

Különböző talajművelési rendszerek hatása eltérő genotípusú kukorica (*Zea mays* L.) hibridek termésparamétereire, fehérje-, szénhidrát- és olajtartalmára

¹KECSKÉS ISTVÁN – ²NAGY ANTAL – ¹SOJNÓCZKI ISTVÁN – ³NAGY JÁNOS

¹KITE Zrt., Nádudvar

Debreceni Egyetem MÉK

²Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

³Növényvédelmi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Kutatásunk célja a különböző talajművelési rendszerek kukorica (termésmennyiség, betakarításkori szemnedvesség-tartalom) paramétereire és a beltartalmi értékmérő tulajdonságaira (keményítő-, fehérje-, olajtartalom) gyakorolt hatásának vizsgálata. A kukorica szántásos alapművelését vetettük össze a talaj szerkezetének megóvása szempontjából előnyös művelési módokkal (tárcsás lazító, egyeneskéses lazító, sávművelő). A vizsgálatunkat két eltérő évjáratban, két különböző csapadékeloszlású évben – 2020-ban és 2021-ben – végeztük Nádudvar határában, középkötött réti csernozjom talajon, mezoparcellás kísérletben, három különböző érésidejű hibrid (FAO 380, FAO 420, FAO 490) bevonásával.

2020-ban a vetést megelőzően márciusban, majd áprilisban is kevés csapadék hullott, a sokéves átlag mindössze 23%-a és 39%-a, ami nem kedvezett a tavaszi vetésű növényeknek, így a kukoricának sem. Ezzel szemben júniusban és júliusban 256%-a, illetve 217%-a hullott le a sokéves átlagnak. 2021-ben is rendkívüli volt a csapadék eloszlása. Áprilisban csupán a sokéves átlag 52%-a, ugyanakkor májusban a sokéves átlag 144%-a hullott le. Az év összességében – a sokéves átlaghoz képest – szélsőségesen száraz volt, különösen júniusban és júliusban, amikor a csapadék a sokéves átlag mindössze 14%-át, valamint 69%-át érte el.

A művelési mód hatása a terméseredményre mindkét vizsgált évben szignifikáns volt. 2020-ban a szántás (15,84 t/ha) terméseredménye egyaránt felülmúlta a sávos és

a talajvédő lazításos művelés eredményeit. 2021-ben is a szántás eredménye volt a legnagyobb (5,46 t/ha), felülmúlta az összes többi művelési mód eredményét, de 10,37 t/ha-ral maradt el a 2020-as terméseredménytől.

2020-ban és 2021-ben a hibridek terméseredmény alapján kialakított rangsora eltérően alakult. A legjobb terméseredményt 2020-ban a FAO 490-es hibrid érte el (16,18 t/ha), ez szignifikánsan magasabb a két másik hibridhez képest. 2021-ben a rangsor megváltozott. A száraz évjáratban a FAO 420-as hibrid volt képes a legmagasabb (4,33 t/ha) terméseredményt elérni. A kukoricaszemek beltartalmi vizsgálatánál eltérő eredményeket mértünk a két évjárat tekintetében. 2020-ban az olajtartalom a négy művelési mód közül a redukált művelésben szignifikánsan magasabb volt, a többi művelésnél nem alakult ki valós eltérés. A keményítőtartalom vizsgálata alapján a szántás, talajvédő és a sávos művelés között nem alakult ki szignifikáns különbség, valamint a redukált és a sávos művelés között sem volt mérhető eltérés. A fehérjetartalom 2021-ben különbséget mutatott, a szántás és a talajvédő művelési mód igazoltan alacsonyabb értéket ért el, mint a redukált művelés. 2020-hoz képes 6%-ról 8%-ra emelkedett a fehérjetartalom 2021-ben. A keményítőtartalomban is jelentős különbséget mértünk, 2020-ban 66%, 2021-ben 62% volt a keményítőtartalom.

Kulcsszavak: beltartalom, fehérje, termésátlag, olajtartalom, kukorica

Impact of different tillage systems on the yield parameters, protein, carbohydrate and oil content of different genotypes of maize (*Zea mays* L.) hybrids

¹I. KECSKÉS – ²A. NAGY – ¹I. SOJNÓCZKI – ³J. NAGY

¹KITE Zrt., Nádudvar

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

²Institute of Land Use, Engineering and Precision Farming Technology, Debrecen

³Institute of Crop Protection, Debrecen

Summary

The aim of our research is to investigate the effect of different tillage systems on maize parameters (yield, grain moisture content at harvest) and on the nutritional

value parameters (starch, protein, oil content). The ploughing primary tillage of maize was compared with the tillage practices (disc tillage, straight knife tillage, strip tillage) that are beneficial for soil structure conservation. The study was carried out in two different crop years with two different rainfall distributions, 2020 and 2021, on mid-heavy meadow chernozem soil in the outskirts of Nádudvar, in a mesoparcel experiment with three hybrids of different maturity (FAO 380, FAO 420, FAO 490).

In 2020, pre-sowing rainfall was low in March and April, only 23% and 39% of the multi-year average, which did not favour spring-sown crops, including maize. In June and July, on the other hand, rainfall was 256% and 217% of the multi-year average. In April, only 52% of the multi-year average fell, while in May it was 144% of the multi-year average. The year as a whole was extremely dry compared to the multi-year average, especially in June and July, when rainfall was only 14% and 69% of the multi-year average, respectively.

The impact of the tillage method on yields was significant in both examined years. In 2020, the yield of ploughing (15.84 t ha⁻¹) was higher than both strip and conservation tillage. In 2021, ploughing was also the highest (5.46 t ha⁻¹), higher than all other tillage methods, but 10.37 t ha⁻¹ lower than in 2020.

In 2020 and 2021, the ranking of hybrids by yield was different. The best yield in 2020 was achieved by the FAO 490 hybrid (16.18 t ha⁻¹), significantly higher than the other two hybrids. In the dry season, the FAO 420 hybrid was able to achieve the highest yield (4.33 t ha⁻¹). Content value analysis of maize grains showed different results in the two crop years. In 2020, the oil content was significantly higher in the reduced tillage of the four tillage methods, with no real difference in the other methods. The analysis of starch content showed no significant difference between ploughing, conservation tillage and strip tillage, and no measurable difference between reduced and strip tillage. The protein content in 2021 showed a difference, with ploughing and conservation tillage demonstrably lower than reduced tillage. Compared to 2020, protein content increased from 6% to 8% in 2021. There was also a significant difference in starch content, with 66% in 2020 and 62% in 2021.

