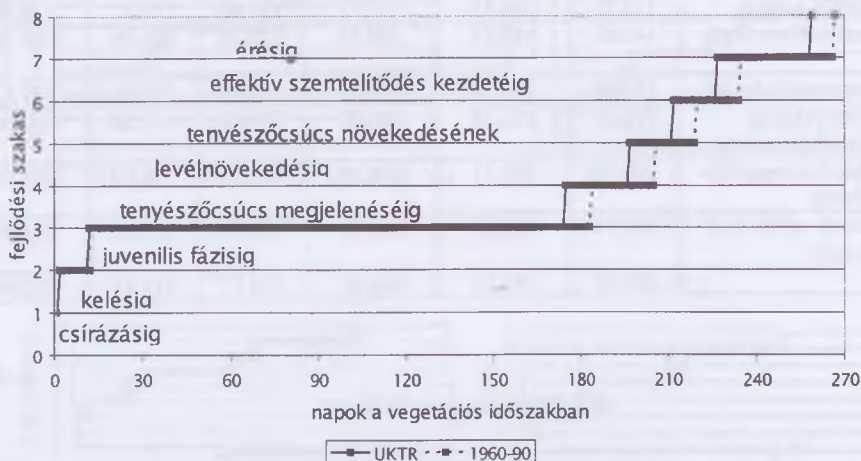
A 8. fenofázis kezdő napja, különböző időjárási adatsorok esetén (A-val jelöljük a hasonlóan kicsi, AB-vel a hasonlóan közepes, B-vel a hasonlóan nagy értékeket)

11. táblázat

Az őszi búza fejlődési fázisai a 4M (Kovács – Fodor, 2005) modellben

Fejlődési fázisok leírása	4M-féle beosztás
Vetés előtti	0
Vetéstől csírázásig	1
Csírázástól kelésig	2
Keléstől a juvenilis fázis végéig	3
A juvenilis fázis végétől a tenyészőcsúcs megjelenéséig	4
A tenyészőcsúcs megjelenésétől a levélnövekedés végéig	5
A levélnövekedés végétől a tenyészőcsúcs növekedésének végéig	6
A tenyészőcsúcs növekedésének végétől az effektív szemtelítődés kezdetéig	7
A fiziológiai érés szakasza	8

Az őszi búza fejlődési szakaszainak alakulása



Az őszi búza fejlődésének nyomon követése a 4M modellel; a múltban tapasztalt meteorológiai adatok és az UKTR klímaszcenárió összehasonlítása

12. táblázat

A szimuláció eredménye a fenofázisok átlagos hosszára és átlagos kezdeti időpontjára; a múltban tapasztalt meteorológiai adatok és az UKTR klímaszcenárió összehasonlítása Debrecenre

fenofázis	1960-90	UKTR	1960-90	UKTR
	átlag hossz	átlag hossz	kezdőnap átlag	kezdőnap átlag
1	1	1	1	1
2	16,79	14,07	2,00	2,00
3	160,36	156,67	21,20	16,07
4	24,57	22,53	178,73	172,73
5	13,29	13,53	203,20	195,27
6	14,21	14,33	216,53	208,80
7	32,21	32,13	230,73	223,13
össz./8	263,43	255,27	263,00	255,27

EXTREME WEATHER EFFECTS ENDANGERING FRUIT PRODUCTION

By
SOLTÉSZ, MIKLÓS – NYÉKI, JÓZSEF – SZABÓ, ZOLTÁN

Keywords: climate change, extreme weather, risk decreasing activity, risk prevention technology.

Global climate change has a great influence on Hungarian fruit growing. This change has both advantages and disadvantages. We can exploit these advantages only if we protect our plantation against extreme weather conditions. The significance of extreme weather conditions was highlighted by the serious weather damage of 2007. Two waves of serious frost and frost-damage affected half of Hungary's orchards in the spring of 2007, while the summer drought also caused a lot of problems for all Hungarian farmers. The total amount of weather damage exceeded 100 billion Ft (about 4 billion euro).

