

Az eltérő vetésidő növényfiziológiai hatásainak elemzése kukorica állományban

ZAGYI PÉTER – HORVÁTH ÉVA – SZÉLES ADRIENN

Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Célunk annak vizsgálata, hogy az eltérő vetésidő hogyan befolyásolja a különböző érésidőjű kukorica hibridek kelésdinamikáját, valamint milyen hatással van a kukorica fejlődésére és termésére. A kísérletet Magyarországon, a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén mészlepedékes csernozjom talajon, átlagos csapadékelátottságú tenyészévben (2023) végeztük. A szántóföldi kísérletben három vetésidőt alkalmaztunk, Vetésidő I. (04. 17.), Vetésidő II. (04. 24.), és Vetésidő III. (05. 23.). Mindhárom vetésidőben ugyanazon hibrideket vontuk be a kísérletbe (H1: FAO 380, H2: FAO 490). A kelésdinamika-vizsgálatot követően az állományban mértük a növénymagasságot, a relatív klorofilltartalmat (SPAD érték) három időpontban – 6-leveles (V6), 12-leveles (V12), valamint 50%-os nővirágzás (R1) fenológiai fázisokban. A kelés fázisának első két napján a Vetésidő I.-ben mind a korai, mind a középérésű hibrid közel azonos százalékban (H1: 76%, H2: 75%) kelt, míg a Vetésidő II.-ben (H1: 84%, H2: 88%) és a Vetésidő III.-ban (H1: 87%, H2: 84%) jelentősebb volt a különbség a hibridek kelésdinamikájában. A V6 és az R1 fenofázis között a relatív klorofilltartalom (SPAD érték) százalékos növekedése a H1 hibridnél a Vetésidő I.-ben, a H2 hibridnél a Vetésidő II.-ben volt a legnagyobb, míg a legalacsonyabb mindkét hibridnél a Vetésidő III.-ban. A vetésidők SPAD érték befolyásoló hatása a H1 hibridnél a V12 fenofázisban (Vetésidő II. $p < 0,005$) és a H2 hibridnél a V6 (Vetésidő III. $p < 0,005$) és a V12 fenofázisban (Vetésidő II. $p < 0,005$) volt kimutatható. A különböző fenológiai fázisokban mért magassági adatok alapján a vetésidő befolyásolta a kukorica hibridek növekedését, azonban ez a hatás nem volt minden esetben statisztikailag szignifikáns (R1). A különböző kukorica hibridek esetében a vizsgált

vetésidők között, valamint az egyes vetésidőkön belül a hibridek közötti terméseredmények eltérései statisztikai értelemben nem bizonyultak szignifikánsnak. Ez arra utal, hogy a vetésidő egyik hibrid termésére sem gyakorolt markáns hatást. Ugyanakkor a legjobbnak bizonyult vetésidő (H1-Vetésidő I. 14,959 t/ha; H2-Vetésidő II. 14,208 t/ha) azonban lehetővé teheti a jobb víz- és tápanyag-hasznosulást, valamint elkerülheti a virágzást érintő hőstresszt vagy aszályos időszakot.

A SPAD-érték és termés közötti, statisztikailag is igazolt legnagyobb összefüggések mindkét kukorica hibrid vonatkozásában a Vetésidő I.-nél és Vetésidő III.-nál az R1 fenológiai fázisban voltak (H1 - Vetésidő I.: $r=0,990^{**}$, Vetésidő III.: $r=0,999^{***}$; H2 - Vetésidő I.: $r=0,976^*$, Vetésidő III.: $r=0,944^*$).

Kulcsszavak: kelésdinamika, kukorica, SPAD, termés, vetésidő

Analysis of the physiological effects of different sowing dates in a maize stand

P. ZAGYI - É. HORVÁTH - A. SZÉLES

University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and
Environmental Management, Institute of Land Use, Engineering and
Precision Farming Technology, Debrecen

Summary

The aim of this study is to examine how different sowing times affect the germination dynamics of maize hybrids with different ripening periods, as well as their impact on maize development and yield. The experiment was conducted in Hungary, at the Látókép Experimental Station of the University of Debrecen, on calcareous chernozem soil, in a growing season with average precipitation (2023). In the field experiment, three sowing dates were used: Sowing Date I (April 17), Sowing time II (April 24), and Sowing time III (May 23). The same hybrids were included in the experiment for all three sowing dates (H1: FAO 380, H2: FAO 490). Following the germination dynamics test, plant height and relative chlorophyll content (SPAD value) were measured in the stand at three time points: 6-leaf (V6), 12-leaf (V12), and

50% silking (R1) phenological phases. During the first two days of the germination phase, both early and medium-ripening hybrids germinated at nearly the same percentage (H1: 76%, H2: 75%) in Sowing Date I, while in Sowing Date II (H1: 84%, H2: 88%) and Sowing Date III (H1: 87%, H2: 84%), the difference in the germination dynamics of the hybrids was more significant. Between phenophases V6 and R1, the percentage increase in relative chlorophyll content (SPAD value) was highest for hybrid H1 in Sowing Date I and for hybrid H2 in Sowing Date II, while it was lowest for both hybrids in Sowing Date III. The influence of sowing dates on SPAD values was detectable in the V12 phenophase (Sowing Date II $p < 0.005$) for the H1 hybrid and in the V6 (Sowing time III, $p < 0.005$) and V12 phenophase (Sowing time II, $p < 0.005$). Based on the height data measured in different phenological phases, sowing date influenced the growth of maize hybrids, but this effect was not statistically significant in all cases (R1). For the different maize hybrids, the differences in yield results between the hybrids within the examined sowing dates and within each sowing date were not statistically significant. This suggests that sowing date did not have a pronounced effect on the yield of any of the hybrids. At the same time, however, the best sowing date (H1-Sowing date I. 14.959 t/ha; H2-Sowing date II. 14.208 t/ha) may allow for better water and nutrient utilisation and avoid heat stress or drought periods affecting flowering.