Keywords: content values, protein, average yield, oil content, maize

Bevezetés

A kukorica napjainkban az állati takarmányozásban és a humán élelmiszer-előállításában is nagy jelentőséggel bír, továbbá az ipari felhasználása is – bioetanol, festékek, környezetbarát csomagolóanyagok – igen széles körű (Harsányi et al. 2008, Nagy 2008, Rátonyi et al. 2018). 2022-ben a világon 1201 millió tonnát termeltünk kukoricából, így ez volt a legnagyobb tömegben termesztett kultúrnövény. 372 millió tonnás terméssel a legnagyobb termelő az Egyesült Államok volt, amit Kína (273 millió tonna) és Brazília (103 millió tonna) követett (OECD FAO 2023). Európában Ukrajna volt a legnagyobb termelő 35 millió tonnás terméssel, amivel világviszonylatban az ötödik helyen szerepelt (OECD FAO 2023). Magyarországon 2019-ben 8,23 millió tonna kukoricát termesztettek (FAO 2019). Hazánkban a kukorica az egyik legjelentősebb termőterülettel rendelkező növény. A búza mellett ez a kultúra is évről évre mintegy egymillió hektár (ha) – vagy azt valamivel meghaladó – vetésterülettel rendelkezik, ami az elmúlt években enyhe csökkenő tendenciát mutatott (KSH 2021). Nagy (2007) 16 évvel ezelőtti hasonló adatai a jelenben is megállják a helyüket. Továbbra is a takarmányként történő felhasználása a legjelentősebb, és emellett az ipari alapanyag és élelmiszerként történő felhasználás is egyre jelentősebb, továbbá a kukorica azon kevés növények közé tartozik, mely a monokultúrát termesztést is elviseli.

A kukorica termésátlagok alakulása az egyik legjobb értékmérője a termesztéstechnológia fejlődésének. A korszerű hibridek, az intenzív műtrágyahasználat, a korszerű növényvédelem, valamint az innovatív műszaki megoldások, azaz a technológia fejlődése az 1960-as évektől folyamatos (Nagy és Megyes 2009). A KSH (2021) adatai alapján elmondható, hogy az elmúlt mintegy két évtizedben folyamatos növekvő tendencia volt jellemző az országos termésátlagokra, az évről-évre megfigyelhető jelentős, klimatikus okokkal magyarázható ingadozások ellenére. Harnos (1996) meghatározása alapján elmondható, hogy az időjárási szélsőségek ellenére hazánkban a kukoricatermesztés számára megfelelőek a feltételek mind a talaj, mind az éghajlat tekintetében. Hollinger és Changnon (1994) adatai szerint az időjárási tényezők azok, amik legnagyobb mértékben képesek befolyásolni a kukoricatermés mennyiségét, különös tekintettel a csapadék mennyiségére.

A megfelelő termőhely mellett a növénytermesztési technológia és a hibrid megválasztása az, mellyel a kukorica beltartalmi értékeit, azaz a minőséget meghatározó paramétereket javítani tudjuk (Marton et al. 2008). A kukorica beltartalmával foglalkozó tanulmányok megállapították, hogy a kukorica nem tartozik a nagy fehérjetartalmú növényeink közé, de a normál endospermiumú hibridek fehérjetartalma széles határok között változik (Sharobeem et al. 1986, Prokszáné és Harmati 1988). Marton (2009) vizsgálatait azt mutatták, hogy a kukorica szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalma 69-75% között alakul, és ezt növelni csak az egyéb beltartalmi mutatók rovására lehetséges. A fehérjetartalom megoszlása egyenetlen a kukoricaszemben, tehát a szemek tömegét megváltoztató tényezők hatással lesznek a szemek fehérjetartalmára is (Gundel et al. 1981, Izsáki 2006, Hegyi 2008, Hegyi et al. 2008), így a termésátlag és a fehérjetartalom között negatív összefüggés mutatható ki (Bálint 1977, Bhatia és Rabson 1987, Sander et al. 1987, Nagy 2009, 2021). A fehérje- és a keményítőtartalom alakulás egyaránt összefüggésbe hozható a növénytermesztési technológiával. Széles és Nagy (2013) szerint három év adatait tekintve mindig a korai vetések esetén volt magasabb a szemek szárazanyag-százalékában kifejezett keményítőtartalma.

Számos hazai és nemzetközi kutatási eredmény rávilágított arra, hogy a talajművelési rendszerek talajra – és azon keresztül a termésmennyiségre – gyakorolt hatása csak legalább középtávú vizsgálatokban mérhető megfelelő módon (Wildman és Gowans 1975, Neigi 1982, Birkás et al. 1989, Birkás és Szabó 1992, Nagy 1995, 1996; Pakurár 1999). Megyes et al. (2002) vizsgálatukban a hagyományos forgatásos (szántás) művelési módban a kukorica termésmennyisége 1,1 t/ha-ral múlta felül a forgatás nélküli (disk ripper) művelési rendszerben termelt kukorica termésmennyiségét. Drimba és Nagy (1998), Rátonyi et al. (2005) és Sulyok (2005) kutatásaikban a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén beállított szántóföldi tartamkísérletben igazolták, hogy mészlepedékes csernozjom talajon a kukorica számára leginkább kívánatos alapművelési módszer az őszi szántás, a tavaszi szántással és a tárcsás műveléssel való összevetésben.

A talajművelési módok hatásának részletesebb feltárása érdekében négy talajművelési mód: a szántás, a redukált-, a talajvédő lazításos- és a sávos művelés kukorica termésmennyiségére és beltartalmi paramétereire (fehérje-, szénhidrát- és olajtartalom) gyakorolt hatását vizsgáltuk három eltérő érési idejű hibrid bevonásával a 2020–2021-es időszakban a Hajdúságban, egy Nádudvar környéki kísérleti területen.

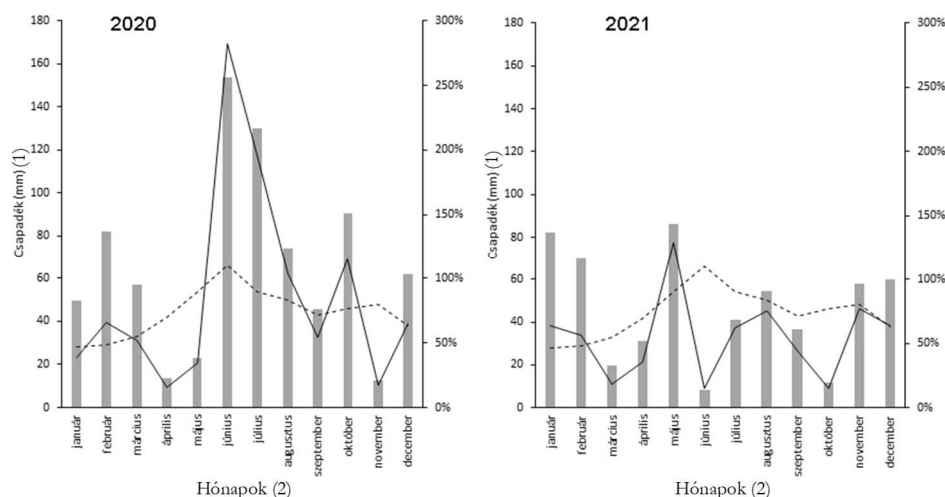
Anyag és módszer

Kísérleti terület

A vizsgálatainkat 2020-ban és 2021-ben a KITE Zrt. kísérleti telephelyén folytattuk Nádudvar település határában (47°25'41" É 21°12'3" K 85 m) mérsékelt meleg és száraz természeti körzetben. A kísérleti terület a hajdúságra általában jellemző intenzíven művelt agrárterületen zajlott. A terület egy jó kultúrállapotú, középkötött réti csernozjom talajú szántó volt. Aranyféle kötöttsége K_A 48 (agyagos vályog), átlagos pH_{KCl} 7,1 (semleges), humusztartalma: 3,8% (jó). A talaj eredeti AL-oldható P_2O_5 tartalma 286 mg/kg (igen jó) (légszáraz talajban), AL oldható K_2O tartalma 499 mg/kg (igen jó) (légszáraz talajban) volt.

