

## MOSONMAGYARÓVÁRI HOSSZÚ AGROMETEOROLÓGIAI KÍSÉRLETSOROZAT TAPASZTALATAI

### EXPERIENCES OF A LONG SERIES OF AGROMETEOROLOGICAL EXPERIMENTS IN MOSONMAGYARÓVÁR

Varga Zoltán

Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Víz- és Környezettudományi Tanszék,  
9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2., [varga.zoltan@sze.hu](mailto:varga.zoltan@sze.hu)

**Összefoglalás.** A fenológia – a Nemzetközi Biológiai Program (International Biological Program – IBP) keretében megalkotott, általánosan használt definíciója szerint – az ismétlődő biológiai események időbeli alakulásának, az azok időbeliségét okozó biotikus és abiotikus kényszerek törvényszerűségeinek és az azonos vagy eltérő fajok fázisai közötti összefüggéseknek a tanulmányozása (Lieth 1974). Ez a meghatározás jól indokolja az agrometeorológiai vizsgálatok fontosságát és aktualitását, valamint érzékelteti a Mosonmagyaróváron 1997-ben megkezdett agrometeorológiai kísérletsorozat eredményeinek lehetséges felhasználási területeit. E cikkben elemezzük a kukorica bázishőmérsékletét, s bemutatjuk a fenológiai és meteorológiai jellemzők időbeli változékonyságát, valamint a meteorológiai viszonyok és a növény fejlődése, növekedése, valamint produktivitása közötti kapcsolatra vonatkozó eddigi eredményeinket a két, hazánkban általánosan termesztett (középkorai és középérésű) kukorica hibrid esetén. Végezetül felvázoljuk a tervezett további főbb kutatási irányvonalainkat is.

**Abstract.** The International Biological Program (IBP) defined phenology as the study of the timing of recurrent biological events, the causes of their timing with regard to biotic and abiotic forces, and the interrelation among phases of the same or different species (Lieth 1974). This definition justifies the importance and the relevance of agrometeorological studies, as well as the possible uses of our results of the agrometeorological experiments started in Mosonmagyaróvár in 1997. This article analyzes the base temperature of maize and presents our findings about the temporal variability of the phenological and meteorological characteristics as well as the results of the relationship between meteorological conditions and the development, growth and productivity of the two generally cultivated (mid-early and middle maturing group) maize hybrids. Finally our further major research orientations are outlined.

**Bevezetés.** A párhuzamos meteorológiai és fenológiai adatgyűjtés fontossága a XX. század eleje óta ismert, amikor Brounov az agrometeorológia alapelveként definiálta ennek szükségességét a kvantitatív vizsgálatok megalapozásához (Varga-Haszonits és Varga 2006). Miközben az ilyen jellegű kutatások jelentősége és felhasználhatósága folyamatosan növekedni látszik, igazán hosszú, a pár évet meghaladó tartamú agrometeorológiai kísérletsorozatokkal csak ritkán lehet találkozni a szakirodalomban. A hosszú, párhuzamos meteorológiai és fenológiai adatsorok iránti fokozódó igényt egyfelől indokolja az éghajlatingadozás különböző formáinak, a napjainkban egyértelműen az érdeklődés középpontjába került éghajlatváltozás alakulásának és hatásainak tanulmányozása (Aono and Kazui 2008), valamint a kissé háttérbe szorult, de legalább ugyanilyen fontos éghajlati változékonysággal kapcsolatos elemzések. Másfelől az egyre nagyobb teret nyerő, s mind kidolgozottabb mezőgazdasági döntéstámogató rendszerek által igényelt, kvantifikált alapokon nyugvó információ előállítására szempontjából is szükségesek a hosszú agrometeorológiai kísérletsorozatok.

Rosenzweig et al. (2007) úgy fogalmaztak, hogy a fenológia talán a legegyszerűbb folyamat, melynek tanulmányozásával a fajok éghajlatváltozásra adott reakciói vizsgálhatóvá válnak. Figyelembe véve ezt, továbbá a fenológia több évszázados történetét, s az ilyen jellegű ko-

rábbi, szerteágazó nemzetközi és hazai kutatási előzményeket, melyeket Varga-Haszonits és Varga (2001), valamint Hunkár et al. (2011) foglaltak össze jól áttekinthetően, meglepőnek tűnhet e terület jelenlegi alulreprezentált állapota. Szintén szót érdemel, hogy a rendelkezésre álló, az éghajlati rendszer változásának hatásait elemző hosszabb adatsorokat felhasználó fenológiai vizsgálatok általában vadon termő növényekre irányulnak, s az irodalomban lényegesen ritkábban lehet gazdasági növényekre fókuszáló, ilyen jellegű kutatásokkal találkozni, miközben azokra legalább ugyanakkora szükség lenne a fent említettek tényeknek megfelelően. Ilyen megfontolásból állíthatjuk, hogy hiánypótló jellegűek a Mosonmagyaróváron 1997-ben megkezdett és jelenleg is folyó, kukoricára irányuló agrometeorológiai vizsgálataink.