Contrary to vegetable cultivars, fruit growing cannot be sheltered against extreme weather conditions in regulated, protected structures (such as green houses, plastic tunnels, etc.), the fruit cultivars must be protected in outdoor circumstances. In the interests of protection, we measured the effects of extreme temperatures and precipitation on orchards and possible protection methods against these influences. The first step in protection is to take into consideration anomalous weather conditions in order of importance of risk. In Hungary the risks, in decreasing tendency, are as follows: spring frost, hail, and excessive high temperature in the vegetation period, winter frost, high winter temperature, thunderstorms, wind storms, autumnal frost. Obviously we must pay the most attention to the two most dangerous weather risks (spring frost and hail). The risk prevention technology in both cases is very poor in Hungary and we only deal with risk decreasing activities. We have to change this attitude in the future.

It is advisable to pay far more attention to the utilisation of protection technologies that offer direct damage prevention and the opportunities for indirect damage prevention (the choice of production site, species, varieties, and cultivation). To prevent spring frost-damage, it is of primary importance to take account of the use of special sprinkler irrigation systems and wind machines. Therefore, we have to examine the effectiveness of these systems. A protection solution for hail-damage is offered by the use of silver-iodides or hail net systems built on the plantation. Competitive, safe and economic production cannot be imag-

ined on high value, intensive plantations, without the use of reasonable protection system(s). At the same time, established protection systems are inefficient, so their usage is uneconomical.

Insurance in Hungary does not represent a solution for fully mitigating damages. For this reason, economies are required that do not endanger the health of the plantation, its future productivity and the quality of the fruit. In Hungary, a ministerial order regulates the operation of the common damage mitigation system and the conditions of inclusion. The state contributes 50 per cent of the resources. It would be sensible in future, if the focus of government interventions aimed at support were to be shifted to damage prevention. From a social viewpoint, it would be more advantageous and effective if farmers were not awaiting continuous subsidies for mitigation of damages arising year on year, but for the justified development of damage prevention systems and structures.

Protection is also heightened by the utilisation of various stand-by technologies, which can affect agro- and phyto-technology, plant protection, harvesting, fruit storage, and commodity preparation.

APPLE CULTIVARS' SENSITIVITY TO SUNBURN DAMAGE IN GROWTH INDUCING ROOTSTOCKS

By

RACSKÓ, JÓZSEF – LAKATOS, LÁSZLÓ – NYÉKI, JÓZSEF – SOLTÉSZ, MIKLÓS – SZABÓ, ZOLTÁN

Keywords: sunburn damage, fruit quality, solar radiation, apple cultivars.

The sensitivity to sunburn damage of 33 apple cultivars grafted onto 3 different growth-inducing rootstocks (M.9, MM.106 and crabapple seedling) were examined in a West Hungarian apple gene bank between 2004 and 2007. Moreover, the authors looked for the relationship between each fruit quality parameter and the frequency of sunburn damage. Cultivars showed cultivar-specific reactions regarding their sunburn sensitivity. A decreasing rate of damage was found in cultivars grafted on M.9, MM.106 and crabapple seedling rootstocks, in that order. The difference in sensitivity was mainly based on the vegetative vigour of the stocks. The highest value of sunburn injury was found on fruit from M.9 because this rootstock has a dwarfing effect upon the grafted main cultivars. Thus, the vegetative area of these trees grew very slowly and the foliage was not compact enough to protect fruit from strong rays of sunlight. The largeness and thickness of the foliage increased in the following order: M.9, MM.106 and crabapple seedling rootstocks. The authors categorized the cultivars with respect to the values of sunburn incidence and the following categories were constituted: i.) "Not sensitive", ii.) "Moderately sensitive", and iii.) "Strongly sensitive". Generally, Topaz and Vista Bella cultivars showed low levels of damage (or were free from symptoms), in contrast to which Golden mutants suffered relatively strongly. The most sensitive cultivar was Jonica in all three stocks.

