

A KUKORICATERMÉS ALAKULÁSA A WESTSIK-FÉLE VETÉSFORGÓ TARTAMKÍSÉRLETBEN

Henzsel István¹ – Makádi Marianna¹ – Bogdányi Zsolt¹ – Almási Csilla¹ – Orosz Viktória¹ –
Demeter Ibolya¹

¹ Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, 4400 Nyíregyháza, Westsik Vilmos utca 4-6.,
henzsel6@gmail.com

<https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.09>

Bevezetés

A kukorica az egyik legjelentősebb szántóföldi növényünk. Sok gazdálkodó megélhetését biztosító, nagy területen termesztett gazdasági növényünk. Termőterülete azonban jelentősen csökkent az utóbbi időszakban: a korábbi 1 200 000 ha területről napjainkra lecsökkent 700 000 ha-ra (KSH 2026). A termőterület-csökkenés okaként elsősorban a kedvezőtlené váló időjárást említhetjük. Az egyenetlen eloszlású, csökkenő mennyiségű csapadék és az emelkedő hőmérséklet következtében csökken a hasznosítható víz mennyisége a növények számára. Az aszályos időszakok gyakoriságának és hosszának növekedése következtében a kukorica eredményes termesztése egyre bizonytalanabbá válik, különösen a gyenge víztartó képességű homoktalajokon. Publikációnk célja annak bemutatása, hogy egy alacsony humusztartalmú, savanyú kémhatású nyírségi homoktalajon napjainkban milyen eredménnyel lehet kukoricát termesztani különböző trágyázású vetésforgó rendszerekben.

Irodalmi áttekintés

A kukorica számára a humuszszegény, gyenge víztartó-képességű homoktalaj egyáltalán nem tekinthető ideálisnak, ugyanis nagy tápanyag- és vízigényét nem tudja kielégíteni. Kiegyenlített, nagy kukoricatermeszre elsősorban mélyrétegű, humuszban gazdag, középkötött vályogtalajon lehet számítani. Termeszthető az enyhén savanyú és az enyhén lúgos kémhatású talajokon is (5,8-8,0 pH), de a legmegfelelőbb a semleges kémhatásúhoz hasonló, 6,6-7,5 pH-jú talaj (Nagy-Sárvári, 2005). A talaj kémhatása befolyásolhatja a kukorica számára a felvehető tápelemek mennyiségét. A savanyú talajoldatban megnő a vas- és alumínium ionok mennyisége. A vas- és alumínium ionok a foszfátionokkal nehezen oldható vegyületeket képeznek, így a lekötődött P a kukorica számára felvehetetlenné válik. Savanyú talajban a mikroelemek jobban oldódnak (kivéve a molibdén), amely a kedvező tápelem-arányok felborulásához vezet. Egyes tápelemek nagy koncentrációja más tápelemek felvételét akadályozhatja, vagy az oldódás fokozódása akár toxikus mennyiség felvételéhez is vezethet. A talaj kémhatása a mikrobák tevékenységét is befolyásolja. A savanyú kémhatás akadályozza a nitrifikációt. A savanyú talajban csökken a talajkolloidok stabilitása, így romlik a talaj szerkezete és kedvezőtlené válik a talaj levegő- és vízgazdálkodása. A talaj tápanyag-szolgáltató képességét befolyásoló másik fontos talajtulajdonság a talaj humusztartalma. A kukoricanövények táplálása szempontjából a humusz jelentőségét az adja, hogy tartalék tápanyagot képez. A humuszban lévő tápanyagok biológiailag kötöttek, a kukoricanövények számára felvehetetlenek, azonban a mikroszervezetek lebontó tevékenysége folytán a tápelemek folyamatosan felvehetővé válnak. A szerves anyagok, a növényi maradványok, szerves trágyák nagymértékben hozzájárulnak a kukorica folyamatos tápellátásához. Ha csak a két makro elemet nézzük, a N-t és a P-t, akkor azt látjuk, hogy az összes N-nek 90-95%-a, míg a P-nak mintegy 50%-a van szerves kötésben (Loch, 1992). A kukorica a tápanyag-igényes növények közé tartozik. N és K igénye nagyobb, mint a P igénye. 1 t szemtermés és a hozzá tartozó szárrészek előállításához 28 kg N-t, 11 kg P₂O₅-t és 30 kg K₂O-t von ki a talajból (Antal, 1999). A hiányos tápanyag-ellátásra a kukorica érzékenyen reagál. N-hiány és K-hiány esetén is egyaránt alacsonyabbak lesznek a kukoricanövények, vékonyabbak lesznek a száruk és csökken a szemtermés (Nagy-Sárvári, 2005).

Dolgozatunkban bemutatjuk, hogy a Westsik-féle vetésforgó kísérletben alkalmazott trágyázási módok hatására hogyan alakult a kukoricanövények magassága, termésmennyisége,

szemnedvesség tartalma, valamint a kukoricacsövek hossza és ezerszemtömege. Vizsgáltuk, hogy milyen összefüggés van a kukorica fejlettsége, termése, terméslemei és a talaj kémhatása, humusztartalma, AL-oldható P_2O_5 és K_2O tartalma között.

Anyag és módszer

A kísérletet 1929-ben hozta létre Westsik Vilmos Magyarország keleti részén, a Nyírségben, a mai Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet területén. A kísérlet 15 vetésforgót foglal magába, melyek közül 14 hároméves és 1 négyéves (1. táblázat). Területe 12,42 ha. Talaja alacsony humusztartalmú (0,5-1%), savanyú kémhatású (pH_{KCl} 3,88-5,15), laza homoktalaj (K_A 27-29). A talaj mechanikai összetétele a következő: durvahomok frakció (0,25-1,00 mm) 1,1%, közepes homok frakció (0,05-0,25 mm) 91,0%, finom homok frakció (0,02-0,05 mm) 2,6%, iszap frakció (0,002-0,02 mm) 2,5% és az agyag frakció (<0,002 mm) aránya 2,8%. A kísérlet célja a homoktalaj termékenységének növelése. A tápanyagok utánpótlása szerves trágyázással (szalma-, istálló- és zöldtrágyázás) és NPK műtrágyázással történik. A kísérletben kalászos, kapás és hüvelyes növények termesztése történik. A kalászos növény a rozs, kapás növény a burgonya volt 2022-ig, majd ezt 2023-tól a kukoricára cseréltük. A vetésforgók mintegy felében csillagfürtöt is termesztünk, míg 2 vetésforgóban zabos búkköny van takarmánykeveréknek vetve.

Az I. vetésforgóban trágyázást nem alkalmazunk, azonban a talaj időszakosan, háromévente pihentetve van. A II. vetésforgóban fővetésű csillagfürt zöldtrágyázást, míg a VIII., XII., XIII., XIV. és XV. vetésforgókban másodvetésű csillagfürt zöldtrágyázást végzünk. A másodvetésű csillagfürt leszántása a XII. és XIV. vetésforgók esetében őszi, míg a VIII., XIII. és XV. vetésforgók esetében tavasszal történik. A csillagfürtöt a III. és VIII. vetésforgóban magtermesztés céljából, míg a IX. vetésforgóban zöldtakarmányozás céljából vetjük. Szalmatrágyázást 4 vetésforgó esetében alkalmazunk: a szalmát a IV. vetésforgóban erjesztés nélkül, mulcsként (3,5 t/ha), az V. vetésforgóban N műtrágyával erjesztve (11,3 t/ha), a VI. és VII. vetésforgóban vízzel erjesztve (26,1 t/ha) juttatjuk ki. Istállótrágyázás a X. és XI. vetésforgóban történik (26,1 t/ha). A szalmatrágya és az istállótrágya a vetésforgó ciklus elején, egy adagban kerül kijuttatásra.