A kukorica tesztnövényként való használata több szempontból is indokoltnak látszott. Kiemelkedő nemzetközi és hazai termesztési jelentősége éppúgy indokolja ezt, mint a fajon belüli alakgazdagsága (a nagyon különböző éréscsoportok megléte) és nagyfokú alkalmazkodóképessége. Az eredetileg trópusi területekről származó növény termesztési területe már jó ideje a mérsékelt éghajlatú területekre koncentrálódik, s az ezt megalapozó jelentős bázishőmérséklet csökkenés, amely a növény nagyfokú genetikai formálhatóságának bizonyítéka, napjainkban sem állt meg. A pár évtizeddel ezelőtti irodalmak még ál-

talánosan 10–12 Celsius fokos fejlődési minimum hőmérsékletet, azaz bázishőmérsékletet tekintettek a kukoricára érvényesnek (Menyhért 1985). Napjainkban már nem ritkák a 8 fokos értékek sem (Jones et al. 2003, Bocchiola et al. 2013), sőt, esetenként előfordulnak 6 Celsius fokos bázishőmérséklettel kalkuláló irodalmak is (Holzkämper et al. 2015).

Vizsgálataink motivációjaként még azt is érdemes megemlíteni, hogy szerettük volna ütköztetni az általában használatos, naptári időszakokra (hónapokra, évre) koncentráló és a mezőgazdaságilag releváns, a növények természetes fenológiai szakaszait alapul vevő szemléletet.

**Módszerek és adatok.** A Varga-Haszonits Zoltán professzor által létrehozott és irányított mosonmagyaróvári Agroklimatológiai Kutatócsoport tevékenysége keretében elindított szántóföldi kísérletsorozatunk helyszínéül a jelenlegi Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának mosonmagyaróvári növénytermesztési kísérleti telepét választottuk. A hazánkban termesztett kukorica hibridválaszték általában több mint 80%-ban a középkorai- (FAO 300-399) és a középérésű (FAO 400-499) éréscsoportokból kerül ki, ezért a vizsgálatba bevont növényállományokat is ezekből választottuk. A párhuzamosan használt meteorológiai adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat és a mosonmagyaróvári kar által közösen üzemeltetett hivatalos meteorológiai állomás mérte. A kukorica állományok évről-évre a meteorológiai adatgyűjtés pár km<sup>2</sup>-es körzetében voltak megtalálhatók, s az ilyenkor megkövetelt reprezentativitás biztosított volt. Ezzel együtt 2002-től kezdődően a további vizsgálati évek többségében egy az állományba telepített meteorológiai műszeregyüttes segítségével a mikroklíma alakulására vonatkozó adatgyűjtési programot is megvalósítottunk annak érdekében, hogy teljesebb képünk legyen a növényekre hatást gyakorló légköri viszonyok alakulásáról.

A párhuzamos fenológiai és meteorológiai adatgyűjtés az 1997–2013-as időszakban folyt. A középkorai éréscsoport esetén egy évvel később indultak a vizsgálatok. Pár éves kényszerű szünet után 2017-től kibővítve, a kutatásban az 500-as FAO számú éréscsoportot is bevonva és teljes fajtasorokat használva, újrakezdtük az ilyen jellegű adatgyűjtést, de ennek eredményeit terjedelmi okokból most nem közöljük.

A kukoricatermesztést jellemző rendkívül gyors fajtaro-táció miatt nem tudtuk hosszabb ideig ugyanazokat a hibrideket használni kísérleteink során, de az fontos szempont volt a tesztalanyok megválasztásánál, hogy az egymást váltó hibridek érésideje (ún. FAO száma) ne térjen el lényegesen. A mezőgazdasági kultúrnövények fenológiai vizsgálatakor ugyanis fontos annak tisztázása, hogy a fajták közötti különbségek mekkora szerepet játszanak a fenológiai jelenségek eltérő időpontjaiban. Ha ezek a különbségek nagyok, akkor az egyes fajtákat külön kell vizsgálni; ha viszont nem jelentősek az eltérések, akkor ettől eltekinthetünk, s általánosságban az adott faj (vagy

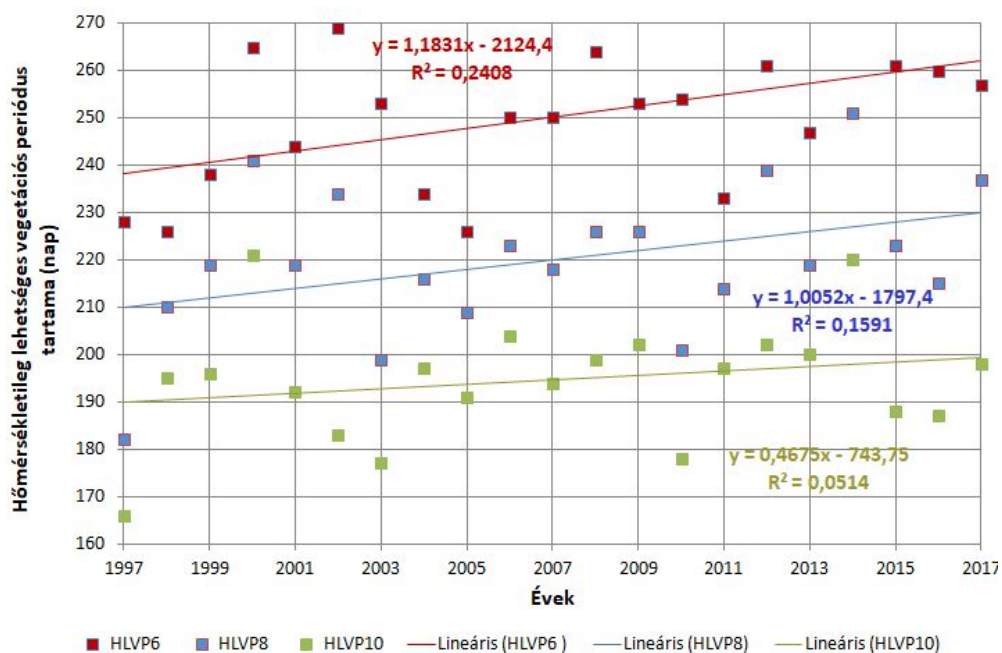
esetünkben éréscsoport) fenológiai eseményeiről beszélhetünk (Szakály 1963, Szakály 1972). A hibridek megválasztásával ez utóbbira törekedtünk. Az általunk alkalmazott hibridek az alábbiak voltak a most elemzett kísérleti időszakban. Középkorai érésűek (FAO 300-as éréscsoport): 1998–2004: Asgrow 043, 2005: Cisco, 2006–2011: LG-3362, 2012–2013: LG-3350; középérésűek (FAO 400-as éréscsoport): 1997–1999: Mv-444, 2000: Dekalb545, 2001–2004: Dekalb471, 2005: Oc-citan, 2006–2013: LG-3475.

