

Az aszály hatása az őszi búza termésére hagyományos és redukált művelési mód mellett a Nagykunságban

^{1,2}ASBOLT GERGŐ – ²LOUJAINÉ SEDDIK – ²SEREN ZEDAN –

¹VARGA KRISZTINA – ¹CSÍZI ISTVÁN – ¹ZSIGRAI GYÖRGY – ¹TUBA GÉZA –

³KOVÁCS GYÖRGYI – ¹ZSEMBELI JÓZSEF

¹MATE Nemzeti Éghajlat- és Tájkutató Központ, Karcag

²MATE Agrár- és Élelmiszertudományok Doktori Iskola, Gödöllő

³Debreceni Egyetem MÉK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Jelen tanulmányunkban a redukált és a hagyományos (konvencionális) művelés terméshozamra gyakorolt hatását vizsgáltuk őszi búza jelzőnövényen a 2021/2022-es, rendkívül aszályos tenyészidőszakban Karcagon. Vizsgálatunk a helyi talajművelési tartamkísérlet keretein belül valósult meg, ahol a kísérlet redukált művelésű részén 1997 óta forgatás nélküli, lazításos alapművelésen, valamint mulcsművelésen alapuló talajművelés folyik. A kísérlet helyszínének talaja agyagos vályog textúrájú, mélyben sós réti csernozjom talaj. A kísérlet négy ismétlésben, mezoparcellás (1890 m²) méretekből került kivitelezésre. Eredményeink értékelésénél figyelembe vettük a legfontosabb helyi meteorológiai adatokat, azaz a csapadékösszegeket és hőmérsékleti adatokat, a potenciális evapotranszpiráció (PET) mértékét, melyekből klimatikus vízmérleget (CWB) számítottunk. Meghatároztuk a legfontosabb leíró statisztikai paramétereket, majd (pozitív) homogenitásvizsgálatot követően egytényezős varianciaanalízist futtattunk le, melyek alapján a redukált művelés 4,45 (±0,10) t/ha kísérleti átlaggal p<0,05 szinten szignifikáns mértékben felülmúlta a hagyományos, forgatáson alapuló műveléssel kapott termésátlagot 3,62 (±0,29) t/ha. A meteorológiai adatok feldolgozása és értékelése során megállapítottuk, hogy a vizsgálati tenyészidőszak őszi búza termesztés szempontjából Karcagon rendkívül aszályos volt, különösképp a kritikus tavaszi vegetatív, de még inkább a reprodukív szakaszban, mely felerősítette a redukált és a szántáson alapuló hagyományos művelési eljárások közötti talajvízháztartásra gyakorolt hatásból eredő

különbségeket. Ezen eredményeink alapján megerősítettük a redukált művelés eddig leírt talajnedvesség-megőrző hatását, továbbá megállapítottuk, hogy aszályos évjáratban őszi búza termesztése során szignifikáns terméstöbblet érhető el redukált műveléssel.

Kulcsszavak: aszály, őszi búza, tájfajta, terméshozam, redukált művelés

The impact of drought on winter wheat yield under conventional and reduced tillage systems in the Nagyunság region

^{1,2}G. ASBOLT – ²L. SEDDIK – ²S. ZEDAN –
¹K. VARGA – ¹I. CSÍZI – ¹G. ZSIGRAI – ¹G. TUBA –
³G. KOVÁCS – ¹J. ZSEMBELI

¹Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, National Research Centre for Climate and Regional Land Management, Karcag

²Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Doctoral School of Agricultural and Food Sciences, Gödöllő

³University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Water and Environmental Management, Debrecen

Summary

In the present study, the effects of reduced and conventional tillage on the grain yield of winter wheat were investigated during the extremely dry 2021/2022 growing season in Karcag, Hungary. The research was conducted within the framework of the local long-term soil tillage experiment, where the reduced tillage plots have been managed since 1997 using non-inversion, loosening-based primary tillage and mulch farming. The soil of the experimental site is a clayey loam textured, deep-saline meadow chernozem. The experiment was carried out in four replications on meso-plots (1890 m²). For the evaluation of the results, key local meteorological data were considered, including precipitation totals, temperature data, and potential evapotranspiration (PET), from which the climatic water balance (CWB) was calculated. Descriptive statistical parameters were determined, and following a (positive) homogeneity test, a one-way analysis of variance (ANOVA) was performed. Based on the results, reduced tillage

achieved an experimental average of $4.45 (\pm 0.10) \text{ t ha}^{-1}$, significantly outperforming ($p < 0.05$) the conventional, moldboard ploughing-based tillage yield of $3.62 (\pm 0.29) \text{ t ha}^{-1}$. The processing and evaluation of meteorological data revealed that the 2021/2022 growing season in Karcag was extremely dry for winter wheat production, particularly during the critical spring vegetative and especially the reproductive stages. This drought intensified the differences in soil water management between reduced and ploughing-based conventional tillage systems. Based on these findings, the previously described soil moisture-conserving effect of reduced tillage was confirmed, and it was concluded that significant yield surpluses can be achieved with reduced tillage in winter wheat production during drought years.

Keywords: drought, winter wheat, landrace, yield, reduced tillage

Bevezetés

Napjainkra már bizonyított, hogy a globális klímaváltozás az egyik legnagyobb kihívást jelentő, összetett folyamat (Khan et al., 2016). A Föld éves átlagos középhőmérséklete 2020-ban $1,2 \text{ }^\circ\text{C}$ -kal volt magasabb, mint az 1850 és 1900 közötti időszakban, az elmúlt évtized (2011–2020) pedig a legmelegebb 10 év volt a rendszeres meteorológiai mérések kezdete óta (Net1). A globális felmelegedés következménye a megszokottól eltérő csapadékviszonyok kialakulása és a szélsőséges meteorológiai események gyakoribbá válása (Orlowsky & Seneviratne, 2012; Pachauri et al., 2014). Általánosságban elmondható, hogy a jó vízellátottságú területek egyre nedvesebbé, míg a vízhiányos területek egyre szárazabbá válnak (Held & Soden, 2006), ami lokális szinten az aszályra érzékeny területek elsivatagosodáshoz vezethet (Bozó & Gelybó, 2025).

A klímaváltozás hatásai hazánkban az évi középhőmérséklet növekedésével, valamint a szélsőséges időjárási jelenségek gyakoriságának növekedésével jellemezhetők. Magyarországon az évi átlaghőmérséklet-emelkedés 1901 és 2016 között $1,10 \text{ }^\circ\text{C}$ volt, az (akkor) elmúlt 30 év tekintetében pedig $1,38 \text{ }^\circ\text{C}$ (Riesz, 2017). Hasonló megállapításra jutott Lakatos et al. (2021) az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) adatai alapján. Számításaik szerint 1901 óta $1,2 \text{ }^\circ\text{C}$ -ot nőtt az éves átlaghőmérséklet. Emellett hazánkban az időjárási

paraméterek közül a csapadék mutatja a legnagyobb variabilitást térben és időben (Lakatos, 2010), melynél fogva nehezebb kimutatni a klímaváltozás hatására bekövetkező egyirányú változásait, mint hőmérséklet esetén. A záporok előfordulásának gyakoriságában és intenzitásában is növekvő tendencia figyelhető meg; a 20 mm-es csapadékösszeget meghaladó napok száma enyhe növekedést, míg a csapadékos napok száma és az éves csapadékösszeg csökkenést mutatnak országos átlagban (Lakatos et al., 2021).

Hazánkban az elmúlt évtizedekben robbanásszerűen nőtt az aszály sújtotta évek és a száraz időszakok adott éven belüli előfordulása. Habár a csapadékmennyiség csökkenésének és eloszlásának kedvezőtlenebbé válása mellett a klímaváltozás olyan egyéb káros következményeivel is szembe kell néznünk, mint a jég- és jeges esők, monszunok és szupercellák (Gyuricza et al., 2025), árvizek, viharok, tüzek gyakoribbá válása, az embert, állatot és növényt is érintő hőséggel, vagy hideggel összefüggő mortalitás és morbiditás növekedése (Ritter et al., 2025), újabb kórokozók, mikotoxin termelő gombák, kártevők, gyomnövények megjelenése, illetve a már régebb óta jelenlévők nagyobb mértékű elterjedése és kártétele (Pepó, 2010; Nagy et al., 2025; Szőke et al., 2025), a mezőgazdaság számára a legnagyobb kihívást az aszály jelenti, mind előfordulási gyakoriságából, mind tapasztalt mértékéből kifolyólag (Gyuricza et al., 2025).

Az aszály nem egy univerzális megfogalmazással meghatározható, pontosan leírható jelenség, a legáltalánosabb megközelítés szerint a víz hiánya, mely minél tovább áll fenn, annál súlyosabb és sokrétűbb következményei lehetnek (Bozó & Gelybó, 2025). Wilhite & Glantz (1985) számos definíciót felsorolnak, melyek közös jellemzői a csapadékhiány és a magas légköri hőmérséklet. Szalai (2012) megfogalmazása szerint az aszály egy komplex jelenség, általában a hasznosítható vízmennyiség időszakos csökkenése, ami természeti és gazdasági károkat egyaránt okozhat.

Nincs olyan általános mérőszám, amellyel az aszály súlyosságát jellemezhetnénk (Anda, 2025). Számos külföldi és hazai kutató dolgozott ki viszonyszámokat az aszály értékelésére, melyek a különböző meteorológiai paramétereket (pl. csapadék, hőmérséklet, páratartalom, potenciális evapotranszpiráció, talajnedvesség-tartalom) különböző súllyal veszik figyelembe (Palmer, 1965; Ellenberg, 1988; Pálfai, 1989; McKee et al., 1993; Weghorst, 1996; Vermes, 2000, 2004; Vicente-Serrano et al., 2010).

Magyarországon általánosságban a Pálfai-féle aszályindex (PAI) (Pálfai, 1989) alkalmazása terjedt el. A Délkelet Európai Aszálykezelési Központ létrehozására irányuló (DMCSEE) projektben kidolgozták a PAI index módosítását és megalkották a 'Pálfai Drought Index'-et (PaDI) (Pálfai & Herceg, 2012; Kozák et al., 2012; Fiala et al., 2014, 2018).

A terméshozam és az évjárat hatásának összefüggéseivel több hazai kutató is (Jolánkai et al., 2004, Ágoston & Pepó, 2005, Birkás et al., 2006) foglalkozott. Megállapították, hogy egyre gyakrabban fordulnak elő szélsőséges időjárási helyzetek, mindazonáltal egyre nagyobb a termésingadozás és egyre inkább kimutatható az évjáráthatás. Juhász et al. (2020) összefüggéseket találtak az időjárási ingadozások és az ezekre reagáló termésingadozások között, de megállapításuk szerint ezekből a terméshozam nem becsülhető meg. Huzsvai et al. (2022) 50 év búza terméseredményeit és a meteorológiai viszonyokat vizsgálva feltárták, hogy a lehetséges búza terméshozamok maximumát meghatározó fő meteorológiai tényező a hőstressz, továbbá az elmúlt 30 év technológiai fejlődését és a régiónkénti kritikus fenológiai fázisokban jelentkező hőstressz tendenciáját alapul véve 2050-re Magyarország nyugati régióiban terméshozam-növekedést (0,72–1,55 t/ha), míg a keleti régiókban terméshozam-csökkenést (0,27–0,75 t/ha) prognosztizáltak.

Világviszonylatban a búza (*Triticum aestivum* L.) a második legnagyobb mértékben termesztett gabonaféle a kukorica után (Zhao et al., 2017), vetésterülete globálisan mintegy 220 millió hektárt (Net2), míg Magyarországon megközelítőleg 1 millió hektárt tesz ki, javarészt az őszi változat (Net3). A klímaváltozás a búzatermesztésre (is) komoly veszélyt jelent: 1 °C átlaghőmérséklet-emelkedés várhatóan 6,0 (±2,9) %-os terméshozam-csökkenést eredményez (Zhao et al., 2017). Hazai viszonylatban ugyanakkor Törös-Barczel (2025) hosszú idősoros vizsgálati eredményei azt mutatják, hogy a főbb szántóföldi kultúrák (kukorica, napraforgó, őszi búza és őszi árpa) közül a búza tűri legjobban az időjárási szélsőségeket, szemben a legérzékenyebbnek bizonyuló kukoricával.

Számos hazai kutatás (Rátonyi et al., 2003; Birkás et al., 2004; Tuba et al., 2022a – a teljesség igénye nélkül) bizonyította, hogy a szántás elhagyásával (redukált talajművelés), valamint a szalma, szármadarványok felszínen hagyásával és felső talajrétegbe történő bedolgozásával (mulcsművelés) jelentősen csökken a talaj tömörödése és nedvességvesztése, ezáltal

vízháztartása javul, így a klímakároknak való kitettsége csökken. A tapasztalatok alapján a szántás elhagyása aszályos és csapadékos évjáratokban is kedvezőbb nedvességállapotot eredményez a rendszeresen művelt rétegben, míg a természetett növények termésátlaga nem marad el a hagyományos művelésben mért eredményekhez képest (Tuba & Zsembeli, 2025).

Kutatómunkánk célja a 2022-es rendkívül aszályos év őszi búza terméseredményeire gyakorolt hatásának vizsgálata hagyományos és redukált művelési rendszerben.

Anyag és módszer

Vizsgálatainkat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE) Nemzeti Éghajlat- és Tájkutatói Központ (NÉTK) talajművelési tartamkísérletében végeztük 2021–2022-ben hagyományos, forgatáson alapuló és redukált művelési mód mellett, őszi búza (*Triticum aestivum* L. cv. KG Kunhalom) jelzőnövénnyel, négy ismétlésben. A kísérleti terület Karcagtól nyugatra fekszik, GPS koordináták: 47.285230, 20.883114. A kísérlet helyszínének talaja agyagos vályog fizikai féleségű mélyben sós réti csernozjom. A talaj felső 30 cm-es rétegének legfontosabb talajvizsgálati adatait az 1. táblázatban ismertetjük.

1. táblázat. A kísérleti helyszín talajának felső 30 cm-es rétegének legfontosabb talajvizsgálati adatai

pH (KCl)	K _A (1)	Só tartalom (m/m %) (2)	CaCO ₃ (m/m%)	Humusz- tartalom (m/m%) (3)	NO ₂ ⁻ +NO ₃ ⁻ (KCl) (mg/kg)	P ₂ O ₅ (AL) (mg/kg)	K ₂ O (AL) (mg/kg)
5,49	48	0,07	<0,5	3,8	34	389	600

Forrás: Tuba et al. (2022b)

Table 1. The main soil test data of the top 30 cm layer of the soil of the experimental site. (1) Plasticity index by Arany, (2) Salt content, (3) Humus content, Source: Tuba et al. (2022b)

A vizsgálat helyszíne a Nagykunságban (Jász-Nagykun-Szolnok vármegye) található, amely Magyarország legszárazabb kistája. Éghajlata északon mérsékelten meleg-száraz, délen pedig meleg-száraz (Dövényi, 2010).

Elemzésünkhöz a HungaroMet karcagi mérőállomásának (állomás szám: 55405) adatait használtuk, amely a MATE NÉTK területén üzemel. A vizsgált időszak havi, illetve teljes tenyészidőszakra vonatkozó csapadékösszegeit, valamint Thornthwaite–Mather-féle (1955) klimatikus vízmérlegét a *2. táblázat*, legfontosabb hőmérsékleti adatait pedig a *3. táblázat* foglalja össze.

2. táblázat. A kísérleti időszak havi csapadékösszegei és klimatikus vízmérlege (HungaroMet – MATE NÉTK, Karcag, 2021–2022)

Hónap (1)	Csapadék- összeg (mm) (2)	30 éves (1991–2020) csapadék- átlag (mm) (3)	Eltérés a 30 éves átlagtól (mm) (4)	Potenciális evapotransz- spiráció (mm) (5)	Klimatikus vízmérleg (mm) (6)
X.	12,0	42,4	-30,4	79,9	-67,9
XI.	53,6	39,2	14,4	27,3	26,3
XII.	40,9	37,5	3,4	19,7	21,2
I.	7,0	24,2	-17,2	27,1	-20,1
II.	8,4	30,2	-21,8	43,7	-35,3
III.	12,6	28,1	-15,5	80,5	-67,9
IV.	29,0	38,9	-9,9	75,4	-46,4
V.	6,3	52,9	-46,6	159,8	-153,5
VI.	26,3	70,3	-44,0	231,5	-205,2
Összesen (7)	196,1	363,8	-167,7	744,9	-548,8

Table 2. Monthly precipitation amounts and climatic water balance of the experimental period (HungaroMet – MATE NÉTK, Karcag, 2021–2022). (1) Month, (2) Precipitation (mm), (3) 30-year (1991–2020) precipitation average (mm), (4) Deviation from 30-year average (mm), (5) Potential evapotranspiration (mm), (6) Climatic Water Balance (mm), (7) Total

A parcellák mérete 1890 m² (18×105 m) volt. A tartamkísérletben a redukált művelési módú táblán 1997 óta nem szántottunk (Tuba et al., 2022b), az alpművelés a lazítás, amit szántóföldi kultivátorokkal, szükség esetén középmedély-, vagy mélylazítóval végzünk. A területen mulcshagyó művelést folytatunk és kombinált gépeket alkalmazunk a lehető legkisebb menetszám elérése érdekében. A hagyományos művelésű táblán az alpművelés a szántás,

őszi kalászos alá a több menetben végzett tárcsás alapművelés, illetve a hagyományos, többmenetes vetőágykészítés.

3. táblázat. A kísérleti időszak havi léghőmérsékleti adatai
(HungaroMet – MATE NÉTK, Karcag, 2021–2022)

Hónap (1)	Minimum hőmérséklet (°C) (2)	Maximum hőmérséklet (°C) (3)	Átlag- hőmérséklet (°C) (4)	30 éves	Eltérés a 30 éves átlagtól (°C) (6)
				(1991–2020) átlag- hőmérséklet (°C) (5)	
X	-3,0	26,5	9,9	11,3	-1,4
XI	-5,0	16,8	4,9	5,8	-0,9
XII	-7,5	10,0	1,3	0,4	+0,9
I	-14,1	13,7	-0,4	-0,8	+0,4
II	-5,8	14,7	4,1	1,0	+3,1
III	-7,4	23,1	5,1	6,0	-0,9
IV	-2,3	22,5	9,5	12,0	-2,5
V	3,9	31,2	17,8	17,0	+0,8
VI	9,1	38,5	23,1	20,8	+2,3
Átlag (7)	-	-	8,4	8,2	0,2

Table 3. Monthly air temperature data of the experimental period (HungaroMet – MATE NÉTK, Karcag, 2021–2022). (1) Month, (2) Minimum temperature (°C), (3) Maximum temperature (°C), (4) Average Temperature (°C), (5) 30-year (1991–2020) average temperature (°C), (6) Deviation from 30-year average (°C), (7) Mean.

A vizsgált tenyészévben a napraforgó betakarítása után mindkét művelési mód esetén egységesen szárzúzóval aprítottuk fel és terítettük el a szármaradványokat, majd egységesen műtrágyáztunk 170 kg MAP műtrágyát (88 kg P₂O₅ és 20 kg N hatóanyag) kijuttatva hektáronként. A hagyományos művelésben ezt két sor tárcsával dolgoztuk be, 18–22 cm mélységben művelve a területet, amit vetés előtt fogással munkáltunk el. A redukált művelésben TopDown szántóföldi kultivátort alkalmaztunk, 22 cm mélységig művelve a talajt. A vetés 2021. október 27-én történt, 220 kg/ha vetőmag mennyiséggel, a természetett fajta a karcagi nemesítésű KG Kunhalom volt. A vetést mindkét

művelésben gyűrűshengerrel zártuk le. Tavasszal két alkalommal végeztünk fejtrágyázást, először 2022. március 11-én 200 kg Pétisót (54 kg/N/ha), második alkalommal 2022. április 12-én 120 kg pétisót (32 kg/N/ha) kijuttatva hektáronként. Az aratásra 2022. július 5-én került sor. A termést 5 kg pontosságú hídmérlegen mértük le.

A statisztikai elemzéshez Windows 11 operációs rendszeren futó, Analysis Toolpak bővítménnyel telepített Microsoft Excel 16 táblázatkezelő programot használtunk. Meghatároztuk a legfontosabb leíró statisztikai paramétereket, majd F-próbával igazoltuk a varianciák homogenitását, melynek alapján a csoportok összehasonlítására egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) használtunk. A csoportátlagok közötti statisztikailag igazolható különbség megállapítására a Fisher (1935) féle legkisebb szignifikáns különbség (LSD) tesztet alkalmaztuk $p < 0,05$ szignifikanciaszinten.