The statistically significant strongest correlations between SPAD value and yield for both maize hybrids were found at Sowing Date I and Sowing Date III in the R1 phenological phase (H1 - Sowing Date I: $r = 0.990^{**}$, Sowing Date III: $r = 0.999^{***}$; H2 - Sowing Date I: $r = 0.976^*$, Sowing Date III: $r = 0.944^*$).

Keywords: germination dynamics, maize, SPAD, yield, sowing date

Bevezetés

A kukorica rendkívül fontos szerepet tölt be az emberiség ételmezésében, haszonállatok takarmányozásában, valamint fontos energiaforrás. Az utóbbi években tapasztalt változékony időjárás és növekvő népesség okozta élelmiszerellátási kihívások megoldásában is szerepet játszik (Nagy 2021). A folyamatos, globális bővülése ellenére a biztonságos élelmiszerigény kielégítéséhez a termelésnek 2030-ig mintegy 20%-kal szükséges növekednie (Listman és Ordóñez 2019). Az elmúlt 20 évben a világ kukoricatermő területe közel 50%-

kal - 137 millió ha-ról 202 millió ha-ra - növekedett, míg termésmennyisége megduplázódott, jelenleg mintegy 1163 millió t/év kukoricát állítanak elő (FAO 2024). Magyarországon 2023-ban 767 ezer ha területről 6,3 millió t termést takarítottak be, ezzel a szántóföldi növénytermesztésben betöltött szerepe továbbra is jelentős (KSH 2024). A világ élelmezésében és a takarmány biztosításában betöltött szerepe várhatóan a jövőben is megmarad (Erenstein et al. 2022).

A kukorica vetésidejének megállapítása körültekintést igényel. A helyes vetésidő megválasztásánál figyelembe kell venni, a hőmérséklet alakulását, a késő tavaszi fagyok jelentkezésének idejét, a talaj összetételét, gyomosságát, a vetőmag minőségét, csírázási és fejlődési hőigényét, ellenálló képességét (Pásztor 1958, Széles és Huzsvai 2020). Az optimális vetésidőtől minél nagyobb az eltérés annál nagyobb lesz a termés kiesés (Berzsenyi és Dang 2001). A kései vetés befolyásolhatja a nővirágzást, a fotoszintézist és a szárazanyag-termelést (Shrestha et al. 2018). A kelés gyorsaságát alapvetően meghatározza a hőmérséklet. A kukorica terméshozamát erőteljesen befolyásolhatja a vetés időpontja, a kettő között szoros összefüggés figyelhető meg (Nagy 2021). A korábban vetett kukorica nagyobb gyökértömeget tud növeszteni, ezáltal jobb lesz a tápanyag- és vízgazdálkodása, rövidebb lehet a tenyészideje, nagyobb lehet a termése (Máté 2002). Száraz évjáratban a korai vetés javíthatja a kukorica hozamát és minőségét (Akther et al. 2024). Optimális vetésidő alkalmazása homogén kelést eredményezhet, ezáltal az állomány fejlődése egyöntetű lesz, mely a jövőbeli termés mennyiségét és minőségét alapjaiban meghatározhatja (Subedi és Ma 2005, Szabó et al. 2022).

A növények fotoszintetikus pigmentje a klorofill, amely a fotoszintetizáló növények zöld színe adja. Fontos szerepet tölt be a növények fényelnyelésében, energiaátalakításában, valamint a szervesanyag-képződésben is nélkülözhetetlen (Haldimann 1999). A klorofilltartalom vizsgálata képed adhat a növény fejlődéséről, valamint a várható terméshozamáról (Hurtado et al. 2011, Yang et al. 2018). A levél relatív klorofilltartalmát hatékonyan lehet optikai szenzorokkal vizsgálni. Az egyik ilyen pontos és kíméletes mérőműszer a SPAD relatív klorofillmérő, melynek alapja a levelek vörös (650 nm) és közeli infravörös (940 nm) tartományban lévő sugárzáselnyelése. A műszer által mért relatív klorofilltartalom-érték (SPAD-érték) szoros korrelációban áll a

levelek összes klorofilltartalmával (Schepers et al. 1996, Debaeke et al. 2006, Rhezali és Aissaoui 2021).

A kukorica növénymagasságát jelentősen befolyásolhatja a vetésidő. Korai vetés esetén a hidegebb talaj lassíthatja a kelést és a kezdeti fejlődést, késői vetéskor a rövidebb vegetációs periódus eredményezhet alacsonyabb növénymagasságot (Verheul et al. 1996, Tsimba et al. 2013, Cao et al. 2024). Optimális időben történő vetés esetén a kukorica kedvezőbb hő- és fényviszonyok között fejlődhet, hatékonyabban halmozhatja fel a növekedéshez szükséges hőösszeget (Growing Degree Days – GDD). Ennek köszönhetően a növény elérheti a genetikai potenciálját, ami magasabb terméshozamot eredményezhet (Dahmardeh 2012). A tanulmány célja vizsgálni és értékelni, hogy az eltérő vetésidő hogyan befolyásolja a különböző érésidőjű kukorica hibridek kelésdinamikáját, valamint milyen hatással van a kukorica fejlődésére, növénymagasságára és termésére. Ezáltal segítséget nyújthat a gazdálkodók, vetőmag-nemesítőik számára a korszerű, modern kukorica hibridek optimális vetésidőjének megválasztásában.

Anyag és módszer

A kísérleti helyszín bemutatása

A kísérletet Prof. Dr. Kakuszi-Széles Adrienn alapította 2007-ben, mely Magyarországon a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén (É.sz. 47°33' K.h. 21°27', magasság 111 m) helyezkedik el. A 0,25 hektáros, négyismétléses, véletlen blokk elrendezésű kis parcellás kísérletsorozat (1. ábra) lehetőséget ad a vetésidők hosszabb távú hatásainak elemzésére. A kísérlet talaja löszön kialakult, mészlepedékes csernozjom. Az elvégzett talajvizsgálat semleges kémhatást mutat, az Arany-féle kötöttségi szám 44. Humusztartalma közepes (Hu%=2,7). A talaj K₂O ellátottsága jó (240 mg/kg), P₂O₅ ellátottsága pedig közepes (133 mg/kg).