Az általunk gyűjtött fenológiai adatok a következők voltak: a fenológiai jelenségek bekövetkezési időpontja, a fontosabb fejlődési szakaszok hossza, az adott szakaszokra jellemző átlagos napi fejlődési ütem, a dekádonkénti növénynövekedési paraméterek (az állomány magassága, levélfelület, szárazanyag gyarapodás), az állomány produktivitását (annak mennyiségét és minőségét) számszerűsítő jellemzők.

A kukorica vegetációs periódusát a kezdeti fejlődés (a vetéstől a kelésig terjedő időintervallum), a vegetatív fejlődés (a keléstől a címerhányásig terjedő periódus) és a generatív fejlődés (a címerhányástól az érésig terjedő periódus) időszakára felosztva végeztük az adatgyűjtést és az adatok elemzését, melyeknek – terjedelmi okokból – ezúttal csak egy rendkívül tömör összegzésére van lehetőségünk. Említést érdemel, hogy ismeretesek a kukorica vegetációs periódusának az itt használnál lényegesen részletesebb felosztásai is (Zadoks skála – Zadoks et al. 1974, BBCH-skála – Weber und Bleiholder 1990, Lancashire et al. 1991), de esetünkben – mint ahogyan az ilyen jellegű vizsgálatok esetében általában – nem látszott indokoltnak azok használata.

A fenológiai adatokhoz a következő mért és számított meteorológiai értékeket társítottuk: átlagos léghőmérséklet, kalkulált (pozitív, aktív és effektív) hőmérsékleti összegek, napi minimumhőmérsékletek átlaga, napi maximumhőmérsékletek átlaga, átlagos talajhőmérséklet 5, 10, 20, 50 és 100 cm-es mélységben, napfénytartam összeg, átlagos relatív nedvesség, csapadékösszeg, átlagos szélesség. A globálsugárzás mért értéke nem állt rendelkezésre a teljes vizsgálati időszakra, ezért a feldolgozásunkban azt nem használtuk. Kiegészítő jelleggel a tenyészidőszak folyamán dekádonként gravimetriás talajnedvesség meghatározást végeztünk, így adatbázisunk a 0–20, 20–40, 40–60 és 60–80 cm-es rétegek talajnedvességi értékeit is tartalmazza. Jelen elemzéseink az állományban mért értékek közül csak az utóbbiakra terjednek ki; a többi meteorológiai elem a hivatalos meteorológiai állomásról származik.

Az adatok gyűjtését, ellenőrzését és rendezését követően egyszerű matematikai statisztikai módszerekkel (trendszámítás, lineáris egyváltozós összefüggésvizsgálat) elemeztük a kukorica fenológiai viszonyainak változékonyságát, illetve az egyes fenológiai szakaszokat jellemző meteorológiai viszonyok időbeli alakulását jellemző alapvető törvényszerűségeket, valamint a kukorica fejlődésére, növekedésére és produktivitására gyakorolt meteorológiai hatásokat.



1. ábra. A kukorica különböző bázishőmérsékleteinek hatása a hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus hosszára Mosonmagyaróváron (1997–2017)

**Eredmények.** Vizsgálataink három nagy csoportba sorolhatók, s ezek eredményeit az alábbiakban összegezzük.

**A kukorica bázishőmérsékletére vonatkozó vizsgálatok eredményei.** Mint említettük, az irodalomban ellentmondásos közlésekkel lehet találkozni a kukorica bázishőmérsékletével kapcsolatban; egyaránt előfordulnak 6, 8. illetve 10 Celsius fokos fejlődési minimumhőmérséklettel kalkuláló cikkek. Első lépésben azt vizsgáltuk, hogy ezek a különböző értékek milyen hatással vannak a nö-

zishőmérsékletre alapozva számításainkat, még 20%-kal jelentősebb változást tapasztaltunk.

Azt is vizsgálat tárgyává tettük, hogy kísérleti eredményeink alapján mennyire tekinthetők reálisnak az irodalomban megjelenő alacsonyabb kukorica bázishőmérséklet értékek térségünkben. Tettük ezt oly módon, hogy előbb meghatároztuk a két éréscsoport egyes fejlődési szakaszaira és a tenyészidőszak egészére 1997–2013 között átlagosan jellemző pozitív hőmérsékleti összeg, a 6, 8 és 10 Celsius fokos aktív hőmérsékleti összegek, vala-

vény számára potenciálisan rendelkezésre álló hőmérsékletileg meghatározott időszak, azaz a hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus hosszára. Az ebben az esetben egészen 2017-ig kiterjesztett vizsgálat eredménye alapján készített 1. ábra szemlélteti, hogy 10 Celsius fokos küszöbhőmérsékletet feltételezve kb. két évtized alatt kétévenként nagyjából 1 nappal hosszabbodott a kukorica fejlődéséhez potenciálisan rendelkezésre álló időszak hossza. 8 Celsius fokos bázishőmérséklet esetén a változás kétszer olyan gyorsnak bizonyult, azaz évente 1 nappal hosszabbodott meg a hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus a melegedési trend hatására, míg 6 Celsius fokos bázishőmérsékletre alapozva számításainkat, még 20%-kal jelentősebb változást tapasztaltunk.