Az időjárási tényezők mérését a kísérleti területen elhelyezett automata meteorológia állomás végezte. 2020-ban a vetés és kezdeti fejlődés szempontjából fontos március, április és május hónapban eltérő mennyiségű csapadék hullott. A vetést megelőzően márciusban, majd áprilisban is alul maradt ennek a mértéke, a sokéves átlag mindössze 23%-a, illetve 39%-a, ami nem kedvezett a tavaszi vetésű növényeknek, így a kukoricának sem. Ezzel szemben júniusban és júliusban 256%, illetve 217%-a hullott le a sokéves átlagnak (1. ábra). 2021-ben ismét rendkívüli volt a csapadék eloszlása. Áprilisban csupán a sokéves átlag 52%-a hullott le. A májusban érkezett csapadékos időszaknak köszönhetően már a sokéves átlag 144%-a hullott le. Az év összességében a sokéves átlaghoz képest szélsőségesen száraz körülményeket hozott, különösen júniusban és júliusban, amikor a sokéves átlag mindössze 14%-a, valamint 69%-a hullott le (1. ábra).

1. ábra. A mintaterület csapadékmennyiségének éves alakulása
2020-ban és 2021-ben



Megjegyzés: fekete vonal – havi csapadékmennyiség, szaggatott vonal – havi csapadék sokéves átlaga, oszlopok – havi csapadék a sokéves átlagos csapadék százalékában.

Figure 1. Yearly evolution of rainfall in the sample area in 2020 and 2021. (1) Rainfall (mm), (2) Months, Note: black line – monthly rainfall amount, dashed line - monthly precipitation as a multi-year average, columns - monthly precipitation as a percentage of the multi-year average.

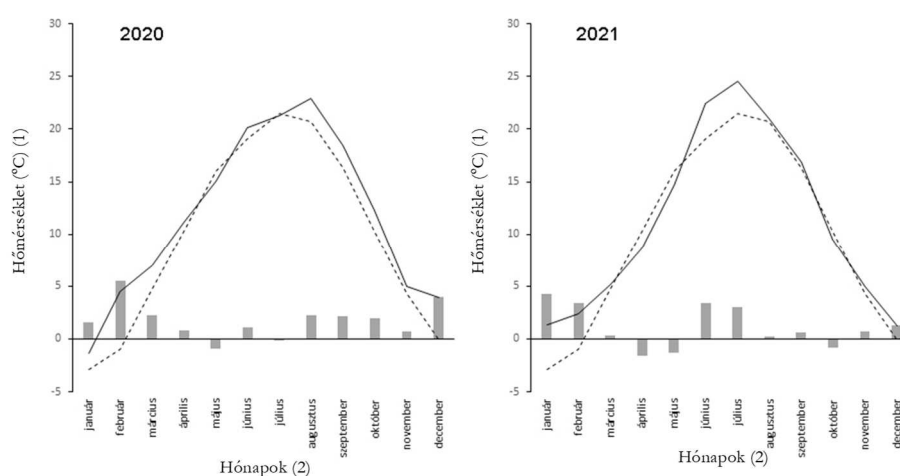
A 2020. január-április időszakában a havi középhőmérsékletek rendre több fokkal is magasabbak voltak a sokéves átlagnál, ahogy az júniusban, majd az augusztus-december közti időszakban is megfigyelhető volt. A márciusi $\pm 5,5$ °C kifejezetten magas értéknek számított, de a különbség rendre elérte a $\pm 2,0$ °C-ot (2. ábra). 2021-ben január, február, majd június és július mutatkozott az átlagosnál jóval melegebbnek, amikor a hőmérséklet átlaga 3–5 °C közötti értékekkel haladta meg a sokéves átlagot. A kukorica fiatalkori fejlődése szempontjából fontos időszakban (április-május) az átlagnál 1–2 °C-kal alacsonyabb hőmérsékleteket mértünk (2. ábra).

A kísérlet beállítása

A kísérleteket négy különböző művelési móddal végeztük: szántás, redukált lazítás, talajvédő lazítás, sávos művelés, három különböző érési idejű hibriddel: FAO 380, FAO 420, FAO 490. A kísérleti parcellákat a művelési

módoknak megfelelő négy blokkban rendeztük el, a hibrideket 4–4 ismétlésben random módon kiosztva a kialakított mezoparcellákon (3. ábra). A parcellák mérete: 4,572 m×120 m (~550 m²) volt.

2. ábra. A mintaterület hőmérsékletének éves alakulása
2020-ban és 2021-ben



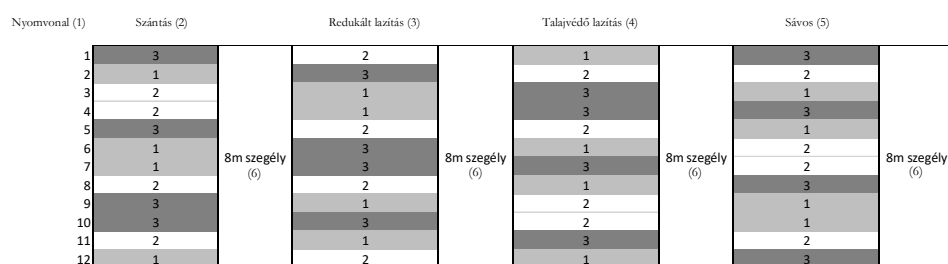
Megjegyzés: fekete vonal – havi átlaghőmérséklet, szaggatott vonal – havi átlaghőmérséklet sokéves átlaga, oszlopok – havi átlaghőmérséklet eltérése a sokéves átlagostól.

Figure 2. Annual temperature trends for the sample area in 2020 and 2021. (1) Temperature (°C), (2) Months, Note: black line - monthly average temperature, dashed line - multi-year average of monthly average temperature, columns - deviation of monthly average temperature from multi-year average.

Az alkalmazott talajművelési módok az alábbiak szerint kerültek elvégzésre.

- Szántás: ősszel ekével szántottunk, majd ezt követően tavasszal, vetés előtt Rábe Sturfogl művelőszközzel műveltük el a talaj felszínét (3 cm mélyen).
- Redukált lazítás: ősszel egy tárcsás lazító (Disk Ripper 2720), majd tavasszal egy Rábe Sturfogl-t használtunk.
- Talajvédő lazítás: ősszel egy Rábe Digger egyenes késes lazítót, majd tavasszal egy Rábe Sturfogl-t használtunk.
- Sávos művelés: ősszel sávművelőt, majd tavasszal egy Rábe Sturfogl-t használtunk (3. ábra).