THE EFFECT OF NIGHT AND DAY-TIME TEMPERATURE ON APPLE COVER COLOUR AND OTHER QUALITY PARAMETERS

By

LAKATOS, LÁSZLÓ – SZABÓ, TIBOR – RACSKÓ, JÓZSEF – SZABÓ, ZOLTÁN –
SOLTÉSZ, MIKLÓS – NYÉKI, JÓZSEF

Keywords: cover colour of apple fruits, fruit quality, temperature.

Cover colour belongs to those phenometric characteristic features, of which only the final value is taken into consideration. The colour of fruits is considered to be an important quality indicator. Saleability greatly depends on how well covered the colour is of the specific type of fruits.

Cover colour is one of the phenometric variables and it is a well-known fact that significant differences can be experienced year on year. The regression results clearly show that the night and day-time temperature difference is suitable for prediction of the cover colour of fruits

The genetic property of winter ripening varieties has a greater effect on cover colour, while in summer and autumnal ripening varieties the role of the weather has a greater importance. The cover colour of spur varieties is generally more intensive, as the smaller sized trees are significantly more exposed to extreme weather conditions. It would be useful to analyze the colour formation of green and yellow colour varieties separately in the future. Cover colour has a great influence on market prices and saleability as well.

The research results show that the night and day-time temperature has a great effect on fruit parameters, such as sugar, vitamin C, and acid content. We can influence the night and day-time temperature values via refreshing irrigation, so we have the possibility of modifying these parameters to the optimum value.

THE EFFECT OF SPRING FROSTS ON THE QUALITY OF APPLES

By

SZABÓ, ZOLTÁN – RACSKÓ, JÓZSEF – SZABÓ, TIBOR – SOLTÉSZ, MIKLÓS –
LAKATOS, LÁSZLÓ – NYÉKI, JÓZSEF

Keywords: size, shape, cracking and russetting, dry matter content.

Winter and spring frosts affect the development and quality of apple crops in both indirect and direct ways:

Indirect effects: Frost damage of young fruitlets affects fruit size, shape, surface morphology and its nutritional value. Skin splitting and cracking and russetting can sometimes appear on the fruit's surface. The location and degree of these fruit quality disorders usually also depends on the variety.

Direct effects: Frost damage opens a way into the plant tissues for several serious phytophogens (fire blight in pome fruits, brown rot in stone fruits etc.). Frost damage to buds and flowers of up to 20–40 per cent can be favourable, if it appears uniformly throughout the orchard. This can be considered as very early stage thinning and as a result fruit size will be

bigger and yield will be higher. Extreme flower damage results in the over turning of growth balance. The consequence of excessive vegetative growth is fruit which is generally bigger and poorly coloured, with delayed maturity, a lower ratio of soluble solids content, and poorer storability. A large vegetative area (crown) usually decreases the efficiency of plant protection treatments. In apples the first leaves are generally damaged by early spring frosts and their shape is repand with decreased size. A decrease in the size of the assimilation area can reduce the size of the fruit. An increase in the ratio of parthenocarpic fruit occurs in pears, occasionally in apples and stone fruits, too. It is important to note that parthenocarpic pear fruit has an unusual shape and smaller size.

THE ROLE OF METEOROLOGICAL VARIABLES ON SOUR CHERRY QUALITY PARAMETERS

By

LAKATOS, LÁSZLÓ – SZABÓ, TIBOR – ZHONG-FU SUN – YINGCHUN, WANG –
SOLTÉSZ, MIKLÓS – SZABÓ, ZOLTÁN – NYÉKI, JÓZSEF

Keywords: sour cherry quality, meteorological variables, night and day-time temperature differences.