1. táblázat: A hőmérsékleti összegek hatása a kukorica fejlődésére Mosonmagyaróváron (1997/98–2013)

FAO 300-as éréscsoport	fázisstartam			fejlődési ütem		
	vetés- kelés	kelés- címerhányás	címerhányás- érés	vetés- kelés	kelés- címerhányás	címerhányás- érés
pozitív hőmérsékleti összeg	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
aktív hőmérsékleti összeg - 6 fok	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
aktív hőmérsékleti összeg - 8 fok	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
aktív hőmérsékleti összeg - 10 fok	1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	1%
effektív hőmérsékleti összeg - 6 fok	2%	1%	1%	1%	1%	1%
effektív hőmérsékleti összeg - 8 fok	NS	5%	5%	5%	5%	2%
effektív hőmérsékleti összeg - 10 fok	NS	NS	NS	NS	NS	NS
FAO 400-as éréscsoport	fázisstartam			fejlődési ütem		
	vetés- kelés	kelés- címerhányás	címerhányás- érés	vetés- kelés	kelés- címerhányás	címerhányás- érés
pozitív hőmérsékleti összeg	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
aktív hőmérsékleti összeg - 6 fok	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
aktív hőmérsékleti összeg - 8 fok	0,1%	0,1%	1%	0,1%	0,1%	0,1%
aktív hőmérsékleti összeg - 10 fok	0,1%	0,1%	1%	0,1%	0,1%	1%
effektív hőmérsékleti összeg - 6 fok	1%	1%	5%	0,1%	1%	5%
effektív hőmérsékleti összeg - 8 fok	5%	2%	NS	2%	2%	NS
effektív hőmérsékleti összeg - 10 fok	NS	NS	NS	NS	NS	NS

2. táblázat: Szignifikáns időbeli változást mutató fenológiai és meteorológiai jellemzők Mosonmagyaróváron 1997/1998–2013 között

Éréscsoport	Fenofázis	Vizsgált elem	Szignifikancia
FAO300	vetés-kelés	10 cm-es talajhőmérséklet	gyenge
FAO300	vetés-kelés	20 cm-es talajhőmérséklet	gyenge
FAO300	vetés-kelés	50 cm-es talajhőmérséklet	erős
FAO300	vetés-kelés	100 cm-es talajhőmérséklet	gyenge
FAO300	vetés-kelés	0–20 cm-es talajnedvesség	erős
FAO300	vetés-kelés	20–40 cm-es talajnedvesség	erős
FAO300	kelés-címerhányás	csapadékösszeg	erős
FAO300	kelés-címerhányás	50 cm-es talajhőmérséklet	gyenge
FAO300	kelés-címerhányás	0–20 cm-es talajnedvesség	erős
FAO300	kelés-címerhányás	20–40 cm-es talajnedvesség	erős
FAO300	címerhányás-érés	0–20 cm-es talajnedvesség	gyenge
FAO400	vetés-kelés	10 cm-es talajhőmérséklet	gyenge
FAO400	vetés-kelés	20 cm-es talajhőmérséklet	gyenge
FAO400	vetés-kelés	50 cm-es talajhőmérséklet	gyenge
FAO400	vetés-kelés	0–20 cm-es talajnedvesség	erős
FAO400	vetés-kelés	20–40 cm-es talajnedvesség	gyenge
FAO400	kelés-címerhányás	0–20 cm-es talajnedvesség	erős
FAO400	kelés-címerhányás	20–40 cm-es talajnedvesség	erős
FAO400	címerhányás-érés	0–20 cm-es talajnedvesség	gyenge
FAO400	címerhányás-érés	20–40 cm-es talajnedvesség	gyenge
Éréscsoport	Fenológiai jelenség		Szignifikancia
FAO400	vetés időpontja		gyenge

*erős szignifikancia* legalább 1%-os szinten szignifikáns

*gyenge szignifikancia* legalább 10%-os, legfeljebb 2 %-os szinten szignifikáns

mint a 6, 8 és 10 Celsius fokos effektív hőmérsékleti összegek értékeit. A pozitív és aktív hőmérsékleti összegekre kapott értékek bármely változatban csak minimális eltéréseket mutattak – a tenyészidőszak egészére például 2960 és 3003 foknap között változó értékekkel. Ez azt jelzi, hogy még a legmagasabb, 10 Celsius fokos feltételezett bázishőmérséklet alatti hőmérsékletek előfordulása is csak szórványos volt a kukorica tényleges tenyészidőszakában. A kalkulált effektív hőmérsékleti összegek – köszönhetően az eltérő számítási megfontolásoknak – már jelentős különbségeket mutattak. Ezek értéke 1320 és 2024 foknapos tartományban mozgott a tenyészidőszak egészére vonatkozóan.

