

Az agrotechnikai paraméterek és az évjárat hatásának vizsgálata a kukorica (*Zea mays* L.) termésére polifaktoriális tartamkísérleti adatok felhasználásával

RAGÁN PÉTER – RÁTONYI TAMÁS – SZÉLES ADRIENN –
NAGY JÁNOS – TAMÁS ANDRÁS

Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítás, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A szántóföldi növénytermesztés kiemelkedő jelentőségű, ez az élelmiszertermelés alapvető alapja és létünk forrása. A kukorica a világ egyik legjelentősebb kultúrnövénye, az élelmiszer- és energiabiztonság biztosításához egyaránt szükséges. A vizsgálatot Magyarországon, a Debreceni Egyetem Látókép Kísérleti Telepén, meszes csernozjom talajon végeztük komplex talajművelési kísérletben, amit 1989-ben Prof. Dr. Nagy János állított be. A vizsgált évek (2015–2023) évjáratának elemzését *Gombos* és *Nagy* (2019, 2022, 2023, 2024) kutatásához hasonlóan végeztük, azaz vizsgáltuk az adott évjárat összes csapadékának és éves középhőmérsékletének eltérését a 30 éves (1981–2010) helyszínen mért átlagtól. RStudio és ismételt mérési modell és LSD post hoc teszt segítségével végezzük a kukorica termésadatok elemzését.

A kilenc vizsgált évjárat közül a 2015-ös év mellett mértük a statisztikailag igazolható harmadik legkisebb kukoricatermést (7,94 t/ha). A következő 2016-os év a vizsgált periódus statisztikailag igazolható második legnagyobb kukorica hozamát adta (11,39 t/ha), A 2017-es év termése (8,64 t/ha) szignifikánsan elmaradt az előző évtől, a 2018-as év viszont kedvezőbb (9,18 t/ha) volt a kukorica számára. A 2019-es évjárat a vizsgált periódus statisztikailag igazolható harmadik legnagyobb kukorica termését (9,42 t/ha) adta. A 2020-as év termése (9,24 t/ha) szignifikánsan nem különbözött a 2018-as év termésétől, azonban az összes többi évjáratnál statisztikailag igazolhatóan eltért. A kedvezőtlen 2021-es év kukorica termése (7,05 t/ha)

statisztikailag igazolhatóan a vizsgált periódus második legkisebb volt. A vizsgált kilenc év közül a kukorica számára legkedvezőtlenebb évjárat a 2022-es rekord aszályos év volt, ahol 2,52 t/ha termést figyeltünk meg. A következő 2023-as évjáratban mértük a vizsgált periódus legnagyobb kukorica hozamát, 11,97 t/ha-t. A legnagyobb hatást a kukorica termésére az évjárat gyakorolta 73,5%-kal, majd ezt követte a műtrágyázás 24,7%-kal. A talajművelésnek a hatása 1% volt, mert az évjárat függvényében a különböző alpművelések eltérően teljesítettek, így semlegesítették a hatást.

Kulcsszavak: kukorica szemtermés, évjárathatás, talajművelés, sávos művelés, aszályos évjáratok

Analysis of the effect of agrotechnical parameters and crop year on maize (*Zea mays* L.) yield using polyfactorial yield trial data

P. RAGÁN – T. RÁTONYI – A. SZÉLES – J. NAGY – A. TAMÁS

University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and
Environmental Management,

Institute of Land Use, Engineering and Precision Farming Technology, Debrecen

Summary

Field crop production is of paramount importance, the fundamental basis of food production and the source of our livelihood. Maize is one of the world's most important crops, essential for both food and energy security. The research was carried out in Hungary, at the University of Debrecen's Látókép Experimental Site, on calcareous chernozem soil in a complex tillage experiment, set up in 1989 by Prof. Dr. János Nagy. The analysis of the examined years (2015–2023) was carried out in a similar way as in the research of Gombos and Nagy (2019, 2022, 2023, 2024), i.e. we examined the deviation of the total precipitation and mean annual temperature of the given year from the 30-year (1981–2010) site average. RStudio and repeated measures model and LSD post hoc test are used to analyse the maize yield data.

Of the nine years studied, 2015 was the year with the third lowest significant maize yield (7.94 t/ha). The subsequent year 2016 yielded the second highest significant maize yield of the studied period (11.39 t/ha), The 2017 yield (8.64 t/ha) was significantly lower than the preceding year, while 2018 was more favourable for maize (9.18 t/ha). The 2019 harvest produced the statistically third highest maize yield (9.42 t/ha) in the studied period. The yield of 2020 (9.24 t/ha) was not significantly different from that of 2018, but was statistically different from all other years. The yield of maize in the unfavourable year 2021 (7.05 t/ha) was statistically the second lowest in the studied period. Of the nine studied years, the most unfavourable year for maize was the record drought year of 2022, when a yield of 2.52 t/ha was observed. The following year, 2023, recorded the highest maize yield of the studied period, 11.97 t/ha. The greatest impact on maize yield was exerted by the crop year with 73.5%, followed by fertilisation with 24.7%. The effect of tillage was 1%, because the different base crops performed differently depending on the crop year, thus neutralising the effect.

Keywords: maize grain yield, crop year effect, tillage, strip tillage, drought years

Bevezetés

A szántóföldi növénytermesztés kiemelkedő jelentőségű, ez az élelmiszertermelés alapvető alapja és létünk forrása. A kukorica a világ egyik legjelentősebb kultúrnövénye, az élelmiszer- és energiabiztonság biztosításához egyaránt szükséges (Chen et al. 2014, Hou et al. 2020). Magyarország területe 9,3 millió hektár, amelyből 4,1 millió hektár szántóterület. A talajnedvesség a növények vízigényének legközvetlenebb és legfontosabb forrása (Széles et al. 2020). Ezért korunk legnagyobb kihívása a klímaváltozás, amelynek következtében Magyarországon évről évre egyre kevesebb csapadék hullik (Huzsvai et al. 2020). A globális vízkészletek folyamatos csökkenése miatt az aszály jelenleg a növénytermesztés túlélését és termelékenységét súlyosan korlátozó környezeti tényező (Harsányi et al. 2022). A fokozódó szárazság súlyos károkat okoz a mezőgazdaságban, különösen a növénytermesztésben (Torriani et al. 2007, Elbeltagi et al. 2022). Noromiarilanto et al. (2016) kutatásai szerint a helyzet kétségtelenül romlani fog, mivel a klímaváltozással kapcsolatos becslések a szélsőséges időjárási események növekedését mutatják.

A kukoricát a világ számos országában termesztik (*Araus et al.* 2012), és fontos élelmiszer-, takarmány- és üzemanyagforrás (*Yin et al.* 2015). Hazánkban a legdominánsabb szántóföldi növény a kukorica (*Zea mays* L.) (*Nagy* 2008), amelynek termesztése nagymértékben függ az éghajlattól. Az elvetendő mag számára, a vetést megelőzően elvégzett műveleteknek arra kell irányulniuk, hogy a vetésre alkalmas időszakon belül a legkorábban, a legjobb feltételeket teremtsük meg a csírázáshoz, az egyöntetű keléshez és a gyors kezdeti fejlődéshez (*Nagy és Megyes* 2009).

Az évjáraton kívül a trágyázás (*Bojtor et al.* 2021) és az alkalmazott hibrid (*Mousavi et al.* 2021) is jelentősen befolyásolja a kukorica terméshozamát. *Rácz et al.* (2021) kutatásai az évjárat környezeti körülményei mellett a megfelelő hektáronkénti N-kezelés szükségességét is kiemelték, mivel az jelentősen befolyásolja a kukorica biomasza terméshozamát és növeli a termés fehérjetartalmát. A termés kiesés hosszú távú hatásai döntő fontosságúak a társadalmi-gazdasági stabilitás és az élelmezésbiztonság szempontjából (*Széles et al.* 2019). *Horváth et al.* (2021) kutatásai kimutatták, hogy a legmagasabb terméshozam eléréséhez ajánlott N hatóanyag mennyisége és kijuttatási ideje eltérő a különböző FAO-számú hibridek között, amit a környezeti tényezők is befolyásolnak. Számos hazai és külföldi kutató is egyetértett abban, hogy az örökletes tulajdonságok figyelembevételével, szakszerű és okszerű műtrágyázással, öntözéssel, illetve precíziós technológiák bevezetésével jelentősen befolyásolható a terméseredmény és termésminőség (*Sprague és Larson* 1975, *Sárvári és Győri* 1981, *Johnson et al.* 1984, *Balláné* 1966).