We analyzed the relationship to sour cherry quality parameters of average temperature, maximum temperature, minimum temperature, night and day-time temperature, precipitation and climatic water balance variables. Three species of sour cherry were included in the selection: 'Debreceni bőtermő' 'Kántorjánosi', and 'Újfehértói fürtös'. We conducted regression analyses on all three varieties, but present only those that proved to be the best fit. We couldn't find any significant differences in the weather tolerance of the varieties. The data base of sour cherry quality parameters covers the 1998 to 2005 intervals. The researched parameters were the following:

- Dry matter content (%)
- Sugar content (%)
- Vitamin C (mg)
- Total acid content (%)

Maximum temperature, the difference of night and day-time temperature and minimum temperature all have a significant correlation with the investigated quality parameters of sour cherry. Minimum temperature shows a quadratic relationship with sugar content, while night and day-time temperature differences show the same with dry matter content. The other weather parameters had a linear correlation with the quality parameters of sour cherry.

The research results show that an increasing amount of precipitation causes a decreasing tendency in the total acid content of sour cherry, so that increasing temperatures have a positive influence on total acid content. Big differences in night and day-time temperature also have positive effects on the dry matter and sugar content of sour cherry, while the amount of precipitation has a negative effect. High minimum temperatures cause decreasing sugar content. Respiratory energy losses are significant if dawn temperatures do not drop considerably. A more favourable climatic water balance has a positive effect on vitamin C content. In cases of a large negative water balance, vitamin C content is generally low.

THE EFFECTS OF METEOROLOGICAL VARIABLES ON THE DISTRIBUTION OF SOUR CHERRY'S BLOOMING PERIOD

By

LAKATOS, LÁSZLÓ – SZABÓ, TIBOR – SOLTÉSZ, MIKLÓS – ZHONG-FU SUN –
YINGCHUN WANG – SZABÓ, ZOLTÁN – NYÉKI, JÓZSEF

Keywords: start of blooming, length of blooming, meteorological variables.

The research results are considered for three varieties of sour cherry: 'Újfehértói fürtös', 'Kántorjánosi', and 'Debreceni bőtermő'. We analysed the relationships between meteorological variables and blooming period. The weather has a great influence on the start of blooming, and the length of flowering. Through the results of multivariable statistical analysis we can state that the average temperature, maximum temperature, and climatic water balance are the most important meteorological variables in blooming processes. In addition, the duration of sunshine, the differences in night and day-time temperature, and minimum temperature all have a significant relationship to the length of blooming.

The results clearly show that high temperature (average temperature, maximum temperature) significantly increases the speed of biological processes. In the case of increasing night and day-time temperature differences we can expect to see earlier blooming.

On spring days when there is a big day-time and night time temperature difference, high day-time maximum temperatures usually occur. These high day-time temperatures increase the speed of blooming. In the case of cloudy, rainy weather, there is generally a small day-time and night time temperature difference, which lengthens blooming.

If we compare climatic water balance (precipitation, and potential evaporation differences) and the formation of the length of blooming we can find a significant relationship: in cases of positive water balance there is a longer phase content, and in the case of negative water balance we get shorter phase intervals. Less precipitation and higher temperatures speed up the physiological processes, making the speed of blooming faster and the length of blooming shorter. We found no significant differences between varieties' weather tolerance.

THE EFFECTS OF CLIMATIC ANOMALIES ON NUTRIENT MANAGEMENT OF FRUIT PLANTATIONS

By

NAGY, PÉTER TAMÁS – SZABÓ, ZOLTÁN – NYÉKI, JÓZSEF – SOLTÉSZ, MIKLÓS

Keywords: climate anomalies, nutrient management, temperature, water supply.

The frequency of unexpected climatic events and their increasing rate are resulting in more and more problems for fruit growers all over world. It is a very hard task to estimate fruit failure, which follows from climatic extremes, but its rate is growing continuously year on year. Changing climatic conditions create new tasks for today's fruit growers and scientists as well. An urgent task for the near future is to correct and adjust tested fruit growing technologies in line with these climatic events as modifier factors. This is particularly true

for the nutritional aspects of fruit growing technology, which respond sensitively to changes in environmental conditions. The aim of this study is to explore the problems of nutrient uptake following climatic anomalies and responses.