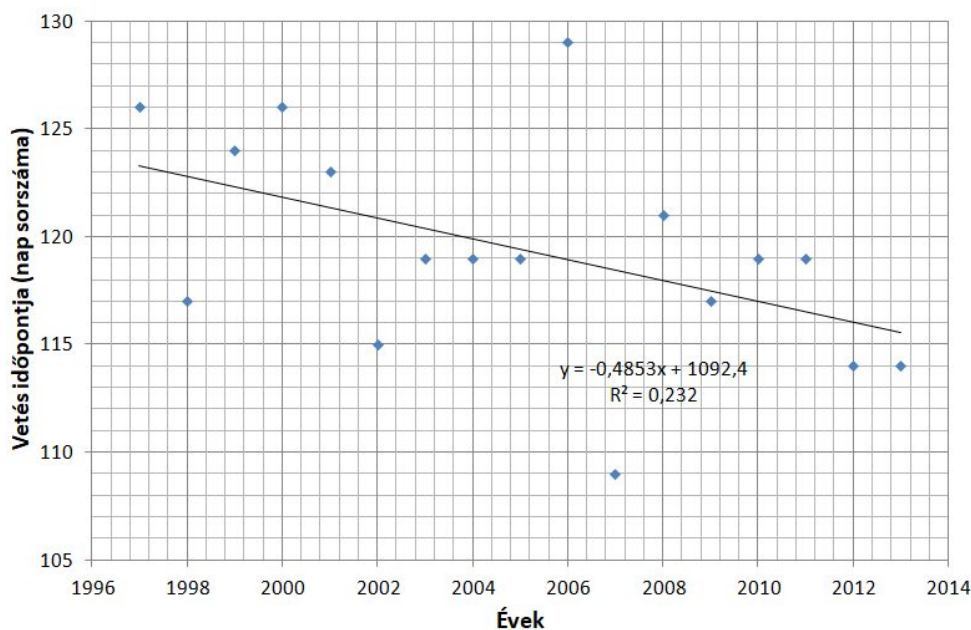
Lineáris egyváltozós összefüggésvizsgálatokkal elemeztük e hőmérsékleti összegek hatását a két éréscsoport fázistartamainak hosszára a fejlődés különböző szakaszaiban, illetve az egyes időszakokat jellemző átlagos fejlődési ütemeire. Ilyen jellegű eredményeinket az 1. táblázat foglalja össze, mely az összefüggésvizsgálatok szignifikanciáját mutatja be. A táblázatból az látható, hogy a pozitív és aktív hőmérsékleti összegek a tenyészidőszak bármely részében erősen meghatározták a két éréscsoport hibridjeinek fejlődését. Ilyen tekintetben nem volt lényeges különbség, hogy melyik bázishőmérsékletet vettük alapul. Az effektív hőmérsékleti összeg viszont sokkal

kevésbé bizonyult alkalmas eszköznek a kukorica fejlődésének nyomon követésére. Az itt tapasztalt nagyobb változások azt mutatják, hogy az alacsonyabb bázishőmérsékletek alapján kalkulált effektív hőmérsékleti összegek szorosabb kapcsolatban állnak a kukorica fejlődésével; a 6 Celsius fokos effektív hőmérséklet mindkét éréscsoportnál az összes fejlődési fázisban erősen szignifikáns összefüggéseket produkált. Ez alapján megkockáztatható az a kijelentés, mely szerint hazánkban sem teljesen megalapozatlan az eddig kevésbé használatos 6 Celsius fokos kukorica bázishőmérséklet.

**A fenológiai és meteorológiai elemek időbeli alakulásának elemzésére vonatkozó eredményeink.** Vizsgáltuk azt is, hogy a különböző fenológiai tulajdonságok és meteorológiai elemek közül – akár a kibontakozóban lévő éghajlatváltozással összefüggésben – melyek mutatnak egyértelmű eltolódást valamilyen irányban a Mosoni-síkon. Azt tapasztaltuk, hogy az ezredfordulót követő években az globális éghajlati ártrendeződés hatását is tükröző lokális változások – főként a növények fejlődésének kezdeti időszakában – már észlelhetők, de általában még nem jelentősek. A legalább 10%-os szinten szignifikáns módosulást mutató jellemzők összefoglalását a 2. táblázat adja.

Jól látható, hogy a meteorológiai elemek vonatkozásában elsősorban a kezdeti fejlődési időszakban a felszíni (0–40 cm-es) talajnedvességi értékek (általában erősebb szignifikanciával) növekedése és a felszíni (10–50 cm-es) talajhőmérsékletek (általában gyengébb szignifikanciával) csökkenése volt statisztikailag is igazolható, de a felszínközeli talajrétegeket érintő változások a tenyészidőszak egészében megfigyelhetők voltak. Ezek közül a vetés-kelés időszak környezeti ártrendeződése feltehetőleg összefüggésben lehet az egyetlen kimutatható fenológiai változással, a vetés előbbre tolódásának tendenciájával is (2. ábra). A korábban a talajba kerülő magok még hűvösebb és nedvesebb környezetben kezdik meg fejlődésüket, így a léghőmérséklet tendenciaszerűen jelentkező melegekedése – ellentmondásos módon – végső soron a kezdeti fejlődés számára hűvösebb feltételeket biztosít. Amint azt láttuk, a kukorica bázishőmérsékletének csökkenésével viszont képes lehet akár ehhez is hatékonyan alkalmazkodni.