3. ábra. A kísérleti parcellák elrendezése



Megjegyzés: sötétszürke – FAO 420, világosszürke – FAO 490, fehér – FAO 380.

Figure 3. Experimental plot design. (1) Track, (2) Ploughing, (3) Reduced, (4) Soil conservation, (5) Strip, (6) 8m margin, Note: dark grey – FAO 420, light grey – FAO 490, white – FAO 380.

Termesztéstechnológia

A terület előveteménye 2019-ben kukorica volt, az elővetemény betakarítását követően 32 kg N, 96 kg P₂O₅ és 96 kg K₂O műtrágya került kijuttatásra 2019 és 2020 őszén. Vetéssel egy menetben 20 l/ha 10:40 NP starter műtrágyát helyeztünk ki magnyomó pálca segítségével a magárokba. A kukoricabogár lárvakártétel ellen Force 1,5 G talajfertőtlenítő szert juttattunk ki szintén a magárokba 15 kg/ha-os dózisban mindkét évben. Gyomirtószer preemergensen került kipermetezésre, mind a két évben Adengo 0,44 l/ha-os dózisban. Fejtrágya kijuttatás kultivátorozással egy menetben (Orthman 1tRIPr szárnyas kapás 6 soros kultivátor) történt 117 kg fajlagos hatóanyagtartalmú folyékony UAN oldat formájában. A hibridek 75 000 tő/ha mennyiségben kerültek elvetésre a parcellákba 5 cm-es mélységben. A vetés időpontja 2020. április 20-a és 2021. április 12-e volt.

Adatgyűjtés

A betakarítás előtt minden hibrid minden ismétléséből kijelöltünk egy 3 fm-es mintaterületet. Ezekről a mintaterületekről gyűjtöttünk be a kukoricacsöveket. Az így begyűjtött mintákat lemorzsoltuk és a csövekről származó mintákat egyenként értékeltük a szemek tömege, nedvességtartalma, fehérje-, olaj- és szénhidráttartalma alapján. A kézi mintavételezés mellett a John Deere S670 kombájn által mért adatokat is elemeztük. A betakarító gép 3 másodpercenként GPS koordináta-hoz rögzített adatot szolgáltat, így évente 2100 mért pont alapján tudtunk statisztikai elemzéseket végezni.

Statisztikai értékelés

A művelési módok hatásának összehasonlítása a termésátlagok és a beltartalmi paraméterek összevetésével történt. Mivel a két vizsgált év időjárása jelentősen eltért, azok adatait külön-külön vontuk be az elemzésbe, így lehetőség nyílt az évjárat hatásának a bemutatására is. A hibridek összehasonlítását szintén évenként külön-külön, a jelzett mért paraméterek átlagainak összevetésével végeztük el.

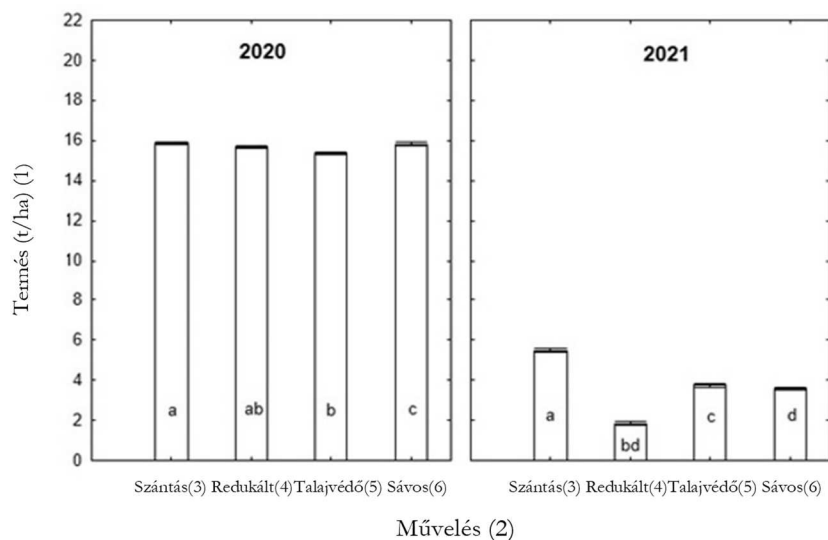
A parametrikus tesztek feltételeinek teljesülését Levene-teszttel (varianciák homogenitása) és Q-Q plot (normál eloszlás) vizsgáltuk. Mivel adataink a legtöbb esetben nem feleltek meg a vizsgált feltételeknek, így az összevetéseket Kruskal-Wallis és Mann-Whitney nemparametrikus tesztekkel végeztük. Ahol előbbi a csoportok szignifikáns eltérését mutatta, ott a páronkénti összevetéseket is Mann-Whitney U-teszttel végeztük el. A statisztikai értékelést IBM SPSS 28.0.1.0 statisztikai program segítségével végeztük.

Eredmények

A két vizsgált év terméseredményei jelentősen eltértek egymástól (Mann-Whitney U: $p < 0,001$) és a művelési mód hatása a terméseredményre mindkét vizsgált évben jelentős volt (4. ábra). 2020-ban a szántás (15,84 t/ha) terméseredménye egyaránt felülmúlta a sávos és a talajvédő lazításos művelés eredményeit, melyek között szintén jelentős eltérés volt a sávos művelés javára. A redukált lazításos művelés, a szántás és a talajvédő lazításos művelési módok egyiktől sem különbözött jelentősen, de a sávos művelés eredményét ez a művelési mód is meghaladta (4. ábra). 2021-ben ismét a szántás eredménye volt a legnagyobb (5,46 t/ha), ami jelentősen felülmúlta az összes többi művelési mód teljesítményét, de 10,37 t/ha-ral maradt el a 2020-as terméseredménytől. A leggyengébbnek a redukált lazítás és a sávos művelés mutatkoztak, amiket a talajvédő lazítás egyaránt megelőzött (4. ábra).

A 2021-ben a termesztett hibridtől függően 12–13 t/ha-ral alacsonyabb termésátlag volt mérhető, mint 2020-ban és a két vizsgált évben a hibridek terméseredmény szerinti rangsora is eltérően alakult. A legjobb terméseredmény 2020-ban a FAO 490-es hibridnél volt mérhető (16,18 t/ha), ami szignifikánsan nagyobb volt, mint a két másik vizsgált hibridé. Itt a FAO 380-as hibrid hozta a legkisebb terméseredményt, a terméskülönbség -1,3 t/ha volt a legjobb FAO 490-es hibridhez képest.