STAND-BY TECHNOLOGIES FOR REDUCING DROUGHT IN ORCHARDS

By
NEMESKÉRI, ESZTER

Keywords: drought, irrigation, drought tolerance.

The great challenge for the future is to co-ordinate food requirements and the development of irrigated agriculture to achieve increasing food production with less water usage, particularly in countries with limited water and land resources. Water is the limiting factor in the worldwide increase of intensive orchards. Previously, methods based on estimations of soil moisture status and air temperature were recommended for irrigation scheduling. Currently, there are a wide range of novel approaches proposed for irrigation scheduling, which are based on directly sensing plant response to water deficits.

Orchards' drought damage can be reduced by the use of drought tolerant fruit varieties and the optimisation of growing and ecological conditions. Productivity can be increased in new plantations if we respect the possibility of drought. The stress-degree-days index should be used for irrigation scheduling forecasts to avoid severe water shortages.

New water saving techniques such as regulated-deficit irrigation (RDI) and partial root zone drying (PRD) can be beneficial where appropriately applied, while substantial savings of water can be achieved with little impact on the quality and quantity of the harvested yield. The utilisation of these irrigation techniques for all fruit species has not been perfected yet. However, to be successful, the knowledge of crops' behaviour – such as crop response to water stress – is required in order to increase their water use efficiency. The products of biotechnology research are new possibilities for reducing drought damage and thereby enhancing the general adaptation reactions of plants.

BIOCLIMATIC WINTER-CHILLING REQUIREMENT MODEL FOR PREDICTING THE START OF APPLE BLOOMING

By
LAKATOS, LÁSZLÓ – SZABÓ, TIBOR – RACSKÓ, JÓZSEF – SZABÓ, ZOLTÁN –
SOLTÉSZ, MIKLÓS – NYÉKI, JÓZSEF

Keywords: bioclimatic model, start of blooming, temperature.

The aim of our research was to develop a method for predicting the start of blooming of different flowering and ripening varieties. For development of the model we used research results worked out by other scientists. We tested all the available start of blooming prediction models in Hungarian climate conditions. The results show that the Hutchins and North-

Carolina methods are the most suitable for predicting the start of blooming, but the prediction error margin can be as much as 5–7 days. Therefore, it can be stated that these methods are not suitable for predicting the times of phenological phases. We determined that we have to combine the advantages of the international models in order to achieve a new, easy usage model for the prediction of blooming periods.

Based on the correlation analyses, the authors developed a new model that can predict the beginning of flowering time with the help of temperature data. We believe that we can predict the start of blooming based on historical temperature data and the meteorological variables of a given year. The standard error margin of the method should be less than 3–5 days. The average value of the cumulative cold need index was 3,500 for summer ripening, 3,520 for autumn ripening and 3,540 for winter ripening cultivars. Based on the knowledge of the start of the blooming period, the speed of the developing processes can be calculated; even the ripening time can be predicted.

THE PROBABLE EFFECTS ON PLANT PATHOGENS OF CHANGING AMBIENT CO₂ AND OZONE CONCENTRATIONS, UV RADIATION AND GLOBAL TEMPERATURE

By
HOLB, IMRE

Keywords: CO₂ concentration, UV-radiation, global temperature change, plant pathogens.