**A kukorica fejlődésére, növekedésére és produktivására gyakorolt meteorológiai hatások számszerűsítésének eredményei.** A következő lépésben lineáris egyváltozós összefüggésvizsgálatokkal kvantitatívan elemeztük a meteorológiai elemeknek a növények fázistartamára, fejlődésére



2. ábra. A középérésű kukorica hibridek vetési időpontjának előbbre tolódása Mosonmagyaróváron (1997–2013)

dési ütemére, a vegetációs periódus alatti átlagos levélfelület indexére (LAI értékére), illetve a terméshozamára gyakorolt befolyását a két kukorica éréscsoport tenyészidőszakának különböző fejlődési szakaszaiban. A területi okokból főként a fejlődéssel kapcsolatos, vonatkozó eredményeinket a 3. táblázat és a 3–4. ábrák szemléltetik, s azok az alábbiakban foglalhatók össze. Azt tapasztaltuk, hogy a meteorológiai elemek alakulása a tenyészidőszak kezdeti szakaszában befolyásolta leginkább a középkorai érésű kukorica fejlődését, míg a tenyészidőszak kezdeti és főként a generatív szakaszában volt nagyobb hatással a középérésű hibridek fejlődésére, viszont a vegetatív szakaszban ezek hatása mindkét éréscsoport esetén gyengébbnek bizonyult. A meteorológiai elemek vonatkozásában főként a hőmérsékleti összeg(ek) és a napfénytartam fejlődést befolyásoló szerepe emelkedett ki – éréscsoporttól függetlenül. A vizsgált higrikus elemek hatása lényegesen gyengébb volt, ezek közül leginkább a felszíni (0–40 cm-es) talajnedvesség befolyása érvényesült a fejlődés kezdetén.

A meteorológiai elemeknek a levélfelület alakulására gyakorolt hatása általában kisebb volt a termésátlagok környezeti befolyásolásánál, s ezek mindegyike elmaradt a fejlődés esetén tapasztalt értékektől. Ebben az is szerepet játszhat, hogy a már idézett, Szakály által a fenológiai adatsorokra megfogalmazott homogenitási kritériumok jobban teljesülnek a kukorica hibridek fejlődési adatsora-ira, mint a növekedést vagy a produktivitást leírókra. Jellemzően a felszínközeli talajnedvességi és –hőmérsékleti viszonyok befolyása volt a legerősebb a levélfelület és a terméshozamok alakulására is. A fenofázisokat tekintve a LAI-ra gyakorolt befolyás szempontjából nem találtunk egyértelműen kiemelkedő jelentőségű időszakot, míg a termésátlagokra leginkább a tenyészidőszak második felének meteorológiai viszonyai hatottak mindkét vizsgált éréscsoport esetén. Kapott eredményeink több vonatkozásban jó egyezésben vannak a szakirodalomban található, más területek kukoricaállományainak fenológiai vi-

szonyaira vonatkozó megállapításával (Tao et al. 2006, Abbas et al. 2017).

### További kutatási irányok.

A terjedelmes és folyamatosan bővülő agrometeorológiai adatbázis feldolgozása még számos kutatási irányt tesz lehetővé. Ezek közül az általunk tervezett további vizsgálatokat az alábbiakban összegezzük.

1. Tervezzük a vizsgálatok időbeli kiterjesztését. Az adatsorok hosszának növekedésével még megalapozottabb megállapítások tehetők az itt tárgyalt kérdésekben; arról nem is beszélve, hogy a jelen éghajlatváltozási trendek még

inkább indokolttá teszik az adatgyűjtés és elemzés időbeli korlátainak kitágítását.

- Szintén perspektivikusnak látjuk a kukorica tenyészidőszaka mikroklimatikus viszonyainak részletes vizsgálatát. A most ismertetett eredményeink alapjául meteorológiai oldalról szinte kizárólag a hivatalos meteorológiai állomás növényállományon kívül mért adatai szolgáltak. Ugyanakkor az utóbbi években egyre inkább lehetőségünk adódott a kukorica tenyészidőszak mikroklimatikus viszonyait jellemző adatokat is gyűjteni. Bár eddigi elemzéseink alapján jó összefüggést találtunk a makro- és mikroklimát jellemző meteorológiai adatsorok között, hasznosnak látszik a kukorica közvetlen környezetének meteorológiai viszonyai és a növény fejlődése közötti kapcsolatot is számszerűsíteni.
- Távlati terveink között szerepel a meteorológiai viszonyok és a fejlődés, a növekedés, valamint a produktivitás kapcsolatának komplex elemzése is. Erre jó lehetőségeket kínálnak a nemzetközi fenológiai modellek (pl. APSIM-Maize, CERES-Maize, Wang-Engel modell), melyeknek tesztelését és régiókra adaptálását szeretnénk kivitelezni hosszú mérési adatsoraink alapján.

### Köszönetnyilvánítás.

A szerző köszönetét fejezi ki az EFOP 3.6.1-16-00017 „Nemzetköziesítés, oktatói, kutatói és hallgatói utánpótlás megteremtése, a tudás és technológiai transzfer fejlesztése, mint az intelligens szakosodás eszközei a Széchenyi István Egyetemen“ projektnek kutatásai támogatásáért.

A szerző továbbá köszönetét fejezi ki Varga-Haszonits Zoltán professzornak, a mosonmagyaróvári Agroklimatológiai Kutatócsoport vezetőjének a támogatásáért.

3. táblázat: A meteorológiai elemek hatása a kukorica fejlődésére Mosonmagyaróváron (1997/98–2013)  
(A táblázat az összefüggés-vizsgálatok szignifikanciáját mutatja be.)