A talaj művelése során elsődleges cél a talajnedvesség megőrzése. A művelés, a talajtípustól függően, hosszabb-rövidebb időszakra átalakítja a talaj pórusviszonyait. Ennek köszönhetően a talajban lévő víz és vízgőz, valamint levegő mozgása megváltozik. Tavasztól őszi tartó időszakban fő célunk a víz megőrzése, ősszel és kora tavasszal pedig a víz talajba való levezetése (*Bocz* 1996).

Anyag és módszer

A kísérlet helyszíne és elrendezése

A vizsgálatot Magyarországon, a Debreceni Egyetem Látókép Kísérleti Állomásán (É 47°33' K 21°27'), meszes csernozjom talajon végeztük. A komplex talajművelési kísérletet (vetésforgó × talajművelés × műtrágyázás ×

öntözés × növényssűrűség × genotípus) 1989-ben állította be Prof. Dr. Nagy János, amely egyedülálló az országban és Európában (Fejér *et al.* 2022, Rátonyi *et al.* 2022). A kísérlet talajművelési blokkja 8064 m², egy öntözött és egy öntözetlen blokkra osztva. A főparcella mérete 2688 m², míg a műtrágyakezelési parcellák mérete összesen 336 m². A kísérleteket három eltérő genotípusú kukorica hibriddel végeztük. A növények tőszáma 80 000 és 60 000 db volt hektáronként (1. ábra).

Ősszel alaptrágyaként 30 kg N/ha, valamint 100% P és K került kijuttatásra. A további N-hatóanyagot tavasszal folyékony Nitrosol (27% N + 2% S) formájában juttattuk ki júniusban, a sorközműveléssel egy menetben. A betakarítás Sampo hozammérős parcella kombájnnal történt.

1. ábra. A komplex talajművelési kísérlet agrotechnikai kezelései

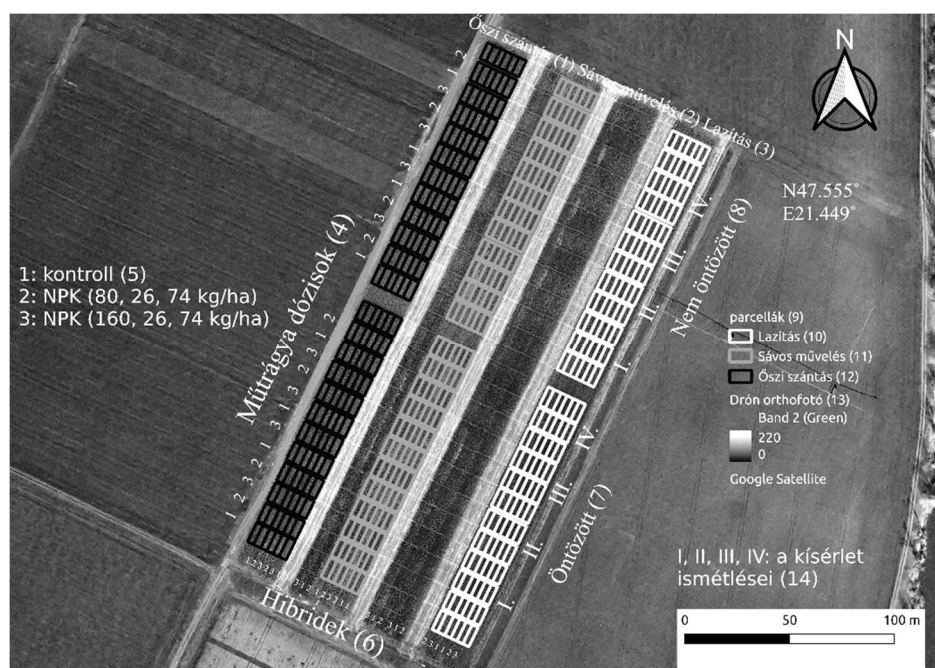


Figure 1. Agrotechnical treatments in the complex tillage experiment. (1) Autumn ploughing (5), (2) Strip tillage, (3) Loosening, (4) Fertiliser doses, (5) Control, (6) Hybrids, (7) Irrigated, (8) Non-irrigated, (9) Plots, (10) Loosening, (11) Strip tillage, (12) Autumn ploughing, (13) UAV orthophoto, (14) Experiment replications

A kísérlet talajjellemzői

A talaj típusa csernozjom, a mélyebb rétegekben szolonyeces, amely a Kárpát-medencében, Kelet-Közép-Európában található Nagy-Magyarországi-Alföldre jellemző. Az 1. táblázat áttekintést nyújt a talajjellemzőkről.

1. táblázat. A kísérleti terület főbb talajtulajdonságai
(Debrecen-Látókép)

	Talajréteg (1)		
	0–20 cm	20–40 cm	40–60 cm
pH (KCl 1:2,5)	7,44	7,50	7,75
K _A	45,50	46,00	46,00
CaCO ₃ (%)	12,12	12,32	17,37
Humusz (%) (2)	2,86	3,09	2,11
NO ₃ + NO ₂ (mg/kg)	5,07	3,53	2,77
P ₂ O ₅ (AL) (mg/kg)	515,98	533,43	173,05
K ₂ O (AL) (mg/kg)	351,73	300,97	174,24

Table 1. Main soil properties of the experimental area (Debrecen-Látókép). (1) Soil layer, (2) Humus (%)

A termesztési időszak időjárási jellemzői

A kísérleti terület időjárásmérő állomása a levegő hőmérsékletét egy P100-as Plantinum ellenállás-hőmérővel, a globálsugárzást egy Kipp & Zonen SP Lite2 piranométerrel, a csapadékot pedig egy magyar márkájú PG200-as gravimetrikus elven mérő csapadékmérővel méri. Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) hivatalos mérései közül a Debrecen városára rendelkezésre álló hőmérsékleti és csapadék adatok 30 éves átlagok, a napsugárzási adatok pedig 20 éves átlagot szolgáltatnak.

A vizsgált évek (2015–2023) évjáratának elemzését *Gombos* és *Nagy* (2019, 2022, 2023, 2024) kutatásához hasonlóan végeztük, azaz vizsgáltuk az adott évjárat összes csapadékának és éves középhőmérsékletének eltérését a 30 éves (1981–2010) helyszínen mért átlagtól.

A 2015-ös év 1,1 °C-kal melegebb volt, és az éves csapadékösszeg 43 mm-rel kisebb volt, mint a 30 éves átlag. 2016 csupán 0,5 °C-kal volt melegebb, azonban 258 mm-rel csapadékosabb volt, mint a 30 éves átlag. 2017 0,6 °C-

kal melegebb, és 81 mm-rel csapadékosabb volt, mint az átlag. A 2018-as évjárat 1 °C-kal volt melegebb és enyhén szárazabb (-8 mm) volt, mint a 30 éves átlag. 2019 melegebb (+0,7 °C) és enyhén csapadékosabb (+18 mm), 2020 enyhén melegebb (+0,3 °C) és sokkal csapadékosabb (+148 mm) volt, mint a sokéves átlag. Következő 2021-es évjárat enyhén hűvösebb (-0,2 °C), azonban erősen aszályos (-195 mm) volt. Ezt követte a 2022-es, átlagtól melegebb (+0,6 °C) és aszályos (-70 mm) év, ami az előző évi vízhiányt tovább növelte. A vizsgálat utolsó éve 2023, 1,3 °C-kal melegebb, valamint 140 mm-rel csapadékosabb volt, mint a sokéves átlag (2. ábra).

2. ábra. A vizsgált évjáratok csapadékösszegének és éves középhőmérsékletének eltérése az 1981–2010-es átlagtól (Debrecen–Látókép, 2015–2023)

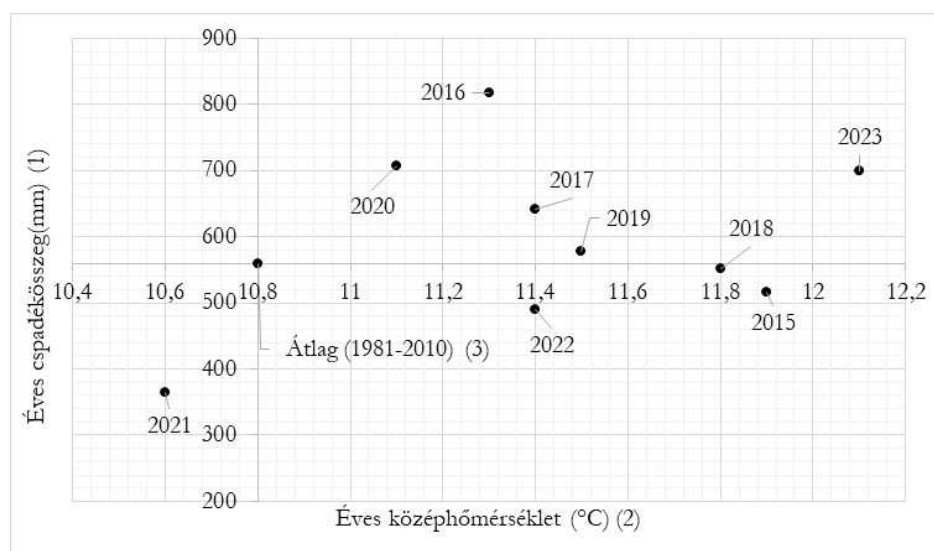


Figure 2. Deviation of precipitation amounts and mean annual temperatures for the studied years from the 1981–2010 average (Debrecen–Látókép, 2015–2023). (1) Yearly precipitation sum (mm), (2) Yearly mean temperature (°C), (3) Average (1981–2010)

A kukorica tenyészidőszakát, azaz az adott év áprilistól szeptemberig tartó időszakát vizsgálva a 2015-ös évjárat tenyészidőszaka 1,5 °C-kal melegebb volt, valamint 47 mm-rel kevesebb csapadék hullott, mint a sokéves átlag

(1981–2010) ezen periódusában. A következő 2016-os év áprilistól szeptemberig tartó időintervalluma $1,1\text{ °C}$ -kal melegebb és 107 mm -rel csapadékosabb volt, mint az átlag. Tenyészidőszak tekintetében 2017 az átlagtól melegebb ($+1,2\text{ °C}$) és átlagközelit csapadék tekintetében ($+8\text{ mm}$), míg 2018 az átlagtól $2,2\text{ °C}$ -kal melegebb volt és 28 mm -rel szárazabb volt (3. ábra).

3. ábra. A vizsgált évek tenyészidőszakának (április–szeptember) csapadékösszeg- és éves középhőmérséklet-eltérése az 1981–2010-es átlagtól (Debrecen–Látókép, 2015–2023)

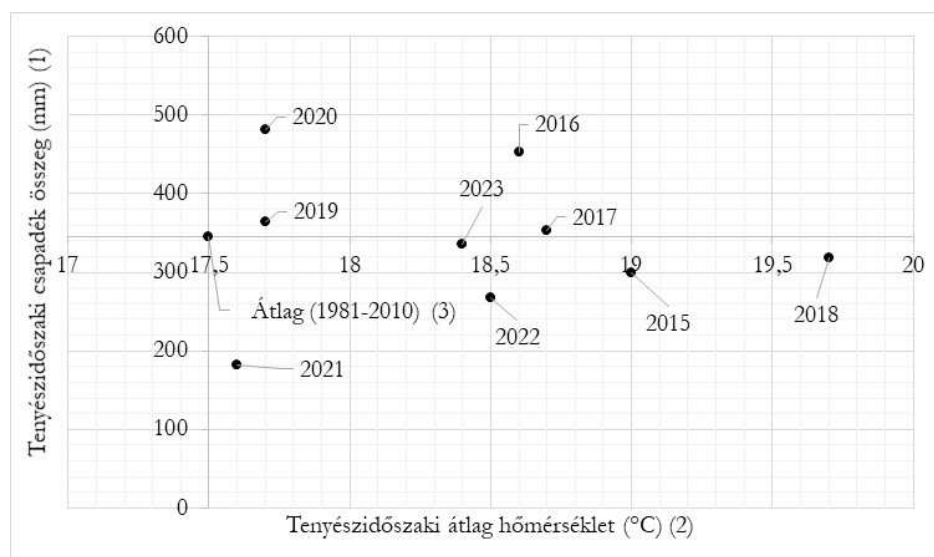


Figure 3. Differences in precipitation sum and annual mean temperature for the growing season (April-September) of the studied years from the 1981–2010 average (Debrecen–Látókép, 2015–2023). (1) Precipitation sum in the growing season (mm), (2) Mean temperature in the growing season (°C), (3) Average (1981–2010)

A 2019-es évjárat tenyészidőszaka hőmérséklete ($+0,2\text{ °C}$) és csapadéka ($+18\text{ mm}$) átlag közeli volt. A 2020-as tenyészidőszak átlag közeli középhőmérsékletű ($+0,2\text{ °C}$) volt, azonban 136 mm -rel csapadékosabb volt, mint a sokévi átlag. Ezt az évet követte az átlagos középhőmérsékletű ($+0,1\text{ °C}$), azonban erősen aszályos 2021. év, amikor a sok éves átlag (346 mm) tenyészidőszaki csapadékának fele (-164 mm) hullott csak. A 2022-es

tenyészidőszak 1 °C-kal melegebb volt, mint a sok éves átlag, és az előző év csapadékhiányát ez az év tovább növelte az átlaghoz képest -78 mm-rel. A vizsgálat utolsó évének tenyészidőszaka 0,9 °C-kal melegebb volt, mint az átlag, valamint csapadékelátottsága átlag közeli (+10 mm) volt (3. ábra).

Mérések értékelése

A statisztikai kiértékelést az R 4.2.2 statisztikai szoftverkörnyezet (*R Core Team 2022*) segítségével végeztük. A grafikus felületet az RStudio (*Posit Team 2022*), gplots (*Warnes et al. 2015*), car (*Fox és Weisberg 2020*) és agricolae (*de Mendiburu 2021*) csomagok segítségével valósítottuk meg. A grafikonokat a Microsoft Excel segítségével készítettük. Az elsőrendű hibát 5%-ra, azaz $\alpha=0,05$ -re állítottuk be. A termésátlagok összehasonlítására a legkisebb szignifikáns különbség (LSD) módszerét alkalmaztuk (*Huzsvai és Balogh 2015*). A statisztikai vizsgálatot a kísérlet monokultúrás nem öntözött kukorica parcelláin végeztük, három hibrid és két tőszám átlagában.

Eredmények

Talajművelés hatása a kukorica termésére

A statisztikai vizsgálat alapján a vizsgált kilenc év alatt a talajművelés befolyásolta a kukorica termését. Mind a három alpművelés szignifikánsan különbözött egymástól, a lazított alpművelésű parcellák mellett figyeltük meg a nagyobb (9,06 t/ha) terméseredményeket (4. ábra). Az őszi szántott alpművelésű parcellák termésétől (8,69 t/ha) elmaradt a sávos technológiájú parcellák termése (8,04 t/ha).

Műtrágyázás hatása a kukorica termésére

A műtrágyázás is befolyásolta a kukorica termését, a kísérlet kontroll parcellái és a két műtrágya lépcső is szignifikánsan különböztek egymástól. A kontroll parcellák termése a vizsgált 2015–2023 évjáratok átlagában 5,92 t/ha volt. A 80 kg N/ha +PK parcellák termése 9,24 t/ha, a 160 kg N/ha +PK műtrágya kezelésű parcellák termése 10,64 t/ha volt (5. ábra).

4. ábra. A talajművelés hatása a kukorica termésére
(Debrecen-Látókép, 2015-2023)

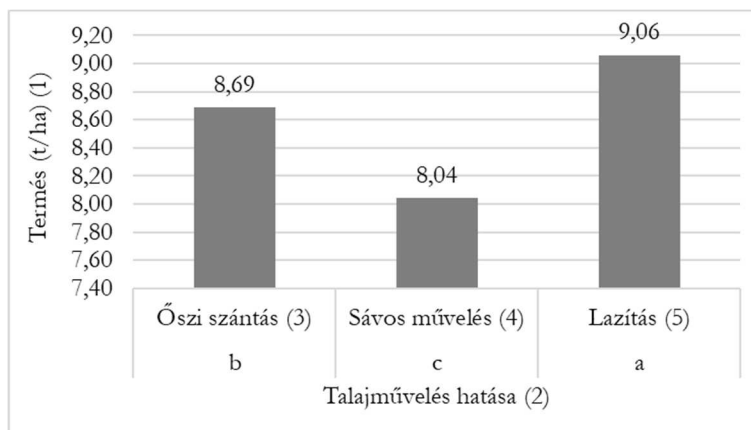


Figure 4. Effect of tillage on maize yield (Debrecen-Látókép, 2015-2023). (1) Yield (t/ha), (2) Effect of tillage, (3) Autumn ploughing, (4) Strip tillage, (5) Loosening

5. ábra. A műtrágyázás hatása a kukorica termésére
(Debrecen-Látókép, 2015-2023)

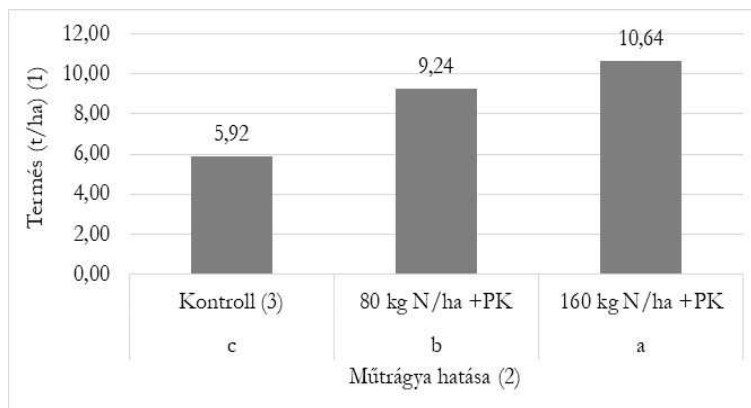


Figure 5. Effect of fertilisation on maize yield (Debrecen-Látókép, 2015-2023). (1) Yield (t/ha), (2) Fertiliser effect, (3) Control

Évjárat hatása a kukorica termésére

Az évjárat is statisztikailag kimutathatóan befolyásolta a kukorica termését. A kilenc vizsgált évjárat közül a 2015-ös év mellett mértük a statisztikailag igazolható harmadik legkisebb kukoricatermést (7,94 t/ha). A következő 2016-os év a vizsgált periódus statisztikailag igazolható második legnagyobb kukorica hozamát adta (11,39 t/ha), A 2017-es év termése (8,64 t/ha) szignifikánsan elmaradt az előző évtől, a 2018-as év viszont kedvezőbb (9,18 t/ha) volt a kukorica számára. A 2019-es évjárat a vizsgált periódus statisztikailag igazolható harmadik legnagyobb kukorica termését (9,42 t/ha) adta. A 2020-as év termése (9,24 t/ha) szignifikánsan nem különbözött a 2018-as év termésétől, azonban az összes többi évjáratnál statisztikailag igazolhatóan eltért. A kedvezőtlen 2021-es év kukorica termése (7,05 t/ha) statisztikailag igazolhatóan a vizsgált periódus második legkisebb volt. A vizsgált kilenc év közül a kukorica számára legkedvezőtlenebb évjárat a 2022-es rekord aszályos év volt, ahol 2,52 t/ha termést figyeltünk meg. A következő 2023-as évjáratban mértük a vizsgált periódus legnagyobb kukorica hozamát, 11,97 t/ha-t (6. ábra).

6. ábra. Az évjárat hatása a kukorica termésére
(Debrecen-Látókép, 2015-2023)

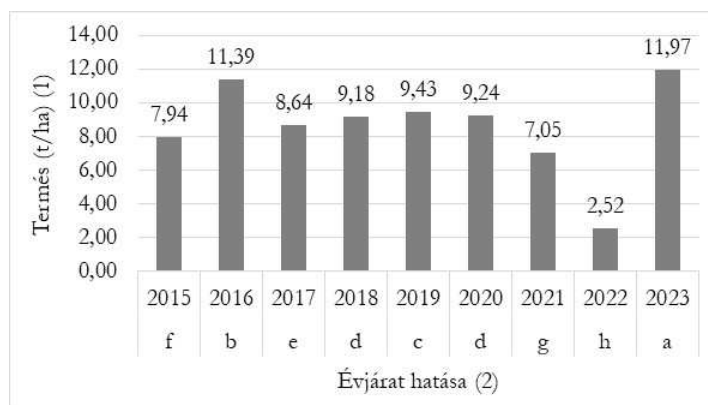


Figure 6. Impact of the crop year on maize yields (Debrecen-Látókép, 2015-2023). (1) Yield (t/ha), (2) Crop year effect

Talajművelés és évjárat együttes hatása a kukorica termésére

A talajművelés és az évjárat együttesen is befolyásolta a kukorica termését. A 2015-ös évben termés tekintetében a lazításos és az őszi szántott alpművelés között nem volt szignifikáns különbség, azonban ebben az évjáratban a sávos művelés termése szignifikánsan kisebb volt. A következő, 2016-os évben mind a három talajművelési változatban szignifikánsan nőtt a termés az előző évhez képest. Ebben az évben a vizsgált kilenc év második legnagyobb termését a lazított parcellákon mértük (12,07 t/ha), ettől szignifikánsan kisebb volt az őszi szántott parcellák termése (11,61 t/ha) és szintén kisebb volt a sávos művelésű parcellák termése (10,5 t/ha). 2017-ben az előző évhez képest szignifikánsan csökkent a termés az összes talajművelési változatban. Ebben az évjáratban is a lazításos művelés termése volt szignifikánsan kiemelkedő, az őszi szántott és a sávos művelés között 2017-ben termésben nem volt különbség. 2018-ban az előző évhez képest növekedett a kukorica termése minden talajművelési változat mellett. Ebben az évjáratban is a lazított parcellák termése volt statisztikailag kiemelkedő (9,78 t/ha), az őszi szántott (8,98 t/ha) és a sávos művelésű (8,77 t/ha) parcellák között nem volt szignifikáns különbség. 2019-ben az előző évhez képest a lazított (9,97 t/ha) és őszi szántott (9,16 t/ha) parcellák kukorica termése nem változott szignifikánsan, azonban a sávos (9,17 t/ha) növekedett, így ebben az évben a sávos művelés és az őszi szántás között nem volt szignifikáns különbség. A 2020-as évjáratban a lazított az őszi szántott parcellák termése (9,21 t/ha) szignifikánsan nem változott az előző évhez képest, azonban a sávos művelésé 0,9 t/ha-ral csökkent az előző évhez képest így elmaradt ebben az évben a többi talajművelés kezeléstől. Ebben az évben is a lazított parcellákon mértünk szignifikánsan kimagasló (10,24 t/ha) kukoricatermést. Az aszályos 2021-es évjáratban az előző évhez képest a lazítás (-2,67 t/ha) és szántás (-1,57 t/ha) között különbség eltűnt így ezek már nem különböztek egymástól statisztikailag. Ebben az évjáratban a sávos művelésben volt kisebb a kukoricatermés (5,92 t/ha). A kukorica szempontjából vizsgált periódus legrosszabb évének 2022 bizonyult, ahol az előző aszályos évhez képest is lazított kezelésben 5,32 t/ha-ral, őszi szántott kezelésben 4,72 t/ha-ra, és sávos művelés mellett 3,54 t/ha-ral csökkent a termés az előző évhez képest. A 2023-as, az előzőkhöz képest csapadékosabb év kedvező volt a kukorica számára, a vizsgált periódusban a lazítás mellett itt mértünk kimagasló termést 12,54

t/ha-t, amitől szignifikánsan kisebb volt az őszi szántott (12,01 t/ha) és szintén szignifikánsan kisebb a sávos parcellák (11,37 t/ha) termése is (7. ábra).

7. ábra. A talajművelés és az évjárat együttes hatása a kukorica termésére (Debrecen–Látókép, 2015–2023)

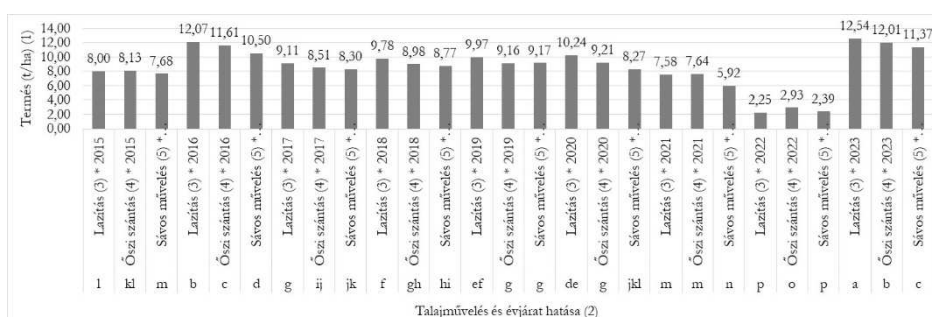


Figure 7. The combined effect of tillage and crop year on maize yields (Debrecen–Látókép, 2015–2023). (1) Yield (t/ha), (2) Effect of tillage and crop year, (3) Loosening, (4) Autumn ploughing, (5) Strip tillage

A műtrágyázás és az évjárat együttes hatása a kukorica termésére

A műtrágyázás és az évjárat együttesen is befolyásolta a kukorica termését, 2015-ben a kontroll parcellákhoz (5,16 t/ha) képest a 80 kg N/ha +PK kezelés szignifikánsan növelte (9,22 t/ha) a kukorica termését, azonban következő 160 kg N/ha +PK kezelés már igazolhatóan nem növelte tovább a termést (9,43 t/ha). A kukorica számára kedvező 2016-os évjáratban a kontroll 2,82 t/ha-ral, a 80 kg N/ha +PK kezelés 3,01 t/ha-ral, a 160 kg N/ha +PK 4,54 t/ha-ral szignifikánsan többet termelt, mint az előző évben az azonos kezelésű parcellák. Ebben az évjáratban mértük a vizsgált periódus kimagasló 13,97 t/ha-os termését a 160 kg N/ha +PK kezelés mellett. A 2017-es évben mind a három műtrágya lépcsőben szignifikánsan csökkent a kukorica termése az előző évhez képest, és a növekvő műtrágyadózisok szignifikánsan nagyobb kukoricatermést eredményeztek. A 2018-as évjáratban a kontroll (5,84 t/ha) és a 80 kg N/ha +PK (9,87 t/ha) kezelésű parcellák termése szignifikánsan növekedett az előző évhez képest, a 160 kg N/ha +PK kezelés termése (11,82 t/ha) szignifikánsan nem változott az előző évhez (2017 - 11,65 t/ha) képest (8. ábra).

8. ábra. A műtrágyázás és az évjárat együttes hatása
a kukorica termésére
(Debrecen–Látókép, 2015–2023)

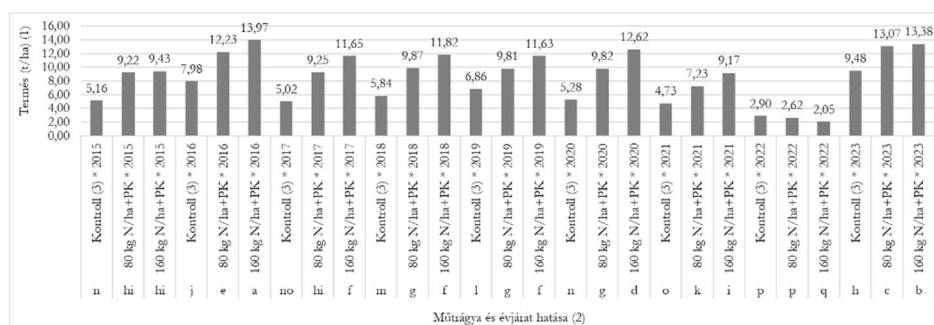


Figure 8. The combined effect of fertilisation and crop year on maize yields (Debrecen–Látókép, 2015–2023). (1) Yield (t/ha), (2) Effect of fertilisation and crop year, (3) Control

A 2019-es évjáratban a kontroll parcellák termése szignifikánsan növekedett (+1,02 t/ha) az előző évhez képest, a 80 kg N/ha +PK (-0,06 t/ha) és a 160 kg N/ha +PK (-0,19 t/ha) kezelések termése gyakorlatilag nem változott az előző évhez képest. 2019-ben is a növekvő műtrágyadózisok szignifikánsan növelték a kukorica termését egymáshoz képest. 2020-ban a kontroll parcellák termése szignifikánsan (-1,58 t/ha) csökkent az előző évhez képest, a 80 kg N/ha +PK kezelés termése gyakorlatilag nem változott (+0,01 t/ha) az előző évhez képest. A 160 kg N/ha +PK kezelés termése (+0,99 t/ha) szignifikánsan növekedett az előző évhez képest, ebben az évben (2020) is a növekvő műtrágya szintek szignifikánsan növelték a termést egymáshoz képest. A 2021-es aszályos évben az előző évhez (2020) képest a kontroll parcellák termés depressziója volt a legmérsékeltebb (-0,54 t/ha), a 80 kg N/ha +PK már nagyobb mértékben (-2,58 t/ha) csökkent. A termés-visszaesés a 160 kg N/ha +PK kezelésben nagyobb volt (-3,45 t/ha) az előző évjáratához képest, így ebben az évjáratban (2021) a kontrollhoz (4,73 t/ha) képest a 80 kg N/ha +PK csak 2,5 t/ha-ral, a 160 kg N/ha +PK kezelés csupán 1,94 t/ha-ral növelte a kukorica termését. A vizsgált kilenc év legkisebb terméseit az erősen aszályos 2021-et követő 2022-es szintén aszályos évben figyeltük meg. Ebben az évben a kontroll parcellákhoz (2,9 t/ha) képest a 80 kg N/ha +PK (-0,28 t/ha) szignifikánsan nem befolyásolta a termést, azonban

ehhez képest a 160 kg N/ha +PK már szignifikánsan csökkentette (-0,57 t/ha) a kukorica termését. Az utolsó vizsgált évjárat (2023) már szignifikánsan kedvezőbb volt a kukorica számára, az előző évhez képest a kontroll parcellák 6,58 t/ha-ral, a 80 kg N/ha +PK kezelés 10,45 t/ha-ral, a 160 kg N/ha +PK kezelés 11,33 t/ha-ral eredményezett nagyobb termést, mint az előző aszályos (2021) évjárat. 2023-ban a kontroll parcellákhoz képest a 80 kg N/ha +PK kezelés 3,59 t/ha-ral növelte, a 160 kg N/ha +PK ehhez képest már csak 0,31 t/ha-ral szignifikánsan növelte a kukorica termését (8. ábra).

A talajművelés, a műtrágyázás és az évjárat együttes hatása a kukorica termésére

Együttesen vizsgálva a talajművelés, a műtrágyázás és az évjárat is hatott a kukorica termésére. 2015-ben a kontroll parcellákon az őszi szántás adott nagyobb termést (5,87 t/ha), a sávos művelés és a lazítás között nem volt különbség. Ezekről szignifikánsan nagyobb volt a 80 kg N/ha +PK műtrágya szint mellett talajművelésenként a kukorica termése, ebben a kezeléskombinációban a három talajművelés között nem volt szignifikáns különbség. A 160 kg N/ha +PK kezelésben 2015-ben a kisebb műtrágya szinthez képest az őszi szántás és sávos művelés mellett a termés nem növekedett, azonban a lazítás mellett a kisebb műtrágyaszinthez képest szignifikánsan növekedett a kukorica termése. 2016-ban a kontroll parcellák termése őszi szántott talajművelés mellett 1,73 t/ha-ral, sávos művelés mellett 2,03 t/ha-ral, lazítás mellett 4,69 t/ha-ral nőtt a 2015-höz képest. A kontroll parcellákon termés tekintetében nem volt szignifikáns különbség az őszi szántott és lazított alpművelés között, azonban a sávos művelés termése elmaradt ettől.

A kukorica számára kedvező 2016-os évjáratban a 80 kg N/ha +PK kezelésben Őszi szántott parcellák termése 3,55 t/ha-ral, a sávos művelésű parcellák termése 2,3 t/ha-ral, a lazított parcellák termése 3,19 t/ha-ral növekedett az előző évhez képest. A 80 kg N/ha +PK kezelésű őszi szántott és lazított alpművelésű parcellák között itt sem volt szignifikáns különbség, azonban a sávos művelés itt is szignifikánsan kisebb termést eredményezett. Ebben a 2016-os évben a 160 kg N/ha +PK kezelés mellett az őszi szántott parcellák termése 5,15 t/ha-ral, a sávos művelésű parcellák termése 4,14 t/ha-ral, a lazított alpművelésű parcellák termése 4,35 t/ha-ral haladta meg az

előző év terméseredményét. A kukorica számára kedvező 2016-os évben őszi szántott alpművelésnél 5,34 t/ha-ral, sávos művelésnél 4,19 t/ha-ral, lazított alpművelés mellett 3,23 t/ha-ral növelte meg a kontroll parcellákhoz képest a 80 kg N/ha +PK kezelés a kukorica termését. Ebben az évben az őszi szántás 1,32 t/ha-ral, a sávos művelés 1,93 t/ha-ral, a lazítás mellett 1,97 t/ha-ral növelte meg a 80 kg N/ha +PK műtrágya szinthez képest a 160 kg N/ha +PK kezelés a kukorica termését. Az adatok alapján elmondható, hogy a vizsgált periódus legnagyobb kukorica termését 2016-ban 160 kg N/ha +PK kezelésben őszi szántás (14,27 t/ha) és az ettől szignifikánsan nem különböző lazítás (14,46 t/ha) mellett mertük, amit megközelített 2023-ban a 160 kg N/ha +PK műtrágya dózisú lazított kezelés termése (14,08 t/ha) (9. ábra).

9. ábra. A talajművelés, a műtrágyázás és az évjárat együttes hatása a kukorica termésére
(Debrecen–Látókép, 2015–2017)

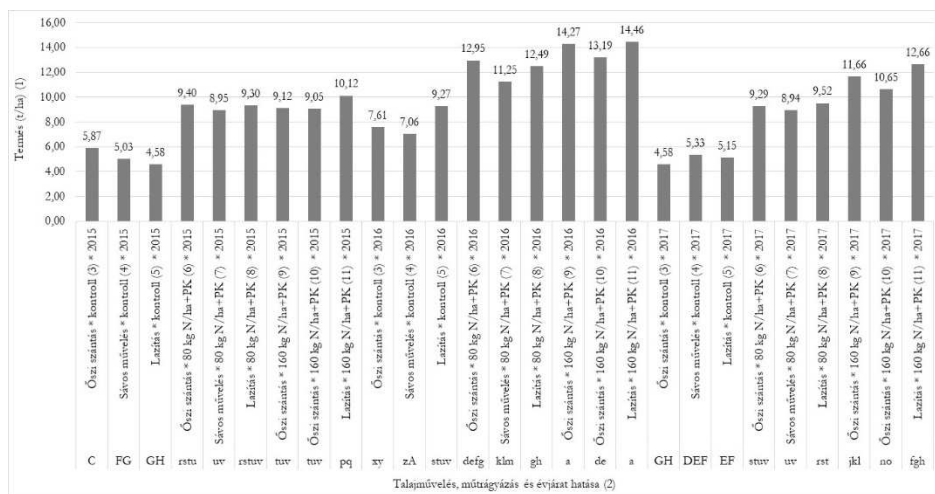


Figure 9. The combined effect of tillage, fertilisation and crop year on maize yields (Debrecen–Látókép, 2015–2017). (1) Yield (t/ha), (2) Effect of tillage, fertilisation and crop year, (3) Autumn ploughing * control, (4) Strip tillage * control, (5) Loosening * control, (6) Autumn ploughing * 80 kg N/ha+PK, (7) Strip tillage * 80 kg N/ha+PK, (8) Loosening * 80 kg N/ha+PK, (9) Autumn ploughing * 160 kg N/ha+PK, (10) Autumn ploughing * 160 kg N/ha+PK, (11) Loosening * 160 kg N/ha+PK

A 2017-es év az előző 2016-os évhez képest termés csökkentést okozott, minden talajművelés és műtrágya kezeléskombináció mellett (9. ábra).

A 2018-as évben az előző évhez képest a három talajművelési változatnál a kontroll és a 80 kg N/ha +PK parcellák termése növekedett, azonban a 160 kg N/ha +PK kezelésben 0,3 t/ha-ral csökkent az előző évhez képest (10. ábra).

10. ábra. A talajművelés, a műtrágyázás és az évjárat együttes hatása a kukorica termésére (Debrecen-Látókép, 2018–2020)

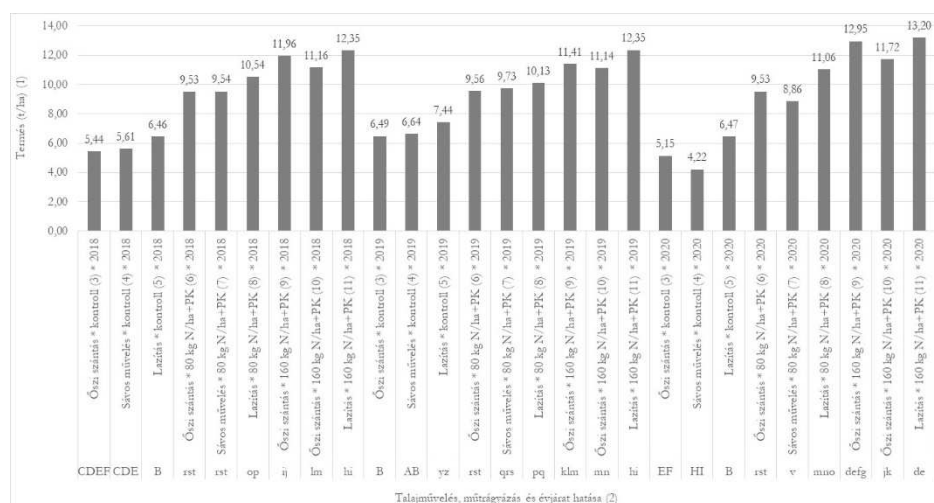


Figure 10. The combined effect of tillage, fertilisation and crop year on maize yields (Debrecen-Látókép, 2018–2020). (1) Yield (t/ha), (2) Effect of tillage, fertilisation and crop year, (3) Autumn ploughing * control, (4) Strip tillage * control, (5) Loosening * control, (6) Autumn ploughing * 80 kg N/ha+PK, (7) Strip tillage * 80 kg N/ha+PK, (8) Loosening * 80 kg N/ha+PK, (9) Autumn ploughing * 160 kg N/ha+PK, (10) Autumn ploughing * 160 kg N/ha+PK, (11) Loosening * 160 kg N/ha+PK

2019-ben mind a három talajművelés mellett a kontroll parcellák termése az előző évhez képest 1 t/ha-ral növekedett, 80 kg N/ha +PK kezelésben az őszi szántott és sávos művelésű parcellák termése gyakorlatilag nem változott, azonban a lazított parcellák termése csökkent. Ebben az évben a 160 kg N/ha +PK kezelés mellett az őszi szántott parcellák termése csökkent,

a sávos művelésű, illetve lazított parcellák termése nem változott az előző évhez (2018) képest. A 2020-as évjáratban a kontroll parcellák termése mind a három talajművelés mellett csökkent az előző évhez képest, ezek közül a legnagyobb mértékben a sávos művelés esetében 2,42 t/ha-ral. Ebben az évjáratban 80 kg N/ha +PK dózis mellett az őszi szántás termése nem változott, a sávos művelés termése 0,87 t/ha-ral csökkent, a lazított parcellák termése pedig 0,93 t/ha-ral növekedett az előző évhez képest. A 160 kg N/ha kezelés mellett mind a három talajművelés mellett növekedtek a termések az előző (2019) évhez képest (10. ábra).

Az első erősen aszályos 2021-es évjáratban a kontroll parcellák termése őszi szántott és sávos művelés mellett gyakorlatilag nem változott az előző évhez képest, azonban a lazított parcellák termése 1,2 t/ha-ral kevesebb volt, mint az előző 2020-as év esetében. A 80 kg N/ha kezelés mellett az őszi szántás 1,26 t/ha-ral, a sávos művelés 3,13 t/ha-ral, a lazítás 3,35 t/ha-ral kevesebbet termelt a kukorica, mint az előző (2020) évben. A 160 kg N/ha +PK kezelésű parcellákon 2021-ben őszi szántás mellett 3,26 t/ha-ral, sávos művelés esetében 3,65 t/ha-ral, lazítás esetében 3,45 t/ha-ral kevesebb kukorica szemtermést takarítottunk be, mint előző évben. A második aszályos év 2022-volt, ebben az évjáratban a kontroll parcellákon őszi szántás mellett 1,13 t/ha-ral, sávos művelés mellett 1,94 t/ha-ral, lazítás mellett 2,44 t/ha-ral csökkent a termés az előző évhez képest. A 80 kg N/ha +PK műtrágyaszint mellett 2022-ben az őszi szántás 5,28 t/ha-ral, sávos művelés -3,12 t/ha-ral, a lazítás 5,44 t/ha-ral termelt kevesebbet az előző évhez képest a kukorica. A 2022-es évjáratban 160 kg N/ha műtrágya szint mellett őszi szántás 7,73 t/ha-ral, a sávos művelés 5,55 t/ha-ral, a lazítás 8,09 t/ha-ral termelt kevesebbet, mint az előző, szintén aszályos évben (2021). 2022-ben 80 kg N/ha +PK műtrágyaszint mellett a sávos művelés (2,61 t/ha) és az őszi szántás (3 t/ha) nem különbözött egymástól kukoricatermés tekintetében, azonban ezektől ebben az évjáratban szignifikánsan kisebb volt a lazított parcellák (2,26 t/ha) termése. Az aszályos évek után következő, a kukorica számára jóval kedvezőbb 2023-as évjáratban a kontroll parcellák termése őszi szántás mellett 5,72 t/ha-ral, sávos művelés mellett 7,03 t/ha-ral, lazítás mellett 6,99 t/ha-ral haladta meg az előző évi termést. A kontroll parcellákon az őszi szántás és a lazítás között nem volt szignifikáns különbség, azonban a sávos művelés mind a kettőtől elmaradt. A 80 kg N/ha +PK kezelésben 2023-ban az őszi szántás mellett 10,18