Due to the increasing atmospheric concentrations of CO₂ and other greenhouse gases the global climate has been warming and changing. In this study, the general impacts of CO₂ and ozone concentrations as well as UV radiation and changing temperature on plant pathogens in orchards are discussed. The elevated CO₂ concentration, ozone level and UV radiation and the global change in temperature have a modifying effect on the behaviour of plant pathogens. On the one hand, the elevated CO₂ concentration will change their rates of development and the degree of damage they cause. On the other hand, the changed conditions will alter the characteristics of the plant stands (e.g. biomass, plant density, utilization of water, and C:N ratio), which will also affect infection by pathogens. The effects of the above mentioned factors on pathogens are diverse and both stimulating and inhibitory effects can be expected. Therefore, it is difficult to predict the result of these effects from a scientific point of view. Also, it has to be noted that climate change will result in a shift of agricultural zones and this can lead to the migration of crops and their pests and diseases. One consequence of this might be that the diseases entering new regions can attack natural plant communities that have not been exposed to these – often much more aggressive – species and strains before. In this study, we make an attempt to review the above mentioned effects on the basis of available literature and to predict, where possible, the probable effects of the changing ambient CO₂ concentration, increasing global temperature and changing ozone level on plant pathogens.

THE POSSIBLE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON THE PHENOLOGICAL PHASES OF CORN AND WHEAT

By

ERDÉLYI, ÉVA – FERENCZY, ANTAL – BOKSAI, DANIELLA

Keywords: climate change, corn, modelling, phenological phases, winter wheat.

The tendency of a potential global climate change is still not obvious, but the most accepted models predict warming and an increase in extreme weather events. Global climate change has a major influence on agriculture. If the temperature rises, varieties with a longer vegetation period and higher yield could be grown. The phenological phases of cultivated plants are largely affected by temperature and precipitation changes. We wanted to see how the length and the starting dates of the phenological phases of the two most important field crops in Hungary – maize and winter wheat – change in the case of different scenarios. The location of our experiment was the Debrecen region, which is of great importance in Hungary's agricultural production. The simulations were run using the 4M model. It can be said for both maize and winter wheat that the phenological phases might be shorter and occur earlier in the future as a result of temperature increases. Models are very applicable for the description of changes in the future and for giving hints on improving new plant varieties, which are resistant to probable changes. While living under changing climate conditions, one of our most urgent tasks is to define the optimal preparation and response strategies to the conditions under change.

CONTENTS

STUDY

<i>Soltész, Miklós – Nyéki, József – Szabó, Zoltán: Extreme weather effects endangering fruit production</i>	3
<i>Racskó, József – Lakatos, László – Nyéki, József – Soltész, Miklós – Szabó, Zoltán: Apple cultivars' sensitivity to sunburn damage in growth inducing rootstocks</i>	13
<i>Lakatos, László – Szabó, Tibor – Racskó, József – Szabó, Zoltán – Soltész, Miklós – Nyéki, József: The effect of night and day-time temperature on apple cover colour and other quality parameters</i>	36
<i>Szabó, Zoltán – Racskó, József – Szabó, Tibor – Soltész, Miklós – Lakatos, László – Nyéki, József: The effect of spring frosts on the quality of apples</i>	47
<i>Lakatos, László – Szabó, Tibor – Zhong-Fu, Sun – Yingchun, Wan, – Soltész Miklós – Szabó, Zoltán – Nyéki, József: The role of meteorological variables on sour cherry quality parameters</i>	52
<i>Lakatos, László – Szabó, Tibor – Soltész, Miklós – Zhong-Fu Sun – Yingchun Wang – Szabó, Zoltán – Nyéki, József: The effects of meteorological variables on the distribution of sour cherry's blooming period</i>	60
<i>Nagy, Péter Tamás – Szabó, Zoltán – Nyéki, József.– Soltész, Miklós: The effects of climatic anomalies on nutrient management of fruit plantations</i>	68
<i>Nemeskéri, Eszter: Stand-by technologies for reducing drought in orchards</i>	76
<i>Lakatos, László – Szabó, Tibor– Racskó, József – Szabó, Zoltán – Soltész, Miklós – Nyéki, József: Bioclimatic winter-chilling requirement model for predicting the start of apple blooming</i>	89
<i>Holb, Imre: The probable effects on plant pathogens of changing ambient CO₂ and ozone concentrations, UV radiation and global temperature</i>	99
<i>Erdélyi, Éva – Ferenczy, Antal – Boksai, Daniella: The possible effects of climate change on the phenological phases of corn and wheat</i>	115
Summary	131