4. ábra. Az átlagos termésmennyiség értékei (t/ha; \pm SE) a különböző talajművelési rendszerekben a két vizsgált évben a kombájn által mért adatok alapján



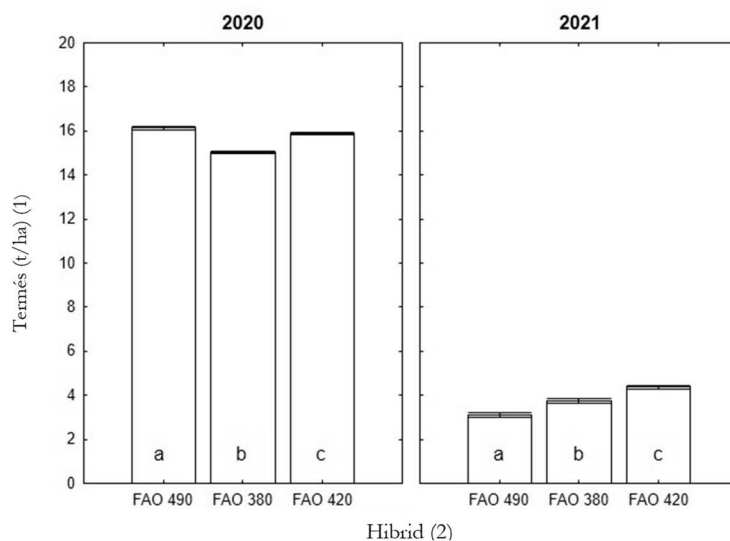
Megjegyzés: a kisbetűk a statisztikai különbségeket jelölik Mann-Whitney U-teszt alapján ($p < 0,05$).

Figure 4. Average yield values (t/ha; \pm SE) for the different tillage systems in the two examined years, based on harvester data. (1) Yield (t/ha), (2) Tillage, (3) Ploughing, (4) Reduced, (5) Soil conservation, (6) Strip, Note: small letters indicate statistical differences based on Mann-Whitney U-test ($p < 0.05$).

A 2021-es extrémén aszályos évben a FAO 420-as hibrid volt képes a legnagyobb (4,33 t/ha) terméseredményt elérni, ezt a FAO 380-as követte 0,6 t/ha-ral kisebb értékkel és végül ebben az évben a leghosszabb tenyészidejű hibrid mutatta a legkisebb terméseredményt (3,02 t/ha). A különbségek mindhárom esetben statisztikailag igazolhatók voltak (5. ábra).

A kukoricaszemek beltartalmi paramétereinek vizsgálatakor is sikerült a vizsgált tényezők hatását igazolni. A 2020-ban a szemek olaj- és keményítőtartalma között volt megfigyelhető szignifikáns különbség a művelési módok között, míg 2021-ben a szemek fehérjetartalmánál volt, az olaj- és a keményítőtartalom esetén nem volt statisztikai értelemben is kimutatható különbség.

5. ábra. Az átlagos termésmennyiség alakulása (t/ha; \pm SE) hibridenként külön értékelve a két vizsgált évben a kombájn által mért adatok alapján

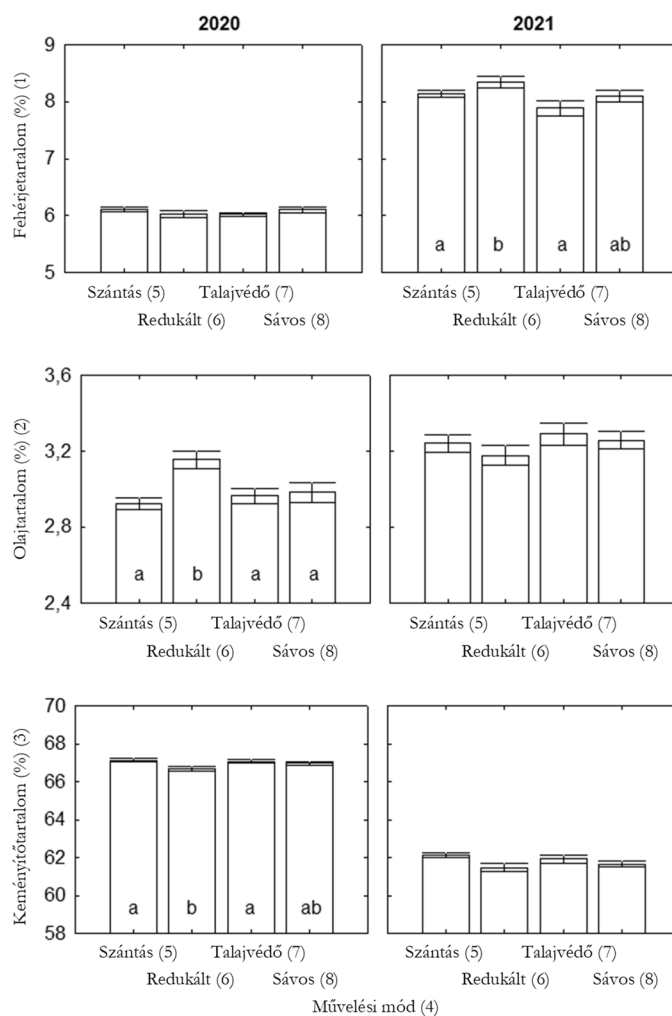


Megjegyzés: a kisbetűk a statisztikai különbségeket jelölik Mann-Whitney U-teszt alapján ($p < 0,05$).

Figure 5. Changes in the average yield (t/ha; \pm SE) per hybrid evaluated separately for the two examined years on the basis of the data measured by the harvester. (1) Yield (t/ha), (2) Hybrids, Note: small letters indicate statistical differences based on Mann-Whitney U-test ($p < 0.05$).

A kukoricaszemek beltartalmi paramétereinek vizsgálatokor is sikerült a vizsgált tényezők hatását igazolni. A 2020-ban a szemek olaj- és a keményítőtartalma között volt megfigyelhető szignifikáns különbség a művelési módok között, míg 2021-ben a szemek fehérjetartalmánál volt, az olaj- és a keményítőtartalom esetén nem volt statisztikai értelemben is kimutatható különbség. 2020-ban a szemek olajtartalma a redukált művelés esetén szignifikánsan nagyobb volt, mint a többi művelésben. A keményítőtartalomban a szántás, a talajvédő és a sávos művelés között nem alakult ki szignifikáns különbség, míg a redukált művelésben a szántástól és a talajvédő műveléstől jelentősen kisebb keményítőtartalmat tapasztaltunk (6. ábra).

6. ábra. A kukoricatermés mért átlagos beltartalmi értékei a különböző talajművelési rendszerekben a két vizsgált évben



Megjegyzés: a kisbetűk a statisztikai különbségeket jelölik Mann-Whitney U-teszt alapján ($p < 0,05$).

Figure 6. Measured average yields of maize under different tillage systems in the two examined years. (1) Protein content (%), (2) Oil content (%), (3) Starch content (%), (4) Tillage methods, (5) Ploughing, (6) Reduced, (7) Soil conservation, (8) Strip, Note: small letters indicate statistical differences based on Mann-Whitney U-test ($p < 0.05$).