1. táblázat. A Westsik-féle kísérlet vetésforgószakaszai és trágyakezelései

Vetésforgó	1. szakasz	2. szakasz	3. szakasz	4. szakasz
I.	Pallag	Rosz	Kukorica	
II.	Csillagfürt zöldtrágya + 63 kg/ha P_2O_5 +56 kg/ha K_2O	Rosz + 31 kg/ha P_2O_5 + 28 kg/ha K_2O	Kukorica + 43 kg/ha N	
III.	Csillagfürt + 63 kg/ha P_2O_5 + 56 kg/ha K_2O	Rosz +31 kg/ha P_2O_5 + 28 kg/ha K_2O	Kukorica + 43kg/ha N	
IV.	Rosz + 3,5 t/ha szalmatrágya + 65 kg/ha N + 47 kg/ha P_2O_5 + 56 kg/ha K_2O	Kukorica +43 kg/ha N +47 kg/ha P_2O_5 +28 kg/ha K_2O	Rosz	
V.	Rosz + 11,3 t/ha szalmatrágya + 65 kg/ha N + 47 kg/ha P_2O_5 + 56 kg/ha K_2O	Kukorica + 43 kg/ha N + 47kg/ha P_2O_5 + 28 kg/ha K_2O	Rosz	
VI.	Rosz + 26,1 t/ha szalmatrágya + 65 kg/ha N + 47 kg/ha P_2O_5 + 56 kg/ha K_2O	Kukorica + 43 kg/ha N + 47kg/ha P_2O_5 + 28 kg/ha K_2O	Rosz	
VII.	Rosz + 26,1 t/ha szalmatrágya	Kukorica	Rosz	

vetésforgó	1. szakasz	2. szakasz	3. szakasz	4. szakasz
VIII.	Csillagfürt + 32 kg/ha P ₂ O ₅ + 28 kg/ha K ₂ O	Rozs + csillagfürt zöldtrágya + 43 kg/ha N + 31kg/ha P ₂ O ₅ + 28 kg/ha K ₂ O	Kukorica + 31kg/ha P ₂ O ₅ + 28 kg/ha K ₂ O	Rozs + 43kg/ha N
IX.	Csillagfürt zöldtakarmány+ 63 kg/ha P ₂ O ₅ + 56 kg/ha K ₂ O	Rozs + 43 kg/ha N + 31 kg/ha P ₂ O ₅ + 28 kg/ha K ₂ O	Kukorica + 43 kg/ha N	
X.	Zabos bükköny + 26,1 t/ha istállótrágya	Rozs	Kukorica	
XI.	Zabos bükköny + 26,1 t/ha istállótrágya + 63 kg/ha P ₂ O ₅ + 56 kg/ha K ₂ O	Rozs + 31 kg/ha P ₂ O ₅ + 28 kg/ha K ₂ O	Kukorica + 43 kg/ha N	
XII.	Rozs zöldtakarmány + csillagfürt zöldtrágya + 63 kg/ha P ₂ O ₅ + 56 kg/ha K ₂ O	Rozs + 31 kg/ha P ₂ O ₅ + 28 kg/ha K ₂ O	Kukorica + 43 kg/ha N	
XIII.	Rozs + csillagfürt zöldtrágya + 43 kg/ha N + 32 kg/ha P ₂ O ₅ + 28 kg/ha K ₂ O	Kukorica + 31 kg/ha P ₂ O ₅ + 28 kg/ha K ₂ O	Rozs + 43 kg/ha N +31 kg/ha P ₂ O ₅ +28 kg/ha K ₂ O	
XIV.	Rozs + csillagfürt zöldtrágya + 43 kg/ha N + 32 kg/ha P ₂ O ₅ + 28 kg/ha K ₂ O	Kukorica + 31 kg/ha P ₂ O ₅ + 28 kg/ha K ₂ O	Rozs + 43 kg/ha N + 31kg/ha P ₂ O ₅ +28 kg/ha K ₂ O	
XV.	Rozs + csillagfürt zöldtrágya	Kukorica	Rozs	

A 15 vetésforgó közül 4 műtrágya nélküli (I., VII., X., XV.), míg 11 NPK műtrágyázásban is részesül. A N műtrágya adagja a vetésforgó ciklus alatt összesen 43 kg/ha (II., III., XI., XII.), 86 kg/ha (VIII., IX., XIII., XIV.) és 108 kg/ha (IV., V., VI.). A P és K műtrágya adagja a 11 műtrágyás vetésforgóban azonos: 94 kg/ha P₂O₅ és 84 kg/ha K₂O kerül kijuttatásra a vetésforgó ciklus alatt. A kísérletben a vetésforgók mindegyik szakasza elvetésre kerül minden évben.

A kukoricafajta a korai érésű SY Torino volt (FAO 340-360).

A talajvizsgálatokhoz a talajmintákat 2023-ban, a kukorica betakarítását követően, a felső 25 cm-es talajrétegből, 3 ismételtesben szedtük. A talaj pH értékének meghatározása az MSZ-08-0206-2:1978 2.1., a humusztartalmának meghatározása az MSZ 21470:1983 2., az AL-oldható P₂O₅ tartalmának meghatározása az MSZ-20135:1999 5.1. és 5.4. és az AL-oldható K₂O tartalmának meghatározása az MSZ-20135:1999 5.1. és 5.2. vizsgálati módszer szerint történt.

A kukoricatermés és a kukorica terméselemeinek vizsgálatához a 2023., a 2024. és a 2025. években, a betakarítás előtt mintaterületeket alakítottunk ki (1 fm/5 tő), megmértük a növények magasságát és letörtük a kukoricacsöveket. Megmértük a csövek hosszát, majd lemorzoltuk a kukoricát. Mértük a szemek nedvességtartalmát, a szemtermést és az ezerszemtömeget. A szemtermést és az ezerszemtömeget 14,5%-os nedvességtartalomra korrigáltuk. A vizsgálatokat 3 ismételtesben végeztük. Az adatok statisztikai értékeléséhez egytényezős varianciaanalízist alkalmaztunk (P<0,05), majd az átlagok összehasonlítására Tukey-tesztet használtunk. A paraméterek főátlagának számításához a 15 vetésforgó kísérletben mért adatokat átlagoltuk. Az összefüggések vizsgálatához Pearson-féle korrelációt alkalmaztunk.

Eredmények és értékelésük

A talaj pH értéke, humusztartalma, Al-oldható P₂O₅ és K₂O tartalma

A kálium-kloridos szuszpenzióban mért pH-érték 3,94-6,49 között alakult (2. táblázat). A pH-érték 4,5 alatti volt a II., III., VIII. és IX. fővetésű csillagfürt termesztéses, a IV. szalmatrágyás és a XIV. másodvetésű zöldtrágyás vetésforgóban. 4,5-5,0 közötti értéket mértünk az I. trágyázás nélküli, a VI. szalmatrágyás és a XII., XIII. és XV. másodvetésű zöldtrágyás vetésforgóban, míg a pH-érték 5,0 feletti volt az V. és VII. szalmatrágyás, valamint a X. és XI. istállótrágyás vetésforgóban.

A talaj kémhatása kevésbé volt savanyú az istállótrágyás vetésforgókban, mint a fővetésű zöldtrágyás vetésforgóban. A talaj kémhatását kedvezően befolyásolta az erjesztett szalmatrágya is. A fővetésű zöldtrágyás és az erjesztett szalmatrágyás vetésforgók talajának kémhatása közötti különbségek azonban nem voltak minden esetben jelentősek.

2. táblázat. A talajvizsgálati eredmények (átlag±szórás, 2023.)

Vetésforgó	pH(KCl)	Humusz (%)	AL-P ₂ O ₅ (mg/kg)	AL-K ₂ O (mg/kg)
I.	4,54±0,19 ^{abcde}	0,54±0,07 ^{bcd}	44±11 ^a	67±8 ^a
II.	4,09±0,08 ^{abcd}	0,38±0,02 ^a	128±13 ^{bc}	123±15 ^b
III.	4,07±0,02 ^{abc}	0,52±0,07 ^{bcd}	129±10 ^{bc}	84±6 ^{ab}
IV.	4,26±0,18 ^{abcd}	0,58±0,09 ^{cdef}	122±9 ^{bc}	78±9 ^{ab}
V.	6,49±0,65 ^f	0,73±0,04 ^g	126±23 ^{bc}	67±2 ^a
VI.	4,64±0,22 ^{bcd}	0,63±0,02 ^{defg}	121±18 ^{bc}	93±4 ^{ab}
VII.	5,12±0,24 ^e	0,43±0,04 ^{ab}	43±4 ^a	101±12 ^{ab}
VIII.	3,94±0,02 ^a	0,70±0,02 ^{fg}	113±12 ^{bc}	98±18 ^{ab}
IX.	4,05±0,04 ^{ab}	0,45±0,03 ^{ab}	116±6 ^{bc}	118±33 ^{ab}
X.	5,16±0,16 ^e	0,67±0,04 ^{fg}	142±10 ^{cd}	208±37 ^c
XI.	5,17±0,23 ^e	0,65±0,04 ^{efg}	303±13 ^e	194±25 ^c
XII.	4,71±0,13 ^{cde}	0,49±0,01 ^{abc}	161±15 ^d	81±21 ^{ab}
XIII.	4,71±0,18 ^{cde}	0,60±0,02 ^{cdef}	115±1 ^{bc}	84±14 ^{ab}
XIV.	4,28±0,11 ^{abcd}	0,59±0,02 ^{cdef}	104±13 ^b	80±18 ^{ab}
XV.	4,73±0,22 ^{de}	0,49±0,01 ^{abc}	33±7 ^a	72±9 ^{ab}
Átlag	4,66	0,56	120	103

A különböző betűindexek az átlagok közötti szignifikáns különbségeket jelölik (Tukey-teszt, P<0,05)

A talaj humusztartalma 0,56% volt a vetésforgók átlagában. A kisebb, a vetésforgók átlaga alatti humusztartalmakat az I. trágyázás nélküli, a VII. műtrágya nélküli szalmatrágyás, a XV. műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás, a II., III. és IX. fővetésű csillagfürt termesztéses+NPK műtrágyás, és a XII. másodvetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás vetésforgóban mértük, míg a nagyobb, a vetésforgók átlaga feletti humusztartalmakat a IV., V. és VI. szalmatrágyás+NPK műtrágyás, a VIII. fő- és másodvetésű csillagfürt termesztéses+NPK műtrágyás, a XIII. és XIV. másodvetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás, valamint a X. és XI. istállótrágyás vetésforgóban találtuk.

A talaj humusztartalma nagyobb volt istállótrágyázás hatására, mint szalmatrágyázás, vagy másodvetésű zöldtrágyázás hatására. A talaj humusztartalma nagyobb volt a szalmatrágya és a NPK műtrágya, valamint a másodvetésű zöldtrágya és a NPK műtrágya kombinációjának hatására is, mint a műtrágya nélküli szalmatrágyás, vagy a műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás kezelésben, azonban nem figyeltünk meg humusztartalom-növekedést az istállótrágya+NPK műtrágya kombinációjában a műtrágya nélküli istállótrágyás kezeléshez

viszonyítva. A növény szerkezet is befolyásolhatta a talaj humusztartalmát. A talaj humusztartalma többnyire nagyobb volt azokban a vetésforgókban, melyekben gyakrabban (2:1 arányban) szerepelt a rozs, mint azokban a vetésforgókban, melyekben 1:1 arányban volt a rozs, a kukorica és a csillagfűrt.

A talaj AL-oldható P_2O_5 tartalma 33-303 mg/kg között változott. Az AL-oldható P_2O_5 tartalom 50 mg/kg alatti volt a műtrágya nélküli I., VII. és XV. vetésforgókban, 100-150 mg/kg közötti volt a műtrágya nélküli istállótrágyás X., a zöldtrágyás+NPK műtrágyás II., VIII., XIII. és XIV., a szalmatrágyás+NPK műtrágyás IV., V. és VI., a csillagfűrt magtermesztés+NPK műtrágyás III. és a csillagfűrt zöldtakarmány-termesztés+NPK műtrágyás IX. vetésforgókban. 150-200 mg/kg közötti értéket mértünk a másodvetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás XII. vetésforgóban, míg 300 mg/kg feletti értéket az istállótrágyás+NPK műtrágyás XI. vetésforgóban mértünk.

A talaj könnyen oldható foszfortartalmát az istállótrágya jelentősen növelte a szalmatrágyázáshoz, vagy a zöldtrágyázáshoz képest. A szalmatrágyázás és a zöldtrágyázás hatását egymáshoz viszonyítva megállapítottuk, hogy nem okozott szignifikáns különbséget a talaj könnyen oldható foszfortartalmában. A talaj időszakos pihentetésével is el lehet érni hasonló AL-oldható P_2O_5 tartalmat a talajban, mint szalma-, vagy zöldtrágyázással. A kísérletben alkalmazott P műtrágya jelentősen növelte a talaj könnyen oldható foszfor tartalmát mindegyik szervesztrágya kombinációjában.

A talaj AL-oldható K_2O tartalma 67-208 mg/kg között alakult. A talaj AL-oldható K_2O tartalma a vetésforgók többségében (I., III., IV., V., VI., VIII., XII., XIII., XIV.) 67-100 mg/kg közötti volt. 100-130 mg/kg közötti értéket mértünk a II., VII. és IX. vetésforgókban, míg 130 mg/kg feletti értéket a X. és XI. vetésforgókban állapítottunk meg.

A talaj könnyen oldható káliumtartalmát a K műtrágya nem növelte szignifikánsan egyik szervesztrágyázási mód esetében sem. A talaj könnyen oldható káliumtartalmát az istállótrágya növelte jelentősen. A talaj AL-oldható K_2O tartalma szignifikánsan nagyobb volt istállótrágyázás hatására K műtrágya nélkül is, mint a K műtrágyával kiegészített szalmatrágyázás, vagy zöldtrágyázás esetében.

A kukoricanövények magassága

A kukoricanövények magassága 190-256 cm között alakult (3. táblázat). A kukorica 200 cm alatti volt a VII. műtrágya nélküli szalmatrágyás és a XV. műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A növények magassága 220-240 cm között változott a II., III. és IX. fővetésű csillagfűrt termesztés, a VIII., XII., XIII. és XIV. másodvetésű zöldtrágyás és a IV. erjesztés nélküli szalmatrágyás vetésforgókban. A kukorica 240 cm feletti volt az I. trágyázás nélküli, az V. és VI. erjesztett szalmatrágyás, valamint a X. és XI. istállótrágyás vetésforgókban.

A két legkisebb magasságú kukoricanövények a műtrágya nélküli szalmatrágyás és a műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás kezelések esetében fejlődtek. A kukorica fejlődését az istállótrágya, vagy a talaj pihentetése kedvezően befolyásolta. A kukorica jelentősen nagyobb volt a műtrágya nélküli istállótrágyás vetésforgóban és a parlagoltatott vetésforgóban is, mint a műtrágya nélküli szalmatrágyás, vagy másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A kijuttatott NPK műtrágya a szalmatrágyás és a zöldtrágyás vetésforgókban is egyaránt jelentősen segítette a növények fejlődését, azonban nem tapasztaltunk jelentős növény-növekedést az istállótrágya+NPK műtrágya hatására a műtrágya nélküli istállótrágyás kezeléshez képest. Ennek oka az lehetett, hogy az istállótrágyás vetésforgóban műtrágya nélkül is elegendő lehetett a tápanyag a növények vegetatív fejlődéséhez és a NPK műtrágyával pluszban kijuttatott tápanyag már nem eredményezett számottevő növény-növekedést. A szervesztrágyák NPK műtrágya kombinációjában is, egymástól eltérően befolyásolták a kukorica fejlődését. A kukorica növények jobban fejlődtek, magasabbra nőttek erjesztett szalmatrágya+NPK műtrágya és istállótrágya+NPK műtrágya hatására, mint a zöldtrágya+NPK műtrágya hatására. Három év átlagában a kukoricanövények az istállótrágyás+NPK műtrágyás kezelésben nőttek a legnagyobbra.

A kukoricatermés

A 14,5 %-os nedvességtartalomra korrigált kukoricatermés 7 t/ha alatti volt a VII. műtrágya nélküli szalmatrágyás vetésforgókban (3. táblázat). A szemtermés 7-9 t/ha között változott az I., X. és XV. műtrágya nélküli és a IX. csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses+NPK műtrágyás vetésforgóban. A termés 9-11 t/ha között mozgott a III. csillagfürt magtermesztéses, a IV. erjesztés nélküli szalmatrágyás és a XII. másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A kukoricatermés 11 t/ha feletti volt a II. fővetésű zöldtrágyás, az V. és VI. erjesztett szalmatrágyás, a XI. istállótrágyás és a VIII., XIII. és XIV. másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A kukoricatermés szignifikánsan is nagyobb volt a II., V. és VI. vetésforgókban, mint az I., VII., IX. és XV. vetésforgókban.

A legkisebb kukoricatermést a szalmatrágyázás eredményezte. A kukoricatermés egyaránt jelentősen emelkedett a másodvetésű zöldtrágyázás és az istállótrágyázás hatására is, és akkor is, ha a talajt periodikusan pihentettük. Az istállótrágyázás nagyobb kukoricatermést eredményezett, mint a másodvetésű zöldtrágyázás, azonban a két kezelés termése között nem volt szignifikáns különbség. A NPK műtrágya minden szevestrágyázási mód esetében növelte a kukoricatermést a műtrágya nélküliekhez viszonyítva. A NPK műtrágyás kezelések közül a legkisebb termést a csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses vetésforgóban takarítottuk be. A kukoricatermés emelkedett a csillagfürt magtermesztéses és a csillagfürt zöldtrágyás vetésforgókban is a csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses vetésforgóhoz képest, azonban a különbségek nem voltak minden esetben szignifikánsak. A kukoricatermést kedvezőbben befolyásolta az erjesztett szalmatrágya és a NPK műtrágya kombinációja, mint a mulcsként alkalmazott rozsszalma NPK műtrágyával kiegészítve. E kezelések esetében a terméskülönbségek meghaladták az 1 t/ha mennyiséget. A kukoricatermés az istállótrágyás+NPK műtrágyás kezeléshez viszonyítva a másodvetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás kezelésekben kisebb, míg a fővetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás és az erjesztett szalmatrágyás+NPK műtrágyás kezelésekben nagyobb volt, a különbségek azonban nem voltak szignifikánsak.

3. táblázat. A kukoricánövények magassága, a szemtermés és a kukorica terméselemei (átlag±szórás, 2023-2025.)

Vetésforgó	Növény-magasság (cm)	Termés (t/ha)	Szem-nedvesség (%)	Csőhossz (cm)	Ezerszem-tömeg (g)
I.	246±14 ^{cd}	7,67±2,48 ^b	17,37±2,80 ^{ab}	16,1±3,1 ^b	268±20 ^{bc}
II.	231±24 ^{bc}	11,87±1,46 ^{de}	17,43±3,51 ^{ab}	18,7±2,2 ^{de}	287±13 ^{cd}
III.	223±18 ^b	10,69±1,54 ^{bcde}	17,52±2,87 ^{ab}	18,9±1,6 ^e	287±13 ^{cd}
IV.	233±9 ^{bc}	10,02±1,77 ^{bcde}	17,40±3,11 ^{ab}	18,1±1,7 ^{cde}	293±21 ^{cde}
V.	247±28 ^{cd}	11,86±1,88 ^{de}	17,13±3,12 ^{ab}	18,1±2,5 ^{cde}	318±13 ^{def}
VI.	245±18 ^{cd}	12,55±2,19 ^e	19,07±3,13 ^{ab}	18,3±2,2 ^{de}	330±17 ^f
VII.	190±23 ^a	2,82±0,95 ^a	16,36±2,12 ^{ab}	10,4±2,1 ^a	223±26 ^a
VIII.	238±33 ^{bcd}	11,62±3,32 ^{cde}	19,04±3,65 ^{ab}	18,1±2,0 ^{cde}	327±22 ^f
IX.	234±33 ^{bc}	7,64±3,00 ^b	15,43±1,73 ^{ab}	16,4±2,4 ^b	241±21 ^{ab}
X.	253±32 ^d	8,47±3,09 ^{bcd}	14,90±1,44 ^a	16,4±2,1 ^b	264±42 ^{bc}
XI.	256±42 ^d	11,63±2,15 ^{cde}	16,23±3,03 ^{ab}	17,2±2,2 ^{bcd}	308±24 ^{def}
XII.	225±32 ^b	9,25±3,52 ^{bcde}	17,84±3,40 ^{ab}	16,7±2,7 ^{bc}	294±22 ^{cde}
XIII.	224±30 ^b	11,41±3,04 ^{cde}	19,11±4,11 ^{ab}	18,7±2,7 ^{de}	330±16 ^f
XIV.	224±21 ^b	11,53±2,61 ^{cde}	20,70±4,58 ^{ab}	19,0±2,5 ^e	323±13 ^{ef}
XV.	198±16 ^a	7,98±1,98 ^{bc}	19,94±4,81 ^b	15,8±2,6 ^b	290±26 ^{cde}
Átlag	231	9,80	17,70	17,1	292

A különböző betűindexek az átlagok közötti szignifikáns különbségeket jelölik (Tukey-teszt, $\pm P < 0,05$)

A kukorica szemnedvesség tartalma

A kukorica szemnedvesség tartalma 14,9-20,7% között alakult. A kukorica nedvességtartalma 17,0% alatti volt a VII., IX., X. és XI. vetésforgókban (3. táblázat). A nedvességtartalom 17,0-19,0% között változott az I., II., III., IV., V. és XII. vetésforgókban, míg 19,0% feletti volt a VI., VIII., XIII., XIV. és XV. vetésforgókban.

Kísérletünkben a legkisebb szemnedvesség tartalmat a műtrágya nélküli istállótrágyás vetésforgóban mértük. A nedvességtartalom alacsony volt abban az istállótrágyás vetésforgóban is, melyben NPK műtrágyázást is alkalmaztunk, valamint a műtrágya nélküli szalmatrágyás és a csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses+NPK műtrágyás vetésforgóban. A nagyobb szemnedvességű vetésforgók között többnyire másodvetésű zöldtrágyás vetésforgók helyezkedtek el, valamint az a vetésforgó, ahol a nagyobb adagú erjesztett szalmatrágyát NPK műtrágya kombinációjában juttattuk ki.

A kukoricatermés nedvességtartalma nemcsak a szárítási költség szempontjából fontos, hanem ez egy mutatószám is lehet arra vonatkozóan, hogy a kukorica fejlődési üteme hogyan alakult a vegetációs időszak folyamán. Megfigyeléseink szerint a kukorica azokban a kezeléseknél, melyekben gyorsabban fejlődött, hamarabb jelentek meg a generatív részek, korábban beérett, több idő állt rendelkezésre a vízleadásához, így a szemtermés nedvességtartalma kisebb volt betakarításkor, mint a lassabb ütemben fejlődők esetében. A kukorica fejlődési üteme az istállótrágyás kezelések esetében gyorsabb volt, korábban fejezte be a vegetációt, hamarabb kezdte el leadni a vizet a szem, mint a másodvetésű zöldtrágyás kezelések esetében. Berzsenyi (2009) a kukorica fejlődésének eltérését N-műtrágyázás hatására állapította meg. N-műtrágyázás hatására a kukorica növekedési sebessége és szárazanyag-akkumulációja megváltozott. A N-műtrágya adagok növelésével nőtt a kukorica növekedési sebessége. A kukorica növekedésének sebessége és szárazanyag felhalmozása a 160 kg/ha N-műtrágya adagig fokozódott, ettől nagyobb adagok esetében kismértékben csökkent. A növények N-felvételét a talaj N-ellátottsága és a növények N-szükséglete együtt határozta meg.

A szemnedvesség a trágyázási mód mellett kapcsolatban lehetett a kialakult termésmennyiséggel is. A szemnedvesség kicsi volt a legkisebb termésű műtrágya nélküli szalmatrágyás vetésforgóban, míg a nedvességtartalom nagy volt a nagyobb erjesztett szalmatrágya adagú+NPK műtrágyás vetésforgóban, mely a legnagyobb kukoricatermést eredményezte. Ennek oka az lehet, hogy a tápanyaggal gyengébben ellátott vetésforgóban a kukorica számára kevés volt a felvehető tápanyag, mely érését gyorsította, míg a tápanyaggal jobban ellátott vetésforgóban inkább kitolódott a tenyészidőszak, valamint a nagyobb termés, a nagyobb szemek lassabban adták le a vizet.

A kukoricacsövek hossza

A kukoricacsövek hossza 10,4-19,0 cm között változott. A legkisebb kukoricacsöveket a VII. műtrágya nélküli szalmatrágyás vetésforgóban mértük (3. táblázat). A kukoricacsövek a vetésforgók átlaga (17,1 cm) alattiak voltak a műtrágya nélküli I., X. és XV., valamint az NPK műtrágyás IX. csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses és a XII. őszi vetésű rozs takarmány-termesztéses+másodvetésű zöldtrágyás vetésforgóban. A kukoricacsövek hossza a vetésforgók átlagához hasonló volt a XI. istállótrágyás+NPK műtrágyás vetésforgóban, míg a vetésforgók átlaga felettiak voltak a IV., V. és VI. szalmatrágyás+NPK műtrágyás, a II. fővetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás, a III. csillagfürt magtermesztéses+NPK műtrágyás és a VIII., XIII. és XIV. másodvetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás vetésforgókban. A kukoricacsövek növekedését a műtrágyázás segítette. A kukoricacsövek fejlődését, növekedését kedvezőbben befolyásolta a NPK műtrágyával kombinált zöldtrágyázás, mint az istállótrágyázás, vagy a szalmatrágyázás.

A kukorica ezerszemtömege

A kukorica ezerszemtömege 223-330 g között alakult. A legkisebb kukoricaszemek a VII. műtrágya nélküli szalmatrágyás vetésforgóban fejlődtek (3. táblázat). A kukoricaszemek inkább kisebbek, a vetésforgók átlaga (292 g) alattiak voltak az I., X. és XV. műtrágya nélküli és a II., III. és IX. fővetésű csillagfűrt termesztéses+NPK műtrágyás vetésforgókban, míg inkább nagyobbak, a vetésforgók átlaga felettiek voltak a XI. istállótrágyás+NPK műtrágyás, a VIII., XII., XIII. és XIV. másodvetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás és a IV., V. és VI. szalmatrágyás+NPK műtrágyás vetésforgókban. A kukorica ezerszemtömegét az istállótrágya is és a másodvetésű zöldtrágya is jelentősen növelte a szalmatrágyázáshoz viszonyítva. A szervesztrágyák hatása változott NPK műtrágyával kombinálva a műtrágya nélküliekhez képest. A kukorica ezerszemtömege nagyobb volt az erjesztett szalmatrágyás+NPK műtrágyás kombinációban, mint az istállótrágyás+NPK műtrágyás kombinációban, és többnyire nagyobb volt a másodvetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás kombinációban is, mint ahol az istállótrágyát NPK műtrágyával egészítettük ki. A különbségek azonban nem voltak szignifikánsak.

A szemtermés, a kukoricanövények magassága és a termésalakok közötti összefüggések

A kukoricatermés összefüggése a szemnedvességgel pozitív, közepes ($r=0,401$), a növénymagassággal pozitív, közepes ($r=0,573$, $P<5\%$), a kukoricacsövek hosszával pozitív, igen szoros ($r=0,933$, $P<1\%$) és az ezerszemtömeggel pozitív, szoros ($r=0,883$, $P<1\%$) volt (4. táblázat). A szemnedvesség és az ezerszemtömeg közötti összefüggés pozitív, közepes volt ($r=0,671$, $P<1\%$). A növények magassága és a kukoricacsövek hossza közötti összefüggés pozitív, közepes ($r=0,531$, $P<5\%$) és a kukorica csövek hossza és az ezerszemtömeg közötti összefüggés pozitív, szoros ($r=0,768$, $P<1\%$) volt.

4. táblázat. A szemtermés, a kukoricanövények magassága és a kukorica termésalakjai közötti összefüggések korrelációs koefficiensei (r -értékek, * $P<5\%$, ** $P<1\%$)

Pearson-féle korreláció	Termés (t/ha)	Szemnedvesség (%)	Növénymagasság (cm)	Csőhossz (cm)	Ezerszem-tömeg (g)
Termés (t/ha)	1	0,401	0,573*	0,933**	0,883**
Szemnedvesség (%)	0,401	1	-0,333	0,388	0,671**
Növénymagasság (cm)	0,573*	-0,333	1	0,531*	0,343
Csőhossz (cm)	0,933**	0,388	0,531*	1	0,768**

A Westik-féle vetésforgó kísérletben a kukoricatermés mennyisége és a szemtermés nedvességtartalma között nem volt megbízható kapcsolat. Mind a kisebb, mind a nagyobb termések nedvességtartalma is egyaránt volt alacsonyabb és magasabb is. A kukoricatermés függött a növények fejlettségétől, a kukoricacsövek hosszától és az ezerszemtömegétől. Nagyobb volt a termés a magasabb, fejlettebb növények esetében és nagyobb volt a termés, ha nagyobbak voltak a kukoricacsövek és nagyobbak voltak a kukoricaszemek. A kukoricatermés sokkal jobban függött a kukoricacsövek hosszától és a szemek tömegétől, mint a növények magasságától. A szemek nedvességtartalma nagyobb volt a nagyobb szemek esetében. A kisebb szemek könnyebben leadhatták a vizet, mint a nagyobb szemek. Az összefüggés-vizsgálat eredményéből megállapíthatjuk azt is, hogy a magasabb növényeken hosszabb kukoricacsövek fejlődtek és a hosszabb kukoricacsöveken nagyobb szemek is képződtek.

A szemtermés, a kukoricanövények magassága, a termésalakok és a talajvizsgálati adatok közötti összefüggések

A kukorica növénymagasságát, termését és a termés elemeit (5. táblázat) a mért tartományban a talaj pH-értéke nem befolyásolta ($r=-0,261-0,168$). A kukorica növénymagasságának összefüggése a talaj humusztartalmával és a talaj AL-oldható P_2O_5 tartalmával pozitív, közepes volt ($r=0,623$, $P<5\%$, ill. $r=0,597$, $P<5\%$), és szintén pozitív, közepes volt a talaj AL-oldható K_2O tartalmával is, azonban ez az összefüggés nem volt statisztikailag igazolt ($r=0,442$). A

kukoricatermés összefüggése a talaj humusztartalmával és a talaj AL-oldható P_2O_5 tartalmával pozitív, közepes volt ($r=0,506$, ill. $r=0,505$), ezek a kapcsolatok azonban statisztikailag nem voltak igazoltak. A kukorica szemnedvessége és a talaj AL-oldható K_2O tartalma közötti összefüggés negatív, közepes volt ($r=-0,620$, $P<5\%$). A kukoricacsövek hossza laza kapcsolatban volt a vizsgált talajtulajdonságokkal. Az ezerszemtömeg és a talaj humusztartalma közötti összefüggés pozitív, közepes volt ($r=0,619$, $P<5\%$).

5. táblázat. A szemtermés, a kukoricanövények magassága, a kukorica terméselemei és a talajvizsgálati adatok közötti összefüggések korrelációs koefficiensei (r-értékek, * $P<5\%$)

Pearson-féle korreláció	pH (KCl)	Humusz (%)	P_2O_5 (mg/kg)	K_2O (mg/kg)
Növénymagasság (cm)	0,168	0,623*	0,597*	0,442
Termés (t/ha)	-0,063	0,506	0,505	-0,007
Szemnedvesség (%)	-0,261	0,086	-0,314	-0,620*
Csőhossz (cm)	-0,249	0,382	0,364	-0,103
Ezerszemtömeg (g)	0,050	0,619*	0,318	-0,214

Kísérletünkben a kukorica fejlődését, termésképzését a talaj pH-értéke nem befolyásolta jelentősen. Ennek oka az lehetett, hogy a talaj minden vetésforgó kísérletben savanyú kémhatású volt. A kukoricanövények magasságát és termésmennyiségét a talaj humusztartalma és könnyen oldható foszfortartalma jobban befolyásolta, mint a talaj könnyen oldható káliumtartalma. A nagyobb humusztartalom és a nagyobb felvehető foszfortartalom fejlettebb növényeket és nagyobb termést eredményezett. A talaj humusztartalma és könnyen oldható foszfortartalma megbízhatóbban befolyásolta a kukorica növények magasságát, mint a termésmennyiségét. A kukorica szemnedvessége kisebb volt azokon a területeken, ahol a talaj könnyen oldható káliumtartalma nagyobb volt. A kukoricaszemek tömegét a talaj humusztartalma jobban befolyásolta, mint a könnyen oldható foszfortartalma, vagy könnyen oldható káliumtartalma. A kukoricaszemek tömege nagyobb volt ott, ahol nagyobb volt a talaj humusztartalma.

Musa et al. (2024) vizsgálata alapján a kukorica fejlődését elsősorban a fajták tulajdonságai határozták meg. A kukorica fejlődését a különböző termesztéstechnológia befolyásolta, azonban a kezelések nem eredményeztek szignifikáns hatást minden növekedési tulajdonságra. A kukorica hozama szignifikánsan korrelált a növénymagassággal, az ezerszemtömeggel és a kukoricacsövek tömegével. A legszorosabb összefüggést a kukoricatermés és a kukoricacsövek tömege között állapították meg. Olusegum (2015) N és P műtrágyaadagok hatását vizsgálta kukorica kísérletében. A N és P műtrágya adagok növelésével nőtt a kukorica magassága, a szárának kerülete, a levélfelülete, a kukoricacsövek hossza, átmérője és a kukorica ezerszemtömege. A legnagyobb szemtermést 90 kg/ha N és 30 kg/ha P kombinációjának kijuttatásával érte el. Tampubolon et al. (2021) a műtrágyázás hatásának vizsgálatokor a legnagyobb kukorica növénymagasság-növekedést a N+P kezelésnél, míg a legnagyobb levél- és biomassza-növekedést az N+P+K kezelésnél tapasztalták. A kukoricanövekedést leginkább korlátozó tényező a N-trágyázás hiánya volt. Vári-Pepó (2011) kimutatta, hogy a műtrágyaadagok emelésével nőtt a kukorica magassága. Azonban kedvezőtlen hatásokat is megállapítottak. A műtrágyaadagok növelésének hatására nőtt a szárdőlés mértéke, az üszögfertőzés és a csőfuzárium-fertőzés mértéke is.

Több szerző is vizsgálta a kukorica szerves trágyázását. Bekeko (2014) istállótrágya (4-10 t/ha), N műtrágya (0-100 kg/ha) és P műtrágya (0-100 kg/ha) kezelések kombinációit vizsgálta. Eredményei alapján a leghatékonyabbnak a 4 t/ha istállótrágya+75 kg/ha N +60 kg/ha P műtrágyakezelés bizonyult. A kukoricatermés jelentősen nőtt és kihangsúlyozta, hogy ezzel a kombinációval a talajtermékenységet több évre úgy növelte, hogy a szerves trágyák költségeit csökkentette. Geng et al. (2019) a csirketrágya és tehéntrágya alkalmazhatóságát vizsgálták a műtrágya helyettesítésére. Bebizonyították, hogy az azonos tápelem-tartalmú szerves trágyák nemcsak képesek helyettesíteni a műtrágyákat, hanem kukoricatermés-növekedést is elértek a műtrágyázás kezelésekhöz képest. Wang et al. (2017) szerves trágyázással növelte a kukoricatermést és javította a kukorica vízhasznosítását is. A kukorica által termelt

biomassza a szárzártságra és szemtermésre történő eloszlása optimalizálódott, mely a harvest index enyhe növekedéséhez vezetett. Kukoricakísérletében a kukorica betakarítását követően nőtt a talaj szervesanyag-tartalma, az összes N-tartalma és a felvehető P-tartalma. Shah et al. (2023) kukorica kísérletében a szervesanyagok (istállótrágya, baromfitrágya) jelentősen növelték a kukoricatermést súlyos aszály mellett is. A szervesanyagok növelték a talaj porózitását, csökkentették a talaj térfogatsűrűségét, így növelték a kukorica tápanyagfelvételét. Megfigyelték azt is, hogy a szervesanyagok segítették a kukoricánövénynek az antioxidánsok (SOD, POD, CAT) termelését, amellyel tudta mérsékelni az aszály káros hatásait. Opala et al. (2015) eredményei alapján N-forrásként a karbamidot egyaránt helyettesítheti a zöldtrágya (*Tithonia diversifolia*) és az istállótrágya. A kukorica hozamok növelésében ugyanolyan hatékonyan találta a zöldtrágyát is és az istállótrágyát is, mint a karbamidot. Azt hogy, melyik N-forrást használják tápanyag-utánpótlás céljából, az gazdasági megfontoláson alapszik. Gao et al. (2024) kísérletében a zöldtrágyák javították a N és a P hasznosulását, melyek következtében nőtt a kukoricatermés. A zöldtrágyánövények hatása azonban eltérő volt. A nem hüvelyes növények alig befolyásolták a szemtermést, míg a hüvelyes növények jelentősen növelték a kukoricatermést. A legnagyobb termésnövekedést lucernával érték el. Song et al. (2024) kísérletében szalmakezelések hatásait vizsgálták a kukoricatermésre. Eredményeik alapján a szalma elsődleges hatása nem, mint tápanyagforrás, hanem a talaj hidrotermikus környezetének befolyásolása volt. A szalmatakarással csökkent a talaj hőmérséklete és javult a talaj vízháztartása a hagyományos műveléshez képest. A szalma beforgatása pedig csökkentette a N-műtrágyavesztességet és javította a N-műtrágya hasznosulását. Ezek a hatások a kukorica hozam szignifikáns növekedését eredményezték.

Az irodalmak alátámasztják kísérleti eredményeinket, melyek szerint a kukorica a trágyázásra érzékenyen reagál. A kukoricatermést leginkább meghatározó két makrotápelem a N és a P. A kukorica tápanyag-utánpótlására a műtrágyák mellett a szerves trágyák is jól alkalmazhatók. A szerves trágyák nemcsak tápanyagforrásként szolgálnak, hanem a környezet befolyásolása révén a tápelemek hasznosulását is segítik. A trágyákkal növeltük a talajban a felvehető tápelemek mennyiségét, amelyek segítik a kukorica ásványi elem-asszimilációját. A kedvezőbb tápelemellátás következtében a kukorica több szervesanyagot tud képezni, jobban fejlődik, nagyobbak lesznek a kukoricánövények, nagyobb lesz az asszimilációs felülete. Fokozódik a fotoszintézis, mely során több széndioxidot köt meg, nagyobb mennyiségű szervesanyagot képez, így nagyobb csöveket tud nevelni, nagyobbak lesznek a kukoricaszemek és emelkedik a kukorica szemtermése.

Következtetések

A Westsik-féle vetésforgó kísérletben alkalmazott trágyázási módok befolyásolták a talajtulajdonságokat. A talaj kémhatása kevésbé volt savanyú az istállótrágyás vetésforgókban, mint a fővetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A talaj humusztartalmát az istállótrágya jobban növelte, mint a szalmatrágya, vagy a zöldtrágya. A talaj humusztartalmát növelte a NPK műtrágya is a szalmatrágyás és a másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban, azonban nem növelte az istállótrágyás vetésforgókban. A talaj felvehető foszfortartalmát az istállótrágya és a P műtrágya egyaránt jelentősen növelte. A talaj felvehető káliumtartalmát az istállótrágya kiemelkedően emelte, míg a K műtrágya alig befolyásolta.

A trágyázási módok jelentősen befolyásolták a kukoricánövények fejlődését, a termések mennyiségét és a kukorica terméselemeinek alakulását. A kukorica vegetatív fejlődését az istállótrágya kedvezőbben befolyásolta, mint a szalmatrágya, vagy a zöldtrágya. A növények magasabbak voltak az istállótrágyás kezelésben, mint a szalmatrágyás, vagy a zöldtrágyás kezeléseknél. A növények magasságát jelentősen növelte a NPK műtrágya a szalmatrágyás és a másodvetésű zöldtrágyás kombinációkban, azonban az istállótrágya mellé kiadott NPK műtrágya nem emelte számottevően a kukorica magasságát a műtrágya nélküli istállótrágyás kezeléshez képest.

A kukoricatermést jelentősen növelte az istállótrágyázás is és a másodvetésű zöldtrágyázás is a szalmatrágyázáshoz viszonyítva. Az NPK műtrágya termésnövelő hatása mindegyik

szervestrágyázási mód esetében jelentős volt. A legnagyobb termést az erjesztett szalmatrágya és NPK műtrágya kombinációja eredményezte.

A kukoricaszem nedvességtartalmát befolyásolta a trágyázás. Jellemzően a szem nedvességtartalma nagyobb volt a nagyobb termések esetében, míg a kisebb termések esetében a szem nedvességtartalma inkább alacsonyabb volt. Azok a kezelések, melyek növelték a termést, többnyire emelték a szemtermés nedvességtartalmát is. Ezen kívül azt is megállapítottuk, hogy a trágyázási módok eltérő hatással lehettek a kukoricaszem nedvességtartalmára. A kukoricatermés nedvességtartalma alacsonyabb volt az istállótrágyás kezelésekben, mint a másodvetésű zöldtrágyás kezelésekben, függetlenül attól, hogy a termésmennyiség milyen nagy volt.

A kukoricacsövek hosszát is befolyásolta a trágyázás. A kukoricacsövek fejlődését jobban segítette az istállótrágya, vagy a másodvetésű zöldtrágya, mint a szalmatrágya. E mellett a NPK műtrágya hosszabb kukoricacsöveket eredményezett, mint a műtrágya nélküli kezelések. NPK műtrágyával kiegészítve szalmatrágyával is elértünk hasonló nagyságú kukoricacsöveket, mint az istállótrágyázással, vagy a zöldtrágyázással.

A kukorica ezerszemtömegét jobban növelte a másodvetésű zöldtrágya, vagy az istállótrágya, mint a szalmatrágya. NPK műtrágyázás hatására nőtt a kukoricaszemek tömege. A kukoricaszemek tömege közötti különbségek azonban csökkentek a szervestrágyák és a NPK műtrágya kombinációiban, és hasonló ezerszemtömegű volt a kukorica a szalmatrágyás+NPK műtrágyás, az istállótrágyás+NPK műtrágyás, vagy a zöldtrágyás+NPK műtrágyás kezelésekben.

A kukoricatermés összefüggésben volt a növények magasságával, a kukoricacsövek hosszával és az ezerszemtömeggel. A vizsgált tulajdonságok közötti összefüggés erőssége azonban eltérő volt. A kukoricatermés sokkal jobban függött a kukoricacsövek hosszától és a szemek tömegétől, mint a növények magasságától.

A kukorica jobban fejlődött, magasabbra növekedett, nagyobb termést adott azokban a vetésforgó kísérletekben, melyekben nagyobb volt a talaj humusztartalma és felvehető foszfortartalma. A kukoricatermés és a talaj felvehető káliumtartalma között lazább volt a kapcsolat, mint a felvehető foszfortartalom esetében.

Összefoglalás

A kukorica tápanyagigényes növény. A megfelelő fejlődéséhez szükséges tápanyagok biztosítása nagyobb feladat egy alacsony humusztartalmú, savanyú kémhatású homoktalajon, mint egy humuszban gazdag, középköttő vályogtalajon. Publikációnkban elemeztük, hogy a nyírségi homoktalajon milyen kukoricatermést lehet elérni különböző trágyázású vetésforgó rendszerekben. Vizsgáltuk az összefüggéseket a kukorica magassága, termése, terméslemelei és a talaj kémhatása, humusztartalma, AL-oldható P_2O_5 és K_2O tartalma között. A vizsgálatokat a Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben végeztük, mely a Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet területén helyezkedik el (GPS: 47,978699, 21,702075). Talaja alacsony humusztartalmú (0,5-1%), savanyú kémhatású (pH_{KCl} 3,88-5,15), laza homoktalaj. A tápanyagok utánpótlása szalma-, istálló- és zöldtrágyázással és NPK műtrágyázással történik. A kísérlet 15 vetésforgót foglal magába. A vetésforgó kísérletekben termesztett kukoricafajta a korai érésű SY Torino volt (FAO 340-360).

A kukoricánövények magasabbak voltak istállótrágyázás hatására, mint szalma-, vagy zöldtrágyázás hatására. A NPK műtrágya elsősorban a szalmatrágyás és a másodvetésű zöldtrágyás kombinációban növelte jelentősen a növények magasságát. A kukoricatermés egyaránt jelentősen nagyobb volt az istállótrágyás és a másodvetésű zöldtrágyás kezelésekben, mint a szalmatrágyás kezelésben. A NPK műtrágya termésmenvelő hatása a különböző szervestrágyázási módok esetében eltérő volt. A legnagyobb termésmenvekedés az erjesztett szalmatrágya és NPK műtrágya kombinációjában keletkezett. A kukoricatermés sokkal jobban függött a kukoricacsövek hosszától és a szemek tömegétől, mint a növények magasságától. A kukorica jobban fejlődött, magasabbra növekedett, nagyobb termést adott azokban a vetésforgó kísérletekben, melyekben nagyobb volt a talaj humusztartalma és a felvehető foszfortartalma. A

kukoricatermés és a talaj felvehető káliumtartalma között lazább volt a kapcsolat, mint a termés és a felvehető foszfortartalom között.

Kulcsszavak: homoktalaj, szerves trágyázás, NPK műtrágyázás, kukorica terméselemek, talajkémiai tulajdonságok

Köszönetnyilvánítás: A szerzők köszönik a Syngenta Magyarországnak a DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet tartamkísérleteihez szükséges Torino kukoricahibrid vetőmagjának biztosítását, ezzel a kísérletek fenntartásának támogatását.

Irodalom

Antal, J. (1999). A szántóföldi növények trágyázása. In: Tápanyag-gazdálkodás. Szerk. Füleky, Gy. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 295-366.

Bekeko, Z. (2014). Effect of enriched farmyard manure and inorganic fertilizers on grain yield and harvest index of hybrid maize (bh-140) at Chiro, eastern Ethiopia. African Journal of Agricultural Research, 9(7), 663-669.
<https://doi.org/10.5897/AJAR12.2241>

Berzsenyi, Z. (2009). A nitrogén műtrágyázás hatásának vizsgálata a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek növekedésére Richards-függvénnyel. Növénytermelés, 58(2) 5-21.
<https://doi.org/10.1556/novenyterm.58.2009.2.1>

Gao, X., He, Y., Chen, Y., & Wang, M. (2024). Leguminous green manure amendments improve maize yield by increasing N and P fertilizer use efficiency in yellow soil of the Yunnan-Guizhou Plateau. Frontiers in Sustainable Food Systems, 8, 1369571.
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1369571>

Geng, Y., Cao, G., Wang, L., & Wang, S. (2019). Effects of equal chemical fertilizer substitutions with organic manure on yield, dry matter, and nitrogen uptake of spring maize and soil nitrogen distribution. PloS one, 14(7), e0219512.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219512>

KSH (Központi Statisztikai Hivatal) (2026). https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0012.html

Loch, J. (1992). Agrokémia. In: Agrokémia és növényvédelmi kémia. Szerk. Loch, J., – Nosticzius, Á. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 15-210.

Musa, Y., Farid, M., Iswoyo, H., Adzima, A. F., Anshori, M. F., & Arief, R. (2024). Evaluation of cultivation technology package and corn variety based on agronomy characters and leaf green indices. Open Agriculture, 9(1), 20220371
<https://doi.org/10.1515/opag-2022-0371>

Nagy, J., Sárvári, M. (2005). Kukorica. In: Növénytermesztés I. A növénytermesztés alapjai. Gabonafélék. Szerk. Antal, J. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 252-284.

Olusegun, O. S. (2015). Nitrogen (N) and phosphorus (P) fertilizer application on maize (*Zea mays* L.) growth and yield at Ado-Ekiti, South-West, Nigeria. American Journal of Experimental Agriculture 6(1), 22-29.
DOI: [10.9734/AJEA/2015/12254](https://doi.org/10.9734/AJEA/2015/12254)

Opala, P. A., Kisinyo, P. O., & Nyambati, R. O. (2015). Effects of Tithonia diversifolia, farmyard manure and urea, and phosphate fertiliser application methods on maize yields in western Kenya. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS), 116(1), 1-9.

Shah, I. N., Wright, D. L., Hussain, S., Koutroubas, S. D., Seepaul, R., George, S., Ali, S., Naveed, M., Khan, M., Altaf, M. T., Ghaffor, K., Dawar, K., Syed, A., & Eswaramoorthy, R. (2023). Organic fertilizer sources improve the yield and quality attributes of maize (*Zea mays* L.) hybrids by improving soil properties and nutrient uptake under drought stress. Journal of King Saud University-Science, 35(4), 102570. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102570>

Song, F., Liu, M., Zhang, Z., Qi, Z., Li, T., Du, S., Li, A., & Liu, J. (2024). No-tillage with straw mulching increased maize yield and nitrogen fertilizer recovery in northeast China. Agricultural Water Management 292, 108687.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108687>

Tampubolon, K., Azmi, B. F., Tamba, P. A., Lestari, A. W., Kamaruddin, K., Lestari, E., & Ginting, T. S. (2021). Fertilization the omission one test as determination limiting factors for maize biomass (*Zea mays* L.). Agrinula: Jurnal Agroteknologi dan Perkebunan. 4(2), 94-105.
<https://doi.org/10.36490/agri.v4i2.154>

Fenntartható Tájgazdálkodási Tudományos Műhely Konferenciája 2026
Innovatív megoldások a XXI. század mezőgazdaságában

Vári, E., Pepó, P. (2011). Az agrotechnikai tényezők hatása a kukorica agronómiai tulajdonságaira tartamkísérletben. Növénytermelés, 60(4), 115-130.
<https://doi.org/10.1556/novenyterm.60.2011.4.6>

Wang, X., Ren, Y., Zhang, S., Chen, Y., & Wang, N. (2017). Applications of organic manure increased maize (*Zea mays* L.) yield and water productivity in a semi-arid region. Agricultural water management 187, 88-98.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2017.03.017>

EVALUATION OF THE MAIZE YIELD IN THE WESTSIK'S CROP ROTATION LONG-TERM EXPERIMENT

¹István Henzsel, ¹Marianna Makádi, ¹Zsolt Bogdányi, ¹Csilla Almási, ¹Viktória Orosz,
¹Ibolya Demeter

¹Research Institute of Nyíregyháza, IAREF, University of Debrecen, Westsik Vilmos u. 4–6,
H–4400 Nyíregyháza, Hungary
henzsel6@gmail.com

Summary

Maize is a nutrient-demanding plant. Providing the nutrients necessary for its proper development is a greater task on a sandy soil with a low humus content and an acidic pH than on a humus-rich, moderately hard loamy soil. In our publication, we analyzed the corn yield can be achieved on the sandy soil of Nyírség in crop rotation systems with different fertilization. We examined the relationships between the height, yield, yield components of maize and the pH, humus content, AL-soluble P₂O₅ and K₂O content of the soil. The studies were carried out in the Westsik's crop rotation long-term field experiment, which is located on the field of the Research Institute of Nyíregyháza, IAREF, University of Debrecen (GPS: 47,978699, 21,702075). The soil is low in humus (0.5-1%), acidic (pH_{KCl} 3.88-5.15), loose sandy soil. Nutrients are supplied by straw, farmyard and green manure and NPK fertilization. The experiment includes 15 crop rotations. The maize variety grown in the crop rotation experiments was the early maturing SY Torino (FAO 340-360).

Maize plants were taller under farmyard manure than under straw or green manure. NPK fertilizer significantly increased plant height, especially in the combination of straw and second-crop green manure. Maize yield was significantly higher in both farmyard manure and second-crop green manure treatments than in the straw manure treatment. The yield-increasing effect of NPK fertilizer was different for different organic fertilization methods. The greatest yield increase was obtained in the combination of fermented straw manure and NPK fertilizer. Maize yield depended much more on the length of maize cobs and the weight of grains than on the height of the plants. Maize developed better, grew taller, and yielded more in those crop rotation experiments in which the humus content and available phosphorus content of the soil were higher. The relationship between maize yield and soil available potassium content was weaker than that between yield and soil available phosphorus content.

Keywords: sandy soil, organic fertilization, NPK fertilization, yield components of maize, soil chemical properties