SZÁMUNK SZERZŐI

Boksai Daniella, a BCE Kertészettudományi Kar egyetemi hallgatója (1118 Budapest, Villányi út 29-43., Tel.: 482-6179, Fax: 466-9273, E-mail: daniellaboksai@yahoo.com)

Erdélyi Éva, a BCE Kertészettudományi Kar Matematika és Informatika Tanszék egyetemi adjunktusa (1118 Budapest, Villányi út 29-43., Tel.: 482-6179, Fax: 466-9273, E-mail: eva.erdelyi@uni-corvinus.hu)

Ferenczy Antal, a BCE Kertészettudományi Kar Matematika és Informatika Tanszék egyetemi adjunktusa (1118 Budapest, Villányi út 29-43., Tel.: 482-6186, Fax: 466-9273, E-mail: antal.ferenczy@uni-corvinus.hu)

Holb Imre, a DE AMTC Mezőgazdaságtudományi Kar Gyümölcsstermesztési Tanszék egyetemi docense (4032 Debrecen, Böszörményi út 138., Tel.: 52/508-477, Fax: 52/526-934, E-mail: holb@agr.unideb.hu)

Lakatos László, a DE AMTC Mezőgazdaságtudományi Kar Agrár-Műszaki Tanszék egyetemi docense (4032 Debrecen, Böszörményi út 138., Tel.: 52/508-325, Fax: 52/508-345, E-mail: lakatos@agr.unideb.hu)

Nagy Péter Tamás, a DE AMTC Mezőgazdaságtudományi Kar Mezőgazdasági Kémiai Tanszék egyetemi adjunktusa (4032 Debrecen, Böszörményi út 138., Tel.: 52/508-444/88090, Fax: 52/413-385, E-mail: nagypt@agr.unideb.hu)

Nemeskéri Eszter, a DE AMTC Mezőgazdaságtudományi Kar Gyümölcsstermesztési Tanszék egyetemi docense (4032 Debrecen, Böszörményi út 138., Tel.: 52/508-477, Fax: 52/526-934, E-mail: nemeskeri@agr.unideb.hu)

Nyéki József, a DE AMTC Kutatási és Fejlesztési Intézet egyetemi tanára, intézetigazgató (4032 Debrecen, Böszörményi út 138., Tel.: 52/508-477, Fax: 52/526-934, E-mail: erdodine@agr.unideb.hu)

Racsó József, a DE AMTC Kutatási és Fejlesztési Intézet tanszéki mérnöke (4032 Debrecen, Böszörményi út 138., Tel.: 52/508-477, Fax: 52/526-934, E-mail: racsko@agr.unideb.hu)

Soltész Miklós, a KF Kertészeti Főiskolai Kar Gyümölcs- és Szőlőtermesztési Intézet egyetemi tanára, rektorhelyettes (6000 Kecskemét, Erdei Ferenc tér 1-3., Tel.: 76/517-633, Fax: 76/517-601, E-mail: soltesz.miklos@kfk.kefo.hu)

Sun Zhong-Fu, a CAAS Beijing Institute of Vegetable and Flower Science egyetemi tanára (E-mail: sunzf@263.net)

Szabó Tibor, az Újfehértói Gyümölcsstermesztési Kutató- és Szaktanácsadó Kht. tudományos főmunkatársa (4244 Újfehértó, Vadas tag 2., Tel.: 42/290-822, E-mail: szaboti@ujfehertokutato.hu)

Szabó Zoltán, a DE AMTC Kutatási és Fejlesztési Intézet egyetemi tanára (4032 Debrecen, Böszörményi út 138., Tel.: 52/508-477, Fax: 52/526-934, E-mail: erdodine@agr.unideb.hu)

Wang Yingchun, a CAAS Beijing Institute of Vegetable and Flower Science egyetemi tanársegéde (E-mail: yingchundiane@yahoo.com)