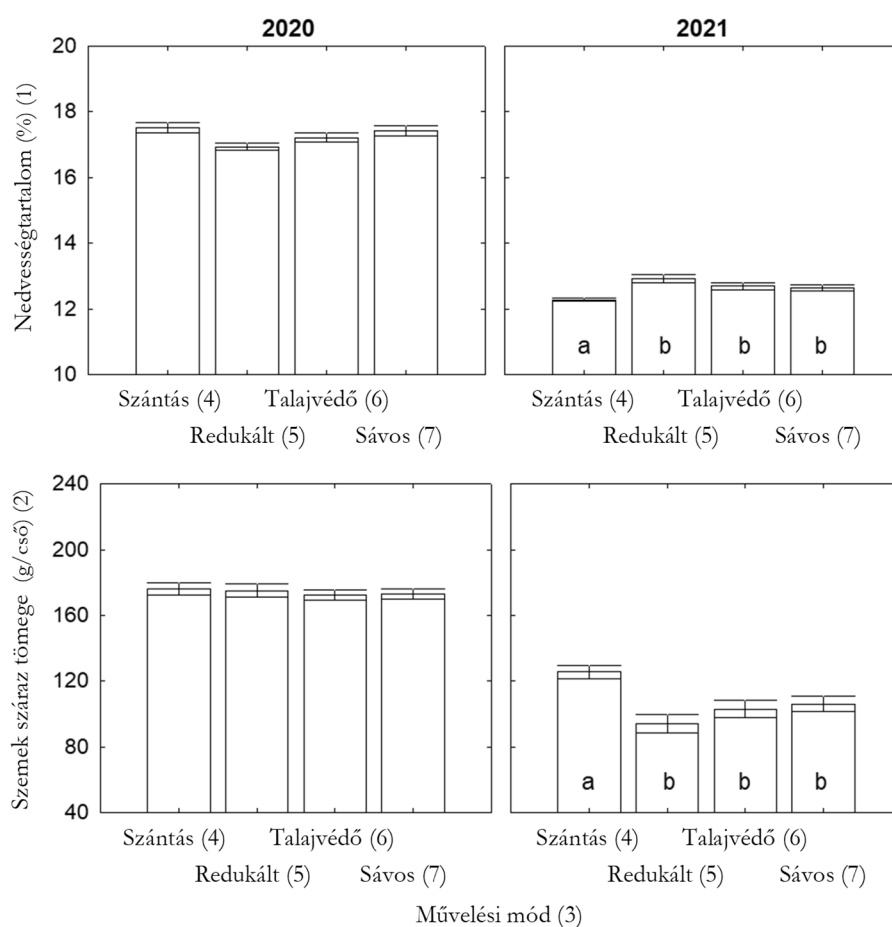
A 2021-ben a fehérjetartalom mutatott különbséget, ami 2020-as a 6% körüli értékről 8% körülire emelkedett, ami 30% feletti különbséget jelentett. A szántás és a talajvédő művelés jelentősen kisebb értéket ért el, mint a redukált művelés, míg a sávos művelésben közepes beltartalmi értéket tapasztaltunk, ami a többi kezeléstől jelentősen nem tért el. Az évjáratok között a keményítőtartalomban is komoly különbség volt mérhető (Mann-Whitney U: $p < 0,001$). 2020-ban mért 66% feletti keményítőtartalmakkal szemben 2021-ben 61–62% közti értékek voltak mérhetőek, ami 7–8%-os csökkenést jelentett 2020-hoz képest (6. ábra).

A szemek betakarításkor mért nedvességtartalma 2021-ben a szántás művelési módban jelentősen kisebb volt, mint a másik három művelési mód esetén. A gyakorlat szemszögéből a betakarításkori szemnedvesség mind a négy művelés esetén ideális volt ($< 14,5\%$). 2020-ban ebből a szempontból valós különbségek nem alakultak ki a művelésmódok között, 17% körüli értékekkel mind a négy művelési mód az ideálisnál nagyobb szemnedvesség volt mérhető a betakarításkor. A két évjárat között a különbség nagy volt, 2020-ban átlag 25%-kal kisebb szemnedvességgel lehetett betakarítani a kukoricát (7. ábra).

A csövekről lemorzsolts szemek száraz tömegénél 2021-ben szignifikáns különbségek alakultak ki a művelési módok között. A szántás esetén mért 120–130 g-os csövenkénti szemtömeggel szemben a többi művelésben 25–30%-kal alacsonyabb értékek voltak mérhetőek, ami így szignifikáns különbségnek bizonyult. A redukált, talajvédő és sávos művelés között nem volt jelentős különbség (7. ábra).

A talajművelési rendszerek termésmennyiségre és beltartalmi paraméterekre gyakorolt hatása mellett a különböző érési idejű hibridek közti különbségek is kimérhetőek voltak. A betakarításkor mért szemnedvességben 2021-ben jelentős különbségeket mértünk a hibridek között. A hosszabb tenyészidejű FAO 490-es hibrid jelentősen nagyobb nedvességtartalommal lett betakarítva, mint a másik két hibrid, melyek közt már nem volt mérhető szignifikáns eltérés. 2020-ban a termés nedvességtartalmára a hibridnek nem volt jelentős hatása (1. táblázat).

7. ábra. A kukoricatermés betakarításkor mért átlagos nedvességtartalma (%; $\pm SE$) és a szemek csövenként mért száraz tömegének átlaga (g/cső; $\pm SE$) művelés módoként a vizsgált években



Megjegyzés: a kisbetűk a statisztikai különbségeket jelölik Mann-Whitney U-teszt alapján ($p < 0,05$).

Figure 7. A kukoricatermés betakarításkor mért átlagos nedvességtartalma (%; $\pm SE$) és a szemek csövenként mért száraz tömegének átlaga (g/cső; $\pm SE$) művelés módoként a vizsgált években. (1) Moisture content (%), (2) Dry grain weight (g/ear), (3) Tillage methods, (4) Ploughing, (5) Reduced, (6) Soil conservation, (7) Strip, Note: small letters indicate statistical differences based on Mann-Whitney U-test ($p < 0.05$).

1. táblázat. A vizsgált hibridek esetén mért átlagos terméseredmények és beltartalmi értékek a vizsgált két évben külön-külön

	2020			2021		
	FAO 490	FAO 380	FAO 420	FAO 490	FAO 380	FAO 420
Nedvesség-tartalom (%) (1)	17,24 (±0,13)	17,27 (±0,13)	17,33 (±0,13)	13,32b (±0,10)	12,22a (±0,06)	12,30a (±0,05)
Szemek száraz tömege (g/cső) (2)	181,76b (±3,40)	168,98a (±2,69)	171,51a (±2,91)	112,61 (±4,75)	100,21 (±3,95)	109,41 (±4,24)
Fehérje-tartalom (%) (3)	6,04ab (±0,04)	6,12b (±0,04)	6,02a (±0,05)	8,09 (±0,09)	8,20 (±0,09)	8,08 (±0,09)
Olaj-tartalom (%) (4)	3,03 (±0,04)	2,98 (±0,03)	3,02 (±0,04)	3,04b (±0,05)	3,33a (±0,03)	3,37a (±0,04)
Keményítő-tartalom (%) (5)	67,01 (±0,09)	66,89 (±0,08)	66,99 (±0,08)	61,89 (±0,15)	61,72 (±0,16)	61,76 (±0,15)

Megjegyzés: a kisbetűk a statisztikai különbségeket jelölik Mann-Whitney U-teszt alapján ($p < 0,05$).

Table 1. Average yields and content values for the examined hybrids for each of the two studied years. (1) Moisture content (%), (2) Dry grain weight (g/ear), (3) Protein content (%), (4) Oil content (%) (5) Starch content (%), Note: small letters indicate statistical differences based on Mann-Whitney U-test ($p < 0.05$).

A szemek száraz tömegében 2020-ba alakult ki jelentős statisztikai különbség a hibridek között. A leghosszabb tenyészidejű hibrid esetén tapasztaltuk a legnagyobb csövenkénti szemtömeget, melynek értéke átlagosan 181,76 g/cső volt, ami jelentősen felülmúlta a másik két hibrid értékét. A FAO 380 és a FAO 420-as hibridek esetén mért értékek nem különböztek szignifikánsan (1. táblázat).

A kukoricaszemek beltartalmi mutatói közül a fehérje- és az olajtartalomnál voltak jelentős különbségek a hibridek között. 2020-ban a FAO 380-as hibridnél volt a legmagasabb az átlagos fehérjetartalom (6,12%), ami ugyan nem különbözött jelentősen a FAO 490-es hibridnél mért értéktől, de szignifikánsan nagyobb volt a FAO 420-as hibrid átlagos fehérjetartalmától (1. táblázat).

Az olajtartalom esetén 2021-ben volt mérhető jelentős különbség a vizsgált hibridek között. 3,37%-os olajtartalmával a FAO 420-as hibrid nem tért el jelentősen a FAO 380-tól, de a FAO 490-es hibrid olajtartalma mindkettőjükénél

statisztikailag is jelentősen, mintegy 10%-kal kisebbnek bizonyult (1. táblázat).

A keményítő tartalom esetén egyik évben sem tapasztaltunk jelentős eltéréseket a hibridek között (1. táblázat).

Következtetések

Vizsgálatunkban a tesztelt művelési módok és az eltérő évjáratok egyaránt jelentős mértékben hatottak a kukoricatermés mennyiségére és beltartalmi értékeire, csakúgy, ahogy a termesztett hibrid sajátosságai is jelentős hatást gyakoroltak az említett paraméterekre. Az időjárás hatását és a hibridek eltérő termőképességét természetesen már számos korábbi vizsgálat igazolta (*Hollinger és Changnon* 1994, *Széles és Nagy* 2013, *Nagy* 2021), azonban a különböző talajművelési rendszerek hatásáról mindeddig jóval kevesebb ismerettel rendelkezünk.

Eredményeink megerősítették *Dobos* (2009) megállapításait miszerint csapadékosabb évjáratban a hibridek vízleadó képessége is lassabb. A betakarításkor mért nedvességtartalom a csapadékosabb évjáratban a talajműveléstől és a termesztett hibridtől függetlenül nagyobb volt, a szemek lassabban adták le a nedvességüket. Száraz évjáratban a hibridek hatása jelentős, a rövidebb érési idejű hibridek gyorsabban voltak képesek leadni a nedvességet, mint a hosszabb érésidőbe tartozók. A talajművelési módok közül a szántás esetén tapasztaltuk a legkisebb szemnedvességet, de a különbség csak a száraz évjáratban jelentkezett.

A hibridek közt a csöveken mért szemek tömegében 2020-ban igazolható volt statisztikai különbség, azonban a talajművelési rendszerek hatása itt nem volt igazolható. Ezzel szemben 2021-ben a hibridek között nem volt igazolható különbség, míg a talajművelési rendszerek közül a szántás művelési módban a szemek tömege szignifikánsan meghaladta a másik három művelési módnál mért átlagokat. A 2021-ben mért adatok hasonlóak *Drimba és Nagy* (1998), *Rátonyi et al.* (2005) és *Sulyok* (2005) eredményeivel, azonban a 2020-ban mért eredményekkel ugyanezt nem sikerült alátámasztani. A vizsgálataink szerint a talajművelési rendszerek termésre gyakorolt hatását középtávú kísérletekkel lehet alátámasztani, ami számos hazai és külföldi kutató véleményével egybevág (*Wildman és Gowans* 1975, *Nyíri* 1981, *Neigi* 1982, *Birkás et al.* 1989, *Birkás és Szabó* 1992, *Nagy* 1995, 1996; *Pakurár* 1999).

A szemek beltartalmát tekintve magasabb fehérje- és olajtartalom volt mérhető a száraz évjáratban, míg ugyanekkor a szénhidráttartalom alacsonyabb értéket mutatott. A termésátlag és a fehérjetartalom közti negatív összefüggést már számos kutató igazolta (*Bálint* 1977, *Bhatia* és *Rabson* 1987, *Sander et al.* 1987, *Nagy* 2009, 2021). 2020-ban az olaj- és keményítőtartalom a redukált művelésben volt jelentősen magasabb. A fehérjetartalom szignifikánsan nagyobb volt a 2021-es szárazabb évjáratban a redukált művelésben. A beltartalmi mutatók és a növénytermesztési technológia összefüggései a *Széles* és *Nagy* (2013) által leírtakkal megegyező eredményt hozott.

A kombájn által dokumentált termésadatok alapján mind a két évjáratban a szántás művelési módban volt legnagyobb a terméseredmény, ami alátámasztja számos kutató korábbi eredményeit (*Drimba* és *Nagy* 1998, *Rátonyi et al.* 2005, *Sulyok* 2005). Az évjárat hatásai közül a csapadék mennyisége és eloszlása befolyásolta a legnagyobb mértékben a kukorica termésmennyiségét. A két évjáratot összehasonlítva 10,37 t/ha-ral magasabb terméseredményt értünk el a csapadékosabb 2020-as évben. Ekkor a hibridek közül a leghosszabb tenyészidejű statisztikailag is kiemelkedő termésátlagú volt (16,18 t/ha). Az aszályos 2021-es évben a rövidebb tenyészidejű hibridek bizonyultak jobbnak, ekkor a FAO 420-as hibrid bizonyult jobbnak (4,33 t/ha), ami 1,31 t/ha-ral haladta meg a FAO 490-es hibrid eredményét.

Bár munkánk során több vizsgált tényező esetén is sikerült összefüggést kimutatnunk, azonban azok csak részben támogatták a korábbi vizsgálatok eredményeit. Mivel jelentős évjárathatást tapasztaltunk, kijelenthető, hogy a vizsgált művelési rendszerek termésátlagokra gyakorolt hatása és az időjárás módosító hatásának vizsgálata további, legalább középtávú (4–6 éves), több ismétlést felvonultató adatsorok elemzésével vizsgálható. Eredményeink jó alapot szolgáltatnak az ilyen vizsgálatok tervezéséhez és kitekintést adnak azok várható eredményivel kapcsolatban is.

IRODALOM

- Bálint* A.: 1977. A kukorica jelene és jövője. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
Bhatia, C. R.–*Rabson*, R.: 1987. Relationship of Grain Yield and Nutritional Quality 11–44. [In: *Olson*, R. A.–*Frey*, K. J. (eds.) Nutritional Quality of Cereal Grains.] ASA. CSSA. Madison. Wisc. USA.

- Birkás, M.-Antal, J.-Dorogi, I.*: 1989. Conventional and reduced tillage in Hungary. A review. *Soil and Tillage Research*. 13. 3: 233–252.
- Birkás, M.-Szabó, L.*: 1992. Stubble cover-moisture conservation soil protecting tillage. *Interpraevent 1992. Protection of Habitat from Floods, Debris Flows and Avalanches*. Bern. Switzerland. Band. 4: 303–312.
- Dobos A.*: 2009. Eltérő genotípusú kukoricahibridek szemtermésének szárazanyag beépülés és vízleadás dinamikája. Doktori PhD értekezés. Debreceni Egyetem. Debrecen.
- Drimba P.-Nagy J.*: 1998. A talajművelés hatásának eredményei a kukoricatermesztésben a kockázat figyelembevételével. *Növénytermelés*. 47. 1: 59–70.
- FAO: 2019. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Gundel J.-Babinszky L.-Kemenes M.*: 1981. A silózással tartósított szemes kukorica takarmányértéke hízó sertések részére. *Állattenyésztés és takarmányozás*. Budapest. 30: 107–115.
- Harnos, Zs.*: 1996. Modelling crop response in Hungary. [In: Harrison et al. (eds.) *Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe*. Annual Report. Environmental Change Unit.] University of Oxford. 179–189.
- Harsányi, E.-Rátonyi, T.-Kiss, Cs.-Juhász, Cs.*: 2008. How dose maize-based bioethanol production contribute to energy production and employment in Hungary. [In: Koutev, V. (ed.) *13th Ramiran International Conference Potential for simple technology solutions in organic manure management*.] 323–326.
- Hegyi Zs.*: 2008. Minőség, évjárat és hibridválasztás összefüggései. *Az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének és Kísérleti Gazdaságának Közleményei*. 2: 16–18.
- Hegyi, Zs.-Pók, I.-Berzy, T.-Pintér, J.-Marton, L. Cs.*: 2008. Comparison of the grain yield and quality potential of maize hybrids in different FAO maturity groups. *Acta Agronomica Hungarica*. 56: 161–167.
- Hollinger, S. E.-Changnon, S. A.*: 1994. Response of Corn and Soybean Yields to Precipitation Augmentation and Implications for Weather Modification in Illinois. *Illinois State Water Survey*. Champaign. 4.
- Izsáki Z.*: 2006. A kukorica minőségorientált tápanyag-ellátása. *Szántó föld*. 10: 7–12.
- KSH: 2021. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0012.html (Letöltve: 2021. 12. 17.)
- Marton L. Cs.-Hadi G.-Pintér J.-Hegyi Zs.-Nagy E.-Spitkó T.-Szőke Cs.*: 2008. Kukorica: a jövő növénye. Sokhasznú kukoricahibridek, 2008. *Az MTA Mezőgazdasági Kutató intézetének és Kísérleti Gazdaságának Közleményei*. 1: 3–6.
- Megyes A.-Rátonyi T.-Nagy J.-Kovács M.*: 2002. A kukorica csökkentett menetszámú talajművelési technológiáinak értékelése talaj-és növényvizsgálatok alapján. *Acta Agraria Debreceniensis*. 2: 47–54.

- Nagy J.*: 1995. A talajművelés, a műtrágyázás, a növényszám és az öntözés hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. *Növénytermelés*. 44. 3: 252–260.
- Nagy J.*: 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Nagy J.*: 2009. A vetésidő hatása a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek terméshozamára és minőségére. *Növénytermelés*. 58. 2: 85–106.
- Nagy J.*: 2021. Kukorica: a nemzet aránya – élelmiszer, takarmány, bioenergia. Szaktudás Kiadó. Budapest.
- Nagy J.–Megyes A.*: 2009. A kukoricatermesztés kritikus agrotechnikai elemei. *Agrofórum Extra*. 32: 36–40.
- Nagy, J.*: 2008. Maize production: Food, bioenergy, forage. Akadémiai Kiadó. Budapest. 391.
- Neigi, S C.*: 1982. Hydraulic characteristics of conventionally and zero-tilled field plots. *Soil Tillage Res. Amsterdam*. 2. 3: 281–292.
- OECD FAO*: 2023. Crop production. <https://data.oecd.org/agroutput/crop-production.htm>
- Pakurár M.*: 1999. A talajművelési változatok és a növényszám hatása a kukorica termésére. XLI. Georgikon Napok. Keszthely.
- Prokszáné Paplogó Zs.–Harmati I.*: 1988. Kukoricahibridek keményítő-, fehérje- és olajtartalma. *Növénytermelés*. 37. 1: 17–26.
- Rátonyi T.–Ragán P.–Nagy J.–Harsányi E.*: 2018. A kukorica alapú bioetanol előállítás eredményességének vizsgálata. [In: Nagy J. (szerk.) Hangsúlyok a térfejlesztésben.] Debrecen. 355–369.
- Rátonyi, T.–Huzsvai, L.–Nagy, J.–Megyes, A.*: 2005. Evaluation of soil tillage systems in maize production. *Acta Agronomica Hungarica*. 53: 53–57.
- Sander, D. H.–Allaway, W. H.–Olson, R. A.*: 1987. Modification of nutritional quality by environment and production practices. [In: Olson, R. A.–Frey, K. J. (eds.) Nutritional quality of cereal grains.] ASA. CSSA. Madison. Wisc. USA. 45–82.
- Sharobeem, S. F.–Hidvégi M.–Simonné Sarkadi L.–László R.–Salgó A.*: 1986. A kukorica mint fehérje- és aminosavforrás. *Élelmezési Ipar*. 40. 8: 287–292.
- Sulyok D.*: 2005. Az alternatív talajművelési rendszerek eredményességének vizsgálata. PhD értekezés. Debrecen
- Széles A.,–Nagy J.*: 2013. A hazai kukorica minősége. *Debreceni Szemle Tudomány és Kultúra*. Debrecen és a régió tudományos műhelyeinek folyóirata. 12. 4: 204–210.
- Wildman, W. E.–Gowans, K. D.*: 1975. Soil physical environment and how it effects plant growth. Division of Agric. Sci. Univ. of California. Leaflet. 2280.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Kecskés István – Sojnóczki István
KITE Zrt.
Nádudvar
Bem József u. 1.
H-4181
*kecskes.istvan88@gmail.com

Dr. Nagy Antal
Debreceni Egyetem MÉK
Növényvédelmi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Dr. Nagy János
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