A kísérleti tér elrendezése, jellemzői

A szántóföldi kísérletben 2023-ban három vetésidőt alkalmaztunk, 04. 17. (Vetésidő I.), 04. 24. (Vetésidő II.) és 05. 23. (Vetésidő III.) A kísérlet mindhárom vetésidőpontjában azonos hibrideket használtunk (H1: FAO 380, H2: FAO 490). A vetésmélység 5 cm, a hektáronkénti tőszám (kukorica

előveteményt követően) 73 ezer volt. A betakarítás 2023. szeptember 25-én történt a Vetésidő I. és Vetésidő II. esetében, míg a Vetésidő III. állományát 2023. október 2-án takarítottuk be. A betakarított szemtermést 14%-os nedvességtartalomra korrigáltuk.

1. ábra. A vetésidő kísérlet elrendezése

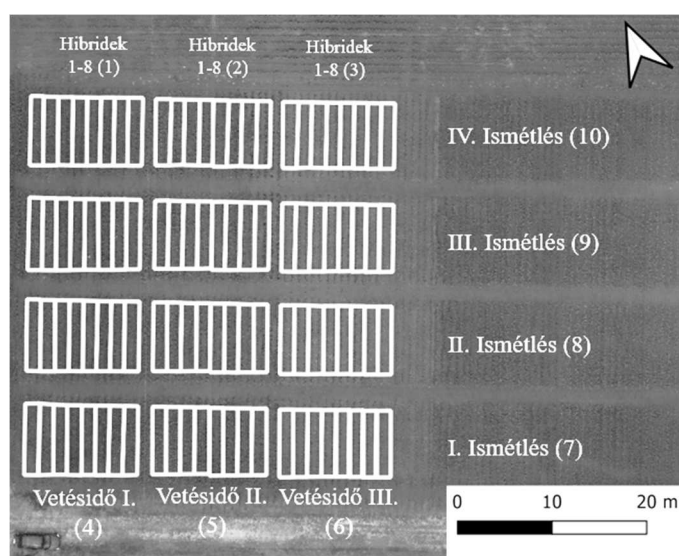


Figure 1. Sowing date experiment design (1) Hybrids 1-8, (2) Hybrids 1-8, (3) Hybrids 1-8, (4) Sowing Date I, (5) Sowing Date II, (6) Sowing date III, (7) Replication I, (8) Replication II, (9) Replication III, (10) Replication IV

A hibridenkénti kelésdinamika vizsgálatkor az egyes parcellákban kétsoros és 2 m-es mintatereket jelöltünk ki, két ismétlésben. A kelés kezdetétől számítva összesen öt napon át megjelöltük a kikelt kukoricát eltérő színnel. Öt napot követően feljegyeztük a később kikelt egyedeket, valamint rögzítettük a tőhiányt. A vetés és kelés fázisa közötti időszakban a levegő hőmérsékletének adatai segítségével effektív hőösszeget (GDD) számoltunk. A számításhoz a napi minimum és maximum hőmérsékleti adatokat használtuk fel a következő képlet alapján. A kukorica esetében a 10 °C-os bázishőmérsékletet alkalmaztuk:

$$HÖ = \sum_{n=1}^i [(t_{min} + t_{max})/2 - t_b],$$

ha $t_{min} < t_b$, akkor $t_{min} = t_b$, $t_{max} < t_b$, akkor $t_{max} = t_b$; ahol: t_{min} =napi hőmérsékleti minimum, t_{max} =napi hőmérsékleti maximum, t_b =bázishőmérséklet, i =vetéstől eltelt napok száma.

A kelésdinamika vizsgálatot követően 6-leveles és 12-leveles állapotban, valamint 50%-os nővirágzáskor (V6, V12, R1) relatív klorofilltartalmat (SPAD-érték) mértünk, és felvételeztük a növénymagasságot. A SPAD értékek méréséhez a Konica Minolta SPAD-502 készüléket használtuk. A készülékben két fotódióda található, egy vörös (max. 650 nm) és egy infravörös (max. 940 nm). A két fotódióda felváltva világít meg 6 mm² területet. A levélen áthaladó infravörös és vörös fény intenzitásának arányából számol a műszer. Az arány növekszik, ha több vörös fényt nyelnek el a levelek. A SPAD-érték 0 és 100 között lehet (Konica-Minolta 1989). A vizsgált genotípusoknál minden parcellában balról a második sorban a 6., 7. és 8. növényen mértünk V6 és V12 fenofázisokban a legkésőbb megjelent kifejtett levél utolsó egyharmad részén, R1 fenofázisban a csővel átellenes levél utolsó egyharmad részén (Costa et al. 2001).

A növénymagasságot szintén V6, V12, R1 fenológiai szakaszokban mértük mérőrúd segítségével. A mérések a négysoros parcellákban, balról a második sorban történtek a 6., 7. és 8. növényeken, a talajfelszíntől a növény legmagasabb pontjáig, azaz a levélcsúcsig, illetve a címer csúcsáig mérve.

Időjárási jellemzők

2023-ban március végétől április közepéig hűvös, csapadékos időjárás volt jellemző. Április első felében vetésre alkalmatlanok voltak a körülmények. Áprilisban a középhőmérséklet (9,3 °C) 1,9 °C-kal volt alacsonyabb, a csapadék pedig 5 mm-rel volt kevesebb, mint a 30 éves átlag. Áprilisban 11 csapadékos napon összesen 48 mm csapadék hullott (2. ábra).

Május hónapban a csapadék 31 mm-rel volt alacsonyabb, a középhőmérséklet (16,5 °C) pedig közel azonos volt, mint a sokéves átlag (1. táblázat). Május első felét csapadékhiány jellemezte, az első csapadékos nap május 15-e volt, végül a hónapban 9 csapadékos napon összesen 33 mm csapadék volt.