FAO 300-as éréscsoport	fázisstartam				fejlődési ütem	
	vetés- kelés	kelés- cimerhányás	cimerhányás- érés	vetés- kelés	kelés- cimerhányás	cimerhányás- érés
5 cm-es talajhőmérséklet	10%	NS	NS	NS	NS	NS
10 cm-es talajhőmérséklet	5%	NS	NS	NS	NS	NS
20 cm-es talajhőmérséklet	NS	NS	NS	NS	NS	NS
50 cm-es talajhőmérséklet	NS	10%	NS	NS	10%	NS
100 cm-es talajhőmérséklet	NS	NS	10%	NS	NS	10%
pozitív hőmérsékleti összeg	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
átlaghőmérséklet	10%	NS	NS	NS	NS	NS
csapadékösszeg	NS	NS	NS	NS	NS	NS
maximumhőmérséklet	10%	NS	NS	NS	NS	NS
minimumhőmérséklet	NS	NS	NS	NS	NS	NS
napfénytartam összeg	1%	10%	5%	0,1%	10%	5%
relatív nedvesség	NS	NS	NS	NS	NS	NS
0–20 cm-es talajnedvesség	NS	NS	NS	10%	NS	NS
20–40 cm-es talajnedvesség	NS	NS	NS	NS	NS	NS
40–60 cm-es talajnedvesség	10%	NS	NS	10%	NS	NS
60–80 cm-es talajnedvesség	NS	NS	NS	NS	NS	NS
FAO 400-as éréscsoport	fázisstartam				fejlődési ütem	
	vetés- kelés	kelés- cimerhányás	cimerhányás- érés	vetés- kelés	kelés- cimerhányás	cimerhányás- érés
5 cm-es talajhőmérséklet	NS	NS	1%	NS	NS	1%
10 cm-es talajhőmérséklet	NS	NS	1%	NS	NS	1%
20 cm-es talajhőmérséklet	NS	NS	1%	NS	NS	1%
50 cm-es talajhőmérséklet	NS	NS	1%	NS	NS	1%
100 cm-es talajhőmérséklet	NS	NS	1%	NS	NS	1%
pozitív hőmérsékleti összeg	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
átlaghőmérséklet	NS	NS	10%	NS	NS	10%
csapadékösszeg	10%	NS	NS	NS	NS	NS
maximumhőmérséklet	NS	NS	NS	NS	NS	NS
minimumhőmérséklet	NS	NS	5%	NS	NS	10%
napfénytartam összeg	0,1%	NS	1%	0,1%	NS	1%
relatív nedvesség	NS	NS	NS	NS	NS	NS
0–20 cm-es talajnedvesség	NS	NS	NS	NS	NS	NS
20–40 cm-es talajnedvesség	5%	NS	NS	1%	NS	NS
40–60 cm-es talajnedvesség	NS	NS	NS	NS	NS	NS
60–80 cm-es talajnedvesség	NS	NS	NS	NS	NS	NS

## Irodalom

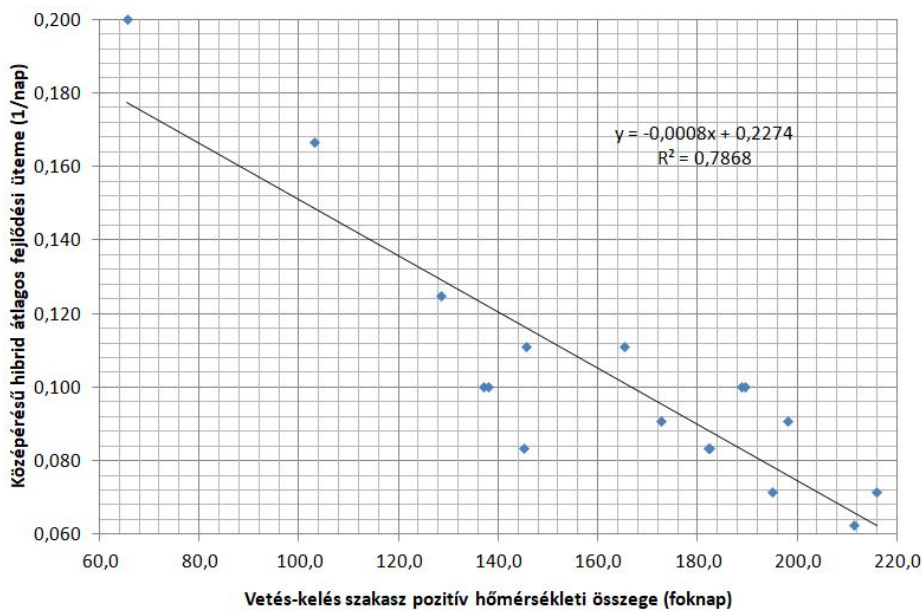
Abbas, G., Ahmad, S., Ahmad, A., Nasim, W., Fatima, Z., Hus-sain, S., Rehman, M.H., Khan, Hasanuzzaman, M., Fahad, S., Boote, K.J. and Hoogenboom, G. 2017: Quantification the impacts of climate change and crop management on phenology of maize-based cropping system in Punjab, Pakistan. *Agric. Forest Meteorol.* 247, 42–55.