t/ha-ral, sávos művelés mellett 9,69 t/ha-ral, lazítás mellett 11,47 t/ha-ral termett többet a kukorica, mint az előző aszályos évjáratban. 2023-ban a 160 kg N/ha +PK kezelésben az őszi szántás 11,34 t/ha-ra, a sávos művelés 10,22 t/ha-ral a lazítás pedig 12,24 t/ha-ral termett többet a kukorica, mint az előző (2021) aszályos évben. A 80 kg N/ha kezeléshez képest a 160 kg N/ha +PK műtrágyaszint 2023-ban őszi szántás mellett 0,13 t/ha, sávos művelés mellett 0,44 t/ha, és lazítás mellett 0,36 t/ha-ral növelte a kukorica szemtermését (11. ábra).

11. ábra. A talajművelés, a műtrágyázás és az évjárat együttes hatása a kukorica termésére
(Debrecen–Látókép, 2021–2023)

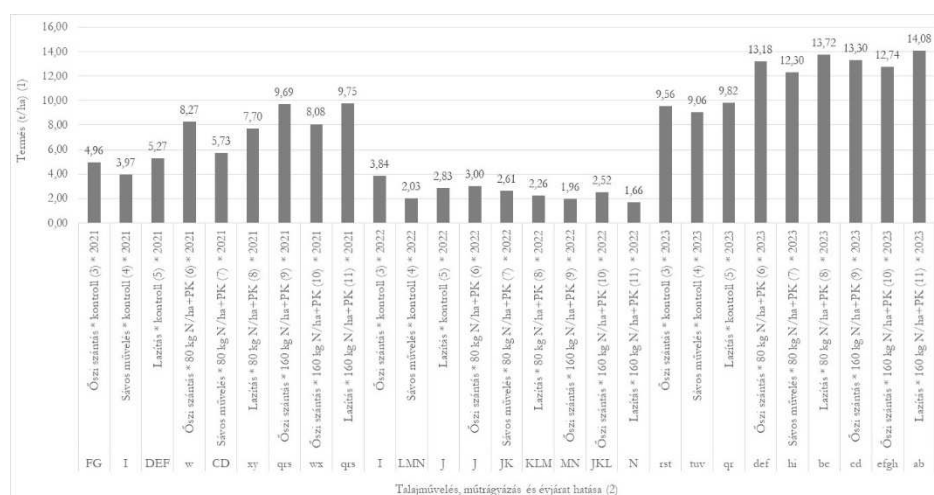


Figure 11. The combined effect of tillage, fertilisation and crop year on maize yields (Debrecen–Látókép, 2021–2023). (1) Yield (t/ha), (2) Effect of tillage, fertilisation and crop year, (3) Autumn ploughing * control, (4) Strip tillage * control, (5) Loosening * control, (6) Autumn ploughing * 80 kg N/ha+PK, (7) Strip tillage * 80 kg N/ha+PK, (8) Loosening * 80 kg N/ha+PK, (9) Autumn ploughing * 160 kg N/ha+PK, (10) Autumn ploughing * 160 kg N/ha+PK, (11) Loosening * 160 kg N/ha+PK

A vizsgált paraméterek arányosított hatása a kukorica termésére

A vizsgált parcellákra varianciakomponens analízist is végeztünk, melybe bevontuk az agrotechnikai paramétereit és a kilenc vizsgált évet. A hatásokat

százalékosan ábrázoltuk. A legnagyobb hatást a kukorica termésére az évjárat gyakorolta 73,5%-kal, majd ezt követte a műtrágyázás 24,7%-kal. A talajművelésnek a hatása 1% volt, hiszen az évjárat függvényében a különböző alapművelések eltérően teljesítettek, így semlegesítették a hatást. A tőszám és a hibrid hatása a terméseredményekre elenyésző, azaz 1% alatti volt.

12. ábra. Az agrotechnikai kezelések és az évjárat arányosított hatása a kukorica termésére nem öntözött monokultúrában (Debrecen-Látókép, 2015–2023)

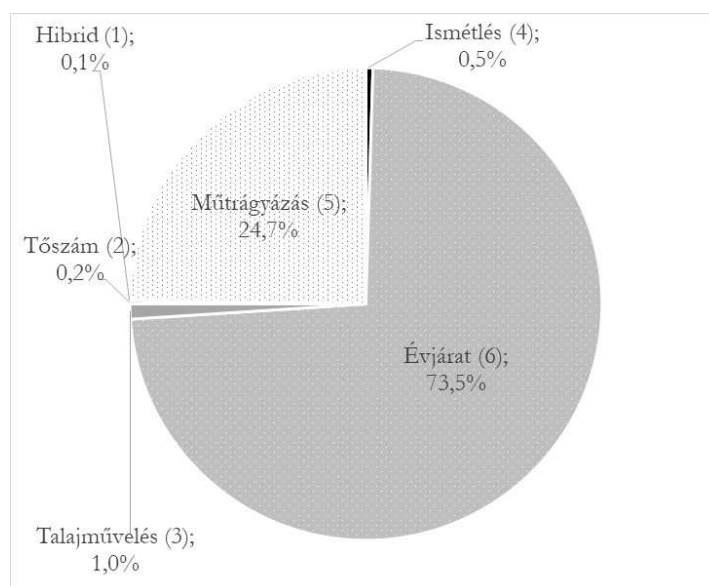


Figure 12. Proportional effect of agrotechnical treatments and crop year on maize yield in non-irrigated monoculture (Debrecen-Látókép, 2015–2023). (1) Hybrid, (2) Plant density, (3) Tillage, (4) Replication, (5) Fertilisation, (6) Crop year

Következtetések

Az évjárat hatását a kukorica termésére gyakorlatilag a tenyészedőszak csapadékeloszlása határozza meg. Hazánkban a kukorica termése erősen hektikus, eredményeink alapján 73,5%-ban befolyásolja az évjárat. Ennek hatása bizonyos szintig megfelelő agrotechnikával csökkenthető. Kísérletünkben a késői

betakarítás miatt nem mindig van lehetőség őszi lazításra, illetve gyakorlatilag tavasszal történik a sávművelés, így az őszi csapadék beszivárgását már nem segítik elő, ami meglátszik a kukorica terméseredményeken. A sávművelés időbeli megválasztására különös hangsúlyt szükséges fektetni, főleg kötöttebb, agyagos talajok esetén, mert a túl nedves talajon végzett sávművelés kimondottan rossz talajszerkezetet hagy maga után, mely kiszáradás esetén erőteljesen reped és rögzösdik, a kelés így vontatott és egyenetlen lesz.

Aszályos évjáratokban a nagyobb műtrágya szint jobban csökkentette a kukorica termését az előző évjárhoz képest, hiszen a nedvesség hiánya nagyobb tápanyag (só) koncentrációval együtt még jobban megviseli a kukoricánövényt, továbbá nem volt kellő mennyiségű víz a tápanyagok felvételéhez.

Köszönetnyilvánítás

A TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában és a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/00068/23/4) támogatásával készült.

IRODALOM

- Araus, J. L.–Serret, M. D.–Edmeades, G. O.*: 2012. Phenotyping maize for adaptation to drought. *Frontiers in Physiology*. Volume 3. <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00305>.
- Balla A.-né*: 1966. Különféle szerves- és műtrágyák hatása a kukorica termelésére és a szem nitrogéntartalmára, különböző talajokon az 1961–1964. években. Akadémia Kiadó. Budapest. 155–165.
- Bocz E.*: 1996. Talajművelés. [In: Antal J. et al. Szántóföldi növénytermesztés.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 887.
- Bojtor, C.–Mousavi, S. M. N.–Illés, Á.–Széles, A.–Nagy, J.–Marton, C. L.*: 2021. Stability and Adaptability of Maize Hybrids for Precision Crop Production in a Long-Term Field Experiment in Hungary. *Agronomy*. 11: 2167. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112167>.

- Chen, X.-Cui, Z.-Fan, M.-Vitousek, P.-Zhao, M.-Ma, W.-Wang, Z.-Zhang, W.-Yan, X.-Yang, J.-Deng, X.-Gao, Q.-Zhang, Q.-Guo, S.-Ren, J.-Li, S.-Ye, Y.-Wang, Z.-Huang, J.-Tang, Q.-Sun, Y.-Peng, X.-Zhang, J.-He, M.-Zhu, Y.-Xue, J.-Wang, G.-Wu, L.-An, N.-Wu, L.-Ma, L.-Zhang, W.-Zhang, F.: 2014. Producing more grain with lower environmental costs. *Nature*. 486-489.
- de Mendinburu, F.: 2021. *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research*. R package version 1.3-5. <http://CRAN.R-project.org/package=agricolae>
- Elbeltagi, A.-Nagy, A.-Mohammed, S.-Pande, C. B.-Kumar, M.-Bhat, S. A.-Zsembeli, J.-Huzsvai, L.-Tamás, J.-Kovács, E.-Harsányi, E.-Juhász, C.: 2022. Combination of Limited Meteorological Data for Predicting Reference Crop Evapotranspiration Using Artificial Neural Network Method. *Agronomy*. 12: 516. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020516>.
- Fejér, P.-Széles, A.-Horváth, É.-Rátónyi, T.-Ragán, P.: 2022. Effects of some agronomic practices on the quality of starch content of maize grains. *Agronomy Research*. 20. 1: 124-133. <https://doi.org/10.15159/AR.22.006>.
- Fox, J.-Weisberg, S.: 2020. *Companion to Applied Regression*. [R package]. Retrieved from <https://cran.r-project.org/package=car>
- Gombos B.-Nagy J.: 2019. Az időjárás értékelése kukorica (*Zea mays* L.) tartamkísérletek eredményei alapján. *Növénytermelés*. 68. 2: 5-23
- Gombos B.-Nagy J.: 2022. A látóképi kukorica tartamkísérlet 2021-es tenyészidőszakának agrometeorológiai jellemzőinek elemzése. *Növénytermelés*. 71. 1: 7-20.
- Gombos B.-Nagy J.: 2023. A 2022-es rendkívüli aszály agrometeorológiai jellemzői Debrecen-Látóképen. *Növénytermelés*. 72. 1: 1-14.
- Gombos B.-Nagy J.: 2024. A 2023-as kukorica tenyészidőszak agrometeorológiai jellemzői Debrecen-Látóképen. *Növénytermelés*. 73. 1: 29-39.
- Harsányi, E.-Bashir, B.-Alsilibe, F.-Alsafadi, K.-Alsalman, A.-Széles, A.-Rahman, M. H. U.-Bácskai, I.-Juhász, Cs.-Rátónyi, T.-Mohammed, S.: 2022. Impact of agricultural drought on sunflower production across Hungary. *Atmosphere*. 12. 10: 1339.
- Horváth, É.-Gombos, B.-Széles, A.: 2021. Evaluation phenology, yield and quality of maize genotypes in drought stress and non-stress environments. *Agronomy Research*. 19. 2: 408-422. <https://doi.org/10.15159/AR.21.073>.
- Hou, P.-Liu, Y.-Liu, W.-Liu, G.-Xie, R.-Wang, K.-Ming, B.-Wang, Y.-Zhao, R.-Zhang, W.-Wang, Y.-Bian, S.-Ren, H.-Zhao, X.-Liu, P.-Chang, J.-Zhang, G.-Liu, J.-Yuan, L.-Zhao, H.-Shi, L.-Zhang, L.-Yu, L.-Gao, J. L.-Yu, X.-Shen, L.-Yang, S.-Zhang, Z.-Xue, J.-Ma, X.-Wang, X.-Lu, T.-Dong, B.-Li, G.-Ma, B.-Li, J.-Deng, X.-Liu, Y.-Yang, Q.-Fu, H.-Liu, X.-Chen, X.-Huang, C.-Li, S.: 2020. *Resources, Conservation and Recycling*. 160: 104913. ISSN 0921-3449. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.104913>.

- Huzsvai L.–Balogh P.: 2015. Lineáris modellek az R-ben. Seneca Books. Debrecen. 109–124.
- Huzsvai, L.–Zsembeli, J.–Kovács, E.–Juhász, C.: 2020. Can Technological Development Compensate for the Unfavorable Impacts of Climate Change? Conclusions from 50 Years of Maize (*Zea mays* L.) Production in Hungary. *Atmosphere*. 11: 1350. <https://doi.org/10.3390/atmos11121350>.
- Johnson, M. W.–Williams, R. L.–Ayers, J. E.: 1984. Pennsylvania corn performance studies. The Pennsylvania State University College of Agriculture. Agricultural Experiment Station University Park. Pennsylvania. 1–43.
- Mousavi, S. M. N.–Bojtor, C.–Illés, Á.–Nagy, J.: 2021. Genotype by Trait Interaction (GT) in Maize Hybrids on Complete Fertilizer. *Plants*. 10: 2388. <https://doi.org/10.3390/plants10112388>.
- Nagy J.–Megyes A.: 2009. A kukoricatermesztés kritikus agrotechnikai elemei. *Agrofórum Extra*. 32: 36–40.
- Nagy, J.: 2008. Maize Production. Akadémiai Kiadó. Budapest. 42–276.
- Noromiarilanto, F.–Brinkmann, K.–Faramalala, M. H.–Buerkert, A.: 2016. Assessment of food self-sufficiency in smallholder farming systems of southwestern Madagascar using survey and remote sensing data. *Agricultural Systems*. 149: 139–149. ISSN 0308-521X, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.09.005>.
- Posit team – RStudio: 2022. Integrated Development Environment for R. Posit Software. PBC. Boston. MA. <http://www.posit.co/>
- R Core Team. R.: 2022. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rácz, D.–Szőke, L.–Tóth, B.–Kovács, B.–Horváth, É.–Zagyi, P.–Duzs, L.–Széles, A.: 2021. Examination of the Productivity and Physiological Responses of Maize (*Zea mays* L.) to Nitrapyrin and Foliar Fertilizer Treatments. *Plants*. 10: 2426. <https://doi.org/10.3390/plants10112426>.
- Rátonyi, T.–Tamás, A.–Ujpal, I.–Juhász, Cs.–Ragán, P.: 2022. The impact of conventional and precision farming technology and year effect on maize yields. [In: Krakowiak-Bal, A. et al. (eds.) International Congress on Sustainable Development in the Human Environment – Current & Future Challenges ICSDC 2022.] Proceedings book. Alanya. Turkey. 19. 10. 2022–22. 10. 2022. Infrastructure and Ecology of Rural Areas Association. Krakow. ISBN 9788396606211. 41–51.
- Sárvári M.–Győri Z.: 1981. A monokultúrában és a vetésváltásban termesztett kukorica termésátlagának és minőségének változása különböző tápanyagellátás esetén. *Növénytermelés*. 31. 2: 177–185.

- Sprague, G. F.-Larson, W. E.*: 1975. Corn Production. United States Department of Agriculture. In cooperation with Minnesota Agricultural Experiment Station. Agriculture Handbook. 322.
- 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.
- Széles, A.-Nagy, J.-Rátonyi, T.-Harsányi, E.*: 2019. Effect of differential fertilisation treatments on maize hybrid quality and performance under environmental stress condition in Hungary. Maydica. 64. 2: 1-14.
- Torriani, D.-Calanca, P.-Lips, M.-Amman, H.-Beniston, M.-Fuhrer, J.*: 2007. Regional assessment of climate change impacts on maize productivity and associated production risk in Switzerland. Region. Environ. Change. 7: 209-221.
- Warnes, G. R.-Bolker, B.-Bonebakker, L.-Gentleman, R.-Liaw, W. H. A.-Lumley, T.-Maechler, M.-Magnusson, A.-Moeller, S.-Schwartz, M.-Venables, B.*: 2015. Various R Programming Tools for Plotting Data. R package version 2.17.0. <http://CRAN.R-project.org/package=gplots>
- Yin, Z. T.-Qin, Q. X.-Wu, F. F.-Zhang, J. M.-Chen, T. T.-Sun, Q.*: 2015. Quantitative trait locus mapping of chlorophyll a fluorescence parameters using a recombinant inbred line population in maize. Euphytica. 205. 1: 25-35. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1380-9>.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

*Dr. Ragán Péter - Dr. Rátonyi Tamás - Dr. Széles Adrienn -
Dr. Nagy János - Dr. Tamás András
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítás, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*ragan@agr.unideb.hu