2. ábra. A vetés és kelés közötti időszak időjárási jellemzői
(Debrecen-Látókép, 2023)

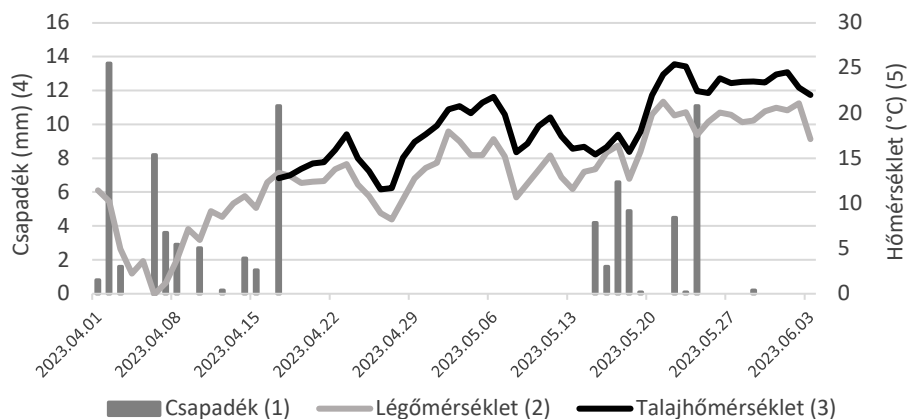


Figure 2. Weather conditions between sowing and germination (Debrecen-Látókép, 2023). (1) Precipitation, (2) Air temperature, (3) Soil temperature, (4) Precipitation (mm), (5) Temperature (°C)

1. táblázat. A tenyészidőszak hőmérsékleti és a csapadékjellemzői
(Debrecen-Látókép, 2023)

Időszak (1)	Középhőmérséklet (°C) (2)	Csapadék (mm) (3)
Április (4)	9,3 (-1,9)	48 (-5)
Május (5)	16,5 (-0,1)	33 (-31)
Június (6)	19,5 (+0,2)	82 (+16)
Július (7)	22,5 (+1,2)	46 (-20)
Augusztus (8)	22,8 (+2,0)	86 (+37)
Szeptember (9)	20,0 (+3,8)	41 (-7)

Megjegyzés: zárójelben az 1981–2010-es időszak átlagértékeitől való eltérések. Forrás: *Gombos és Nagy* (2024)

Table 1. Temperature and precipitation characteristics during the growing season (Debrecen-Látókép, 2023). (1) Period, (2) Mean temperature (°C), (3) Precipitation (mm), (4) April, (5) May, (6) June, (7) July, (8) August, (9) September, Note: deviations from the average values for the period 1981–2010 are shown in parentheses. Source: *Gombos and Nagy* (2024)

Júniusban folytatódott a mérsékelt meleg időjárás, a 82 mm-es csapadékösszeg kedvező volt a kukorica számára. A júliusi és augusztusi középhőmérséklet (22,5 °C és 22,8 °C) magasabb volt, mint a sokéves átlag. Júliusban a csapadék 20 mm-rel volt kevesebb, a nyár utolsó hónapjában viszont 37 mm-rel volt több, mint a 30 éves átlag. Az augusztusi 86 mm-es csapadékösszegeből 60 mm a hónap végén egy nap alatt hullott le. A szeptember hónapban uralkodó meleg és szárazabb időjárás kedvezett a kukoricaszemek vízleadásának (*Gombos és Nagy 2024*). A viszonyítási értékeket az 1981-2010 közötti időszakhoz (OMSZ 30 éves átlag) adtuk meg.

Statisztikai elemzés

A statisztikai elemzéseket az SPSS for Windows 21.0 szoftvercsomag segítségével végeztük el. Az átlagértékek összehasonlítását Duncan-teszttel végeztük el. Az eltérő vetésidők SPAD-értékei és a termés közötti összefüggést variancia-analízissel végeztük 5%-os szignifikanciaszinten ($p < 0,05$).

Eredmények

Az eltérő vetésidő hatása a kukorica kelésdinamikájára

A vizsgált évben a Vetésidő I.-ben (04. 17.) a vetéstől számítva 13 nap elteltével, 42,66 °C hasznos hőösszeg felhalmozásával keltek ki az első kukorica egyedek (2. táblázat). Vetéskor 12,8 °C, a kelés beindulásakor 17,6 °C volt a talajhőmérséklet, a két időpont között pedig átlagosan 14,5 °C-ig melegedett a talaj. A kelés kezdete után az első két napon a H1 hibrid 76%-a, a H2 hibrid 75%-a kelt ki. A felvételezés ötödik napjára – további 25,63 °C hőösszeget felhalmozva – a H1 hibridnél 98%-os, a H2 hibridnél 95%-os volt a kelésdinamika (3. ábra). A kelésfelvételezés utolsó napján (05. 04.) 20,0 °C volt a talajhőmérséklet.

A Vetésidő II.-ben (04. 24.) 10 nap telt el a vetéstől a kelésig, az átlagos talajhőmérséklet 16,5 °C volt, az állomány által felhalmozott hasznos hőösszeg pedig 40,88 °C. Vetéskor 15,0 °C, a kelés kezdetekor 20,0 °C, a kelés fázisának végén pedig 15,6 °C talajhőmérsékletet mértünk. Dinamikusabb kelést lehetett megfigyelni, mint az I. vetésidőben. A kelés kezdeti két napján a H1 hibridnél 84%-os, a H2 hibridnél 88%-os volt a kelés. Az ötödik napra a H1 hibrid 95%-os, a H2 hibrid pedig teljes, 100%-os kelési arányt ért el – a keléstől számítva további 19,78 °C GDD-t gyűjtve.

2. táblázat. A vetésidő kísérlet vizsgálati paramétereit
(Debrecen-Látókép, 2023)

Paraméterek (1)	Vetésidő I.	Vetésidő II.	Vetésidő III.
	(2)	(3)	(4)
Vizsgált hibridek (5)	FAO 380, FAO 490		
Vetés ideje (hónap, nap) (6)	04. 17.	04. 24.	05. 23.
Kelésig eltelt napok száma (7)	13	10	5
Talajhőmérséklet (vetés) (°C) (8)	12,8	15,0	25,1
Talajhőmérséklet (kelés) (°C) (9)	17,6	20,0	23,5
Talajhőmérséklet (kelés+4 nap) (°C) (10)	20,0	15,6	24,5
Felhalmozott hőösszeg vetéstől kelésig (GDD, °C) (11)	42,66	40,88	56,39
Felhalmozott hőösszeg vetéstől kelés+4 nap-ig (GDD, °C) (12)	68,29	60,66	98,10

Table 2. Test parameters for the sowing date experiment (Debrecen-Látókép, 2023). (1) Parameters, (2) Sowing Date I, (3) Sowing Date II, (4) Sowing Date III, (5) Examined hybrids, (6) Date of sowing (month, year), (7) Number of days until emergence, (8) Soil temperature (sowing) (°C), (9) Soil temperature (emergence) (°C), (10) Soil temperature (emergence+4 days) (°C), (11) GDD from sowing to germination (°C), (12) GDD from sowing to germination+4 days (°C)

A Vetésidő III.-ban (05. 23.) a kelés szakasza öt napra követte a vetést, ekkorra az állomány felhalmozott hőösszege 56,39 °C volt. Vetéskor 25,1 °C, a kelés kezdetekor 24,5 °C, a közöttük eltelt időszakban pedig átlagosan 23,4 °C volt a talajhőmérséklet. A kelés első két napján a H1 hibrid 87%-a, a H2 hibrid 84%-a, míg az 5 nap alatt – +41,71 °C GDD felhalmozásával – a H1 hibrid 98%-a, a H2 hibrid 98%-a kelt ki. A kelésdinamika vizsgálat végén (06. 01.) 24,5 °C volt a talajhőmérséklet.

3. ábra. Az eltérő éréscsoportú kukorica hibridek kelésdinamikája (%)
(Debrecen-Látókép, 2023)

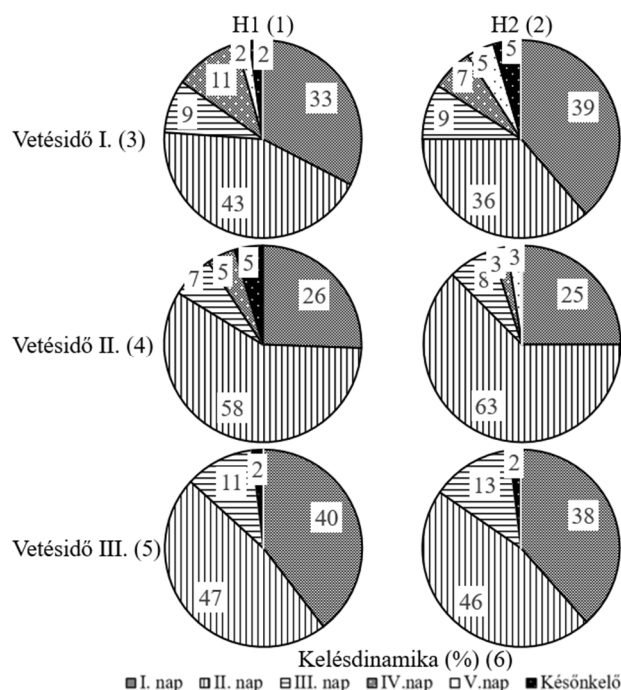


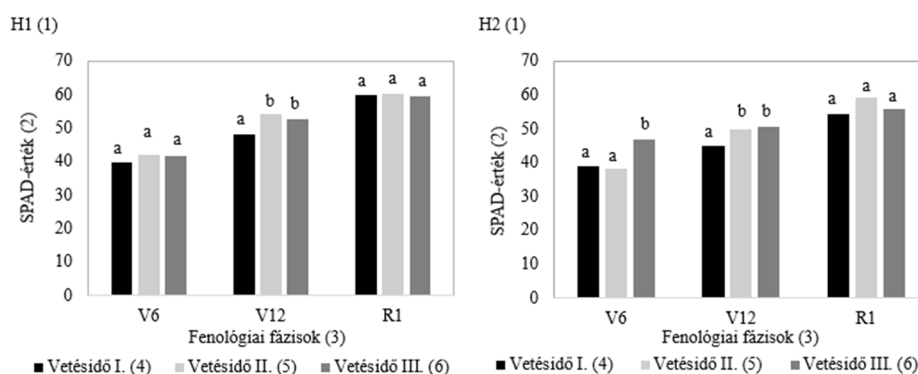
Figure 3. Germination dynamics of maize hybrids with different maturity groups (%) (Debrecen-Látókép, 2023). (1) Hybrid 1, (2) Hybrid 2, (3) Sowing Date I, (4) Sowing Date II, (5) Sowing Date III, (6) Germination dynamics (%)

Az eltérő vetésidő hatása a kukorica SPAD értékére, magasságára és a termésére

A SPAD-értékeket a hibridek és az eltérő vetésidők vonatkozásában három különböző fenológiai fázisban (V6, V12, R1) vizsgáltuk (4. ábra). Megállapítható, hogy a SPAD érték tenyésztésidőszak előrehaladtával növekedett mindhárom vetésidőben mindkét kukorica hibrid esetében. A H1 hibridnél a V6 és R1 növekedési szakaszok között a Vetésidő I.-ben 50,84%-kal, a Vetésidő II.-ben 43,08%-kal, a Vetésidő III.-ban 42,98%-kal növekedett a relatív klorofilltartalom. A H2 hibrid esetében ez a növekmény a Vetésidő I.-nél 40,58%, a Vetésidő II.-nél 55,89%, a Vetésidő III.-nál 19,33% volt. A H1 hibrid esetében mindhárom

vizsgált fenofázisban a legmagasabb SPAD értékeket a Vetésidő II.-ben regisztráltuk – a V6 növekedési stádiumban 42,03-at, a V12 szakaszban 54,04-et, az R1-ben 60,14-et. A V12 fenofázisban mért SPAD érték statisztikailag is szignifikánsnak bizonyult. A H2 hibridnél a legnagyobb SPAD értékek a V6 és V12 növekedési szakaszokban a Vetésidő III.-hoz kapcsolódtak (V6: 46,68; V12: 50,54; $p < 0,05$). Az R1 fenofázisban a legmagasabb SPAD-értéket a Vetésidő II.-ben mértük (59,36), azonban ebben az esetben a különbség nem volt statisztikailag szignifikáns.

4. ábra. A SPAD-érték alakulása a tenyészidőszakban
(Debrecen-Látókép, 2023)



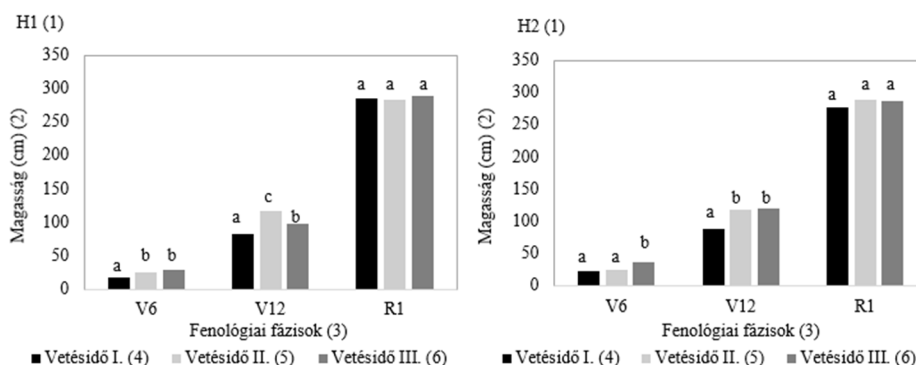
Megjegyzés: a kisbetűvel jelzett értékek a különböző fenológiai fázisokban az eltérő vetésidők esetében $p < 0,05$ valószínűségi szinten szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan-teszt alapján.

Figure 4. SPAD value changes during the growing season (Debrecen-Látókép, 2023). (1) Hybrid 1, (2) SPAD readings, (3) Phenological phases, (4) Sowing Date I, (5) Sowing Date II, (6) Sowing Date III, Note: values indicated in lowercase letters differ significantly at a probability level of $p < 0,05$ in different phenological phases for different sowing dates, based on Duncan's test.

A V6-ban vizsgált magasság mindkét vizsgált kukorica hibridnél a Vetésidő III.-ban volt a legnagyobb (H1: 28,3 cm; H2: 37,0 cm), a H2 hibrid esetében ez az érték szignifikáns. A statisztikailag is igazolt legnagyobb magasság a H1 hibridnél (24,8 cm) a Vetésidő II.-ben volt. A V12 fenofázisban a legnagyobb szignifikáns magasságokat a Vetésidő II.-ben mértük (H1: 116,8 cm; H2: 118,6 cm; $p < 0,05$). R1 növekedési szakaszban a H1 hibrid legnagyobb magassága a Vetésidő III. esetén (289,7 cm), a legkisebb (283,5 cm) pedig a Vetésidő II.-

ben volt. A H2 hibridnél a legnagyobb magasságot (288,1 cm) a Vetésidő II-ben, a legkisebbet (276,3 cm) a Vetésidő I-ben mértük. A fenológiai fázisban mért magassági értékek vetésidők közötti különbségei között nem volt statisztikai összefüggés (5. ábra).

5. ábra. A magasság változása a tenyészidőszakban az eltérő vetésidőkben (Debrecen-Látókép, 2023)



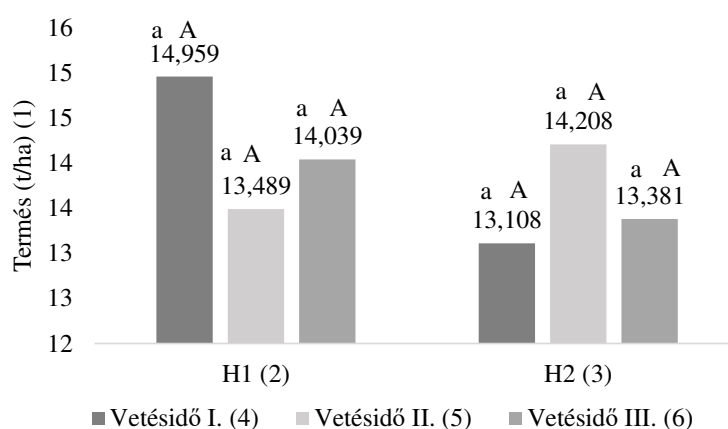
Megjegyzés: a kisbetűvel jelzett értékek a különböző fenológiai fázisokban az eltérő vetésidők esetében $p < 0,05$ valószínűségi szinten szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan-teszt alapján.

Figure 5. Changes in height during the growing season at different sowing dates (Debrecen-Látókép, 2023). (1) Hybrid 1, (2) Height (cm), (3) Phenological phases, (4) Sowing Date I, (5) Sowing Date II, (6) Sowing Date III, Note: values indicated in lowercase letters differ significantly at a probability level of $p < 0.05$ in different phenological phases for different sowing times, based on Duncan's test.

A termésnél megállapítható, hogy a H1-nél a legnagyobb termés a Vetésidő I-ben volt (14,959 t/ha), mely érték 1,470 t/ha-ral volt nagyobb a Vetésidő II., és 0,920 t/ha-ral a Vetésidő III. terméseredményénél (6. ábra). A H2 hibrid termése a Vetésidő II.-ben volt a legnagyobb (14,208 t/ha), 1,100 t/ha-ral több, mint a Vetésidő I., és 0,827 t/ha-ral több, mint a Vetésidő III. esetében. A legkorábbi vetésidőnél a rövidebb tenyészidejű H1 hibrid termése 1,851 t/ha volt nagyobb, mint a H2 hibridé. A Vetésidő II.-nél a H2 termése bizonyult nagyobbak +0,718 t/ha-ral, míg a legkésőbbi vetés esetén szintén a H1 hibrid produkált nagyobb (+0,658 t/ha) termést. A hibridenként az egyes

vetésidők között, valamint a vetésidőnként a különböző kukorica hibridek között kimutatott terméseredmények közötti különbségek nem szignifikánsak.

6. ábra. Az eltérő vetésidő termésre gyakorolt hatása a vizsgált hibrideknél (Debrecen-Látókép, 2023)



Megjegyzés: a kisbetűvel jelzett értékek a hibridek esetében az eltérő vetésidők vonatkozásában $p < 0,05$ valószínűségi szinten szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan-teszt alapján. A nagybetűvel jelzett értékek az eltérő vetésidőkben a hibridek közötti különbségeket mutatja $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

Figure 6. The effect of different sowing dates on yield in the examined hybrids (Debrecen-Látókép, 2023). (1) Yield (t/ha), (2) Hybrid 1, (3) Hybrid 2, (4) Sowing Date I, (5) Sowing Date II, (6) Sowing Date III, Note: values indicated in lowercase letters differ significantly from each other at a probability level of $p < 0,05$ based on Duncan's test for different sowing dates in the case of hybrids. Values indicated in uppercase letters show differences between hybrids at a probability level of $p < 0,05$ for different sowing dates.

Összefüggés vizsgálatot végeztünk a SPAD érték és a kukorica termésmennyisége között (3. táblázat). A tenyésztésidőszak előrehaladtával a SPAD érték és termés között az eltérő vetésidőkben eltérő mértékű összefüggés volt. A statisztikailag is igazolt legnagyobb összefüggések mindkét kukorica hibrid vonatkozásában a Vetésidő I.-nél és Vetésidő III.-nál az R1 fenológiai fázisban voltak (H1 - Vetésidő I.: $r = 0,990^{**}$, Vetésidő III.: $r = 0,999^{***}$; H2 - Vetésidő I.: $r = 0,976^*$, Vetésidő III.: $r = 0,944^*$).

3. táblázat. A SPAD érték és termésmennyiség összefüggésvizsgálata az eltérő vetésidőkben (Debrecen-Látókép, 2023)

Hibridek (1)	Fenológiai szakaszok (2)	Vetésidő I. (3)		Vetésidő II. (4)		Vetésidő III. (5)	
		r	R ²	r	R ²	r	R ²
H1	V6	0,143	0,020 ^{nsz}	0,717	0,513 ^{nsz}	0,035	0,001 ^{nsz}
	V12	0,535	0,286 ^{nsz}	0,753	0,567 ^{nsz}	0,447	0,200 ^{nsz}
	R1	0,990	0,980 ^{**}	0,887	0,787 ^{nsz}	0,999	0,998 ^{***}
H2	V6	0,859	0,737 ^{nsz}	0,476	0,227 ^{nsz}	0,511	0,261 ^{nsz}
	V12	0,546	0,298 ^{nsz}	0,405	0,164 ^{nsz}	0,058	0,003 ^{nsz}
	R1	0,976	0,952 [*]	0,126	0,016 ^{nsz}	0,944	0,891 [*]

Megjegyzés: ***p=0,1%, **p=1%, *p=5%, nsz=nem szignifikáns.

Table 3. Correlation analysis of SPAD values and yields at different sowing dates (Debrecen-Látókép, 2023). (1) Hybrids, (2) Phenological phases, (3) Sowing Date I, (4) Sowing Date II, (5) Sowing Date III, Note: ***p=0.1%, **p=1%, *p=5%, nsz=not significant.

Következtetések

A kukorica csírázásának és kelésének fenofázisa hatással lehet a növény későbbi fejlődésére és terméshozamára. A kelésdinamika vizsgálat azt mutatta, hogy optimálisabb környezeti feltételek esetén a kelés dinamikusabb, a növényegyedek legnagyobb része már a kelés kezdetétől számítva 2–3 napon belül kikel. A homogénebb kelés kulcsfontosságú tényező a növények későbbi egyöntetűbb fejlődéséhez, az agrotechnikai műveletek pontosabb, hatékonyabb elvégzéséhez. Az R1 állapotában mért relatív klorofiltartalmak a Vetésidő I. és Vetésidő II.-ben voltak a legnagyobbak. A rövidebb tenyészidejű H1 hibrid termése a Vetésidő I.-ben volt a legnagyobb (14,959 t/ha), míg a H2 hibrid a Vetésidő II.-ben produkálta a legnagyobb termést (14,208 t/ha), azonban statisztikailag nem különbözött a többi vetésidő termésétől. A precíziós növényállomány-vizsgálat mint a relatív klorofiltartalom vizsgálata – figyelembe véve az

összefüggésvizsgálat eredményeit is – képet adhat a növény fejlődéséről, valamint a várható terméshozamról.

Az eredmények rámutatnak arra, hogy a kukorica hibridek vetésidejének optimalizálása – figyelembe véve a területi éghajlati különbségeket, hibridek tenyészidejét, talajhőmérséklet alakulását – kulcsfontosságú a termőképesség javításához. Olyan vetésidőt célszerű alkalmazni, amikor a környezeti feltételek már adottak ahhoz, hogy a csírázás, kelés fázisa nem húzódik el, homogén lesz az állomány, viszont nem túl késői, ugyanis a tanulmány eredményei alapján a legutolsó vetésidő (05. 23.) volt a legkedvezőtlenebb a kukorica számára. A korszerű, modern kukorica hibridek vetésidő ki sérletbe való beillesztése és a várható eredmények hasznosíthatósága jelentős lehet a kukoricatermesztésben. A gazdálkodók, vetőmagnemesi tők is biztonsággal felhasználhatják a ki sérlet eredményeket.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/00068/23/4) támogatásával készült. A tanulmány alapját szolgáló kutatás a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alaphól finanszírozott szakmai támogatásával készült (ÚNKP-23-3-II-DE-17). A TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alaphól nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

IRODALOM

- Akther, S.–Hasan, A. K.–Bell, R. W.–Kader, M. A.–Hossen, M. A.–Mainuddin, M.–Sarker, K. K.: 2024. Optimizing sowing date for growth, yield and quality of maize (*Zea mays* L.) cultivars in southern coastal region of Bangladesh. Journal of the Indian Society of Coastal Agricultural Research. 42: 1.
- Berzsenyi Z.–Dang, Q. L.: 2001. A vetésidő és a N-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek termésére és termésstabilitására 1991 és 2000 között. Növénytermelés. 50: 309–331.

- Cao, Z. Y.–Chen, Z. H.–Tang, B.–Zeng, Q.–Guo, H. L.–Huang, W. H.–Luo, Y.–Shen, S.–Zhou, S. L.: 2024. The effects of sowing date on maize: Phenology, morphology, and yield formation in a hot subtropical monsoon region. *Field Crops Research*. 309: 109309.
- Costa, C.–Dwyer, L. M.–Dutilleul, P.–Stewart, D. W.–Ma, B. L.–Smith, D. L.: 2001. Interrelationships of applied nitrogen, SPAD, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. *Journal of Plant Nutrition*. 24: 1173–1194. <https://doi.org/10.1081/PLN-100106974>
- Debaeke, P.–Route, P.–Justes, E.: 2006. Relationship between the normalize SPAD index and the nitrogen nutrition index: Application to durum wheat. *J. Plant Nutr.* 29: 75–92. <https://doi.org/10.1080/01904160500416471>
- Dahmardeh, M.: 2012. Effects of sowing date on the growth and yield of maize cultivars (*Zea mays* L.) and the growth temperature requirements. *African Journal of Biotechnology*. 11. 61: 12450–12453.
- Erenstein, O.–Jeleta, M.–Sonder, K.–Mottaleb, K.–Prasanna, P. M.: 2022. Global maize production, consumption and trade: Trends and R&D implications. *Food Security*. 14. 5: 1295–1319.
- FAO.: 2024. FAOSTAT. Crops and livestock products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
- Gombos B.–Nagy J.: 2024. A 2023-as tenyésztési időszak agrometeorológiai jellemzői a kukorica tartalmi sérletekben Debrecen-Látóképen. *Növénytermelés*. 73. 1: 29–39.
- Haldimann, P.: 1999. How do changes in temperature during growth affect leaf pigment composition and photosynthesis in *Zea mays* genotypes differing in sensitivity to low temperature? *Journal of Experimental Botany*. 50. 333: 543–550.
- Hurtado, S. M. C.–Resende, A. V.–Silva, C. A.–Corazza, E. J.–Shiratsuchi, L. S.: 2011. Clorofilmetro no ajuste da adubação nitrogenada em cobertura para o milho de alta produtividade. *Ciência Rural*. 41. 6: 1011–1017. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011005000074>
- Konica-Minolta.: Chlorophyll Meter SPAD-502 Instruction Manual. Konica Minolta Sensing Inc. Plainfield. IL. USA. 1989.
- KSH.: 2024. A kukorica termelése vármegye és régió szerint. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0072.html
- Listman, M.–Ordóñez, R.: 2019. Ten things you should know about maize and wheat. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). www.cimmyt.org/news/ten-things-you-should-know-about-maize-and-wheat/
- Máté A.: 2002. A kukorica termesztéséről. *Agrárágazat*. 2. 4: 6–7.
- Nagy J.: 2021. Kukorica: A nemzet aránya: Élelmiszer, takarmány, bioenergia. Szaktudás Kiadó Ház Zrt. Budapest. 516.
- Pásztor K.: 1958. Vetésidő és fajtakísérletek kukoricával. [In: I'só I. (szerk.) Kukoricatermesztési kísérletek 1961–1964.] Akadémiai Kiadó. Budapest. 169–188.

- Rhezali, A.–Aissaoui, A. E.*: 2021. Feasibility Study of Using Absolute SPAD Values for Standardized Evaluation of Corn Nitrogen Status. *Nitrogen*. 2: 298–307. <https://doi.org/10.3390/nitrogen2030020>
- Schepers, J. S.–Blackmer, T. M.–Wilhelm, W. W.–Resende, M.*: 1996. Transmittance and Reflectance Measurements of Corn Leaves from Plants with Different Nitrogen and Water Supply. *Journal of Plant Physiology*. 148: 523–529. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(96\)80071-X](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(96)80071-X)
- Shrestha, J.–Kandel, M.–Chaudhary, A.*: 2018. Effects of planting time on growth, development and productivity of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agriculture and Natural Resources*. 1. 1: 43–50.
- Subedi, K. D.–Ma, B. L.*: 2005. Seed priming does not improve corn yield in a humid temperate environment. *Agronomy Journal*. 97: 211–218.
- Szabó, A.–Széles, A.–Illés, Á.–Bojtor, C.–Mousavi, S. M. N.–Radócz, L.–Nagy, J.*: 2022. Effect of different nitrogen supply on maize emergence dynamics, evaluation of yield parameters of different hybrids in long-term field experiments. *Agronomy*. 12. 2: 284.
- Széles, A.–Huzsvai, L.*: 2020. Modelling the effect of sowing date on the emergence, silking and yield of maize (*Zea mays* L.) in a moderately warm and dry production area. *Agronomy Research*. 18. 2: 579–594.
- Tsimba, R.–Edmeades, G. O.–Millner, J. P.–Kemp, P. D.*: 2013. The effect of planting date on maize: Phenology, thermal time durations and growth rates in a cool temperate climate. *Field Crops Research*. 150: 145–155.
- Verheul, M. J.–Picatto, C.–Stamp, P.*: 1996. Growth and development of maize (*Zea mays* L.) seedlings under chilling conditions in the field. *European Journal of Agronomy*. 5. 1–2: 31–43.
- Yang, H.–Yang, J. P.–Li, F. H.–Liu, N.*: 2018. Replacing the nitrogen nutrition Index by SPAD values and analysis of effect factors for estimating rice nitrogen status. *Agronomy Journal*. 110. 2: 545–554. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.09.0532>

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Zagyi Péter – Dr. Horváth Éva – Dr. Széles Adrienn
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*zagyi.peter@agr.unideb.hu