Aono, Y. and Kazui, K. 2008: Phenological data series of cherry tree flowering in Kyoto, Japan, and its application to

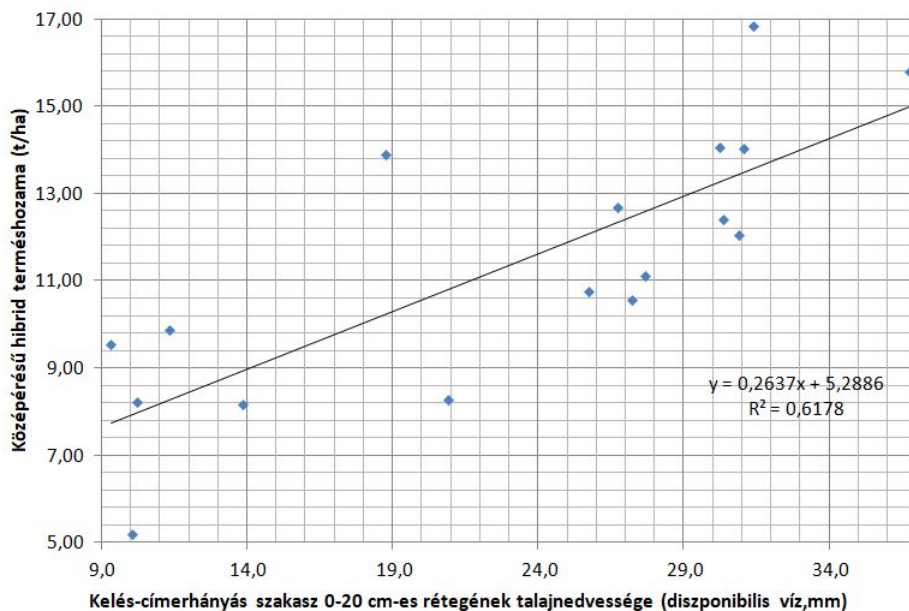
reconstruction of springtime temperatures since the 9th century. *International Journal of Climatology* 28, 905–914.

Bocchiola, D., Nana, E. and Soncini, A. 2013: Impact of climate change scenarios on crop yield and water footprint of maize in the Po valley of Italy. *Agricultural Water Management.* 116, 50–61.

Holzämper, A., Calanca, P., Honti, M. and Fuhrer, J. 2015: Projecting climate change impacts on grain maize based on three different crop model approaches. *Agricultural and Forest Meteorology.* 214–215, 219–230.



3. ábra: A vetés-kelés szakasz hőmérsékleti összegének hatása a középerésű kukorica hibridek fejlődésére Mosonmagyaróváron (1997-2013)



4. ábra: A kelés-címerhányás szakasz felszíni talajnedvességének hatása a középerésű kukorica hibridek produktivitására Mosonmagyaróváron (1997-2013)

Hunkár M., Vincze E., Szenyán I. and Dunkel Z. 2011: A fenológiai megfigyelés szerepe és jelentősége az agrometeorológiai modellezésben és a klímaváltozás kutatásában. Meteorológiai Tudományos Napok. Budapest, 2011. november 24-25. ([http://www.met.hu/doc/rendezvenyek/metnapok-2011/05\\_Hunkar.pdf](http://www.met.hu/doc/rendezvenyek/metnapok-2011/05_Hunkar.pdf))

Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelior, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijssman, A.J., Ritchie, J.T. 2003. The DSSAT cropping system model. *Eur. J. Agron.* 18(3-4), 235-265.

Lancashire, P.D., Bleiholder, H., Langeluddecke, P., Stauss, R., van den Boom, T., Weber, E. and Witzen-Berger, A.

1991: A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Ann. Appl. Biol.* 119(3): 561-601.  
Lieth, H. 1974. Phenology and Seasonality Modeling. *Springer Verlag*, Berlin.

Menyhért Z. 1985: A kukorica termőhelyigénye. In: *Menyhért Z.* (szerk.): A kukoricatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Rosenzweig, C., Casassa, G., Karoly, D.J., Imeson, A., Liu, C., Menzel, A., Rawlins, S., Root, T.L., Seguin, B. and Tryjanowski, P. 2007: Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. In: *Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E.* (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge UP, Cambridge, UK, 79-131.

Szakály J. 1963: Hazai őszi búza fajták fenológiai jelenségei. Beszámoló az 1962-ben végzett tudományos kutatásokról. Országos Meteorológiai Intézet, Budapest. 334-348.

Szakály J. 1972: Növényfenológiai vizsgálatok újabb eredményei. Beszámoló az 1969-ben végzett tudományos kutatásokról. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest. 413-416.

Tao, F., Yokozawa, M., Xu, Y., Hayashi, Y. and Zhang, Z., 2006: Climate changes and trends in phenology and yields of field crops in China, 1981-2000. *Agric. Forest Meteorol.* 138(1-4), 82-92.

Varga-Haszonits Z. és Varga Z. 2001: *Fitometeorológia (A légkör és a növényvilág).* Oktatási segédanyag, Nyugat-Magyarországi Egyetem. Mosonmagyaróvár.

Varga-Haszonits Z. és Varga Z. 2006: *Agrometeorológia.* Egyetemi jegyzet, Nyugat-Magyarországi Egyetem. Mosonmagyaróvár.

Weber, E. und Bleiholder, H. 1990: Erläuterungen zu den BBCH-Dezimal-Codes für die Entwicklungsstadien von Mais, Raps, Faba-Bohne, Sonnenblume und Erbse - mit Abbildungen. *Gesunde Pflanzen* 42, 308-321.

Zadoks, J. C., Chang, T. T. and Konzak, C. F. 1974: A decimal code for the growth stages of cereals.

*Weed Research* 14, 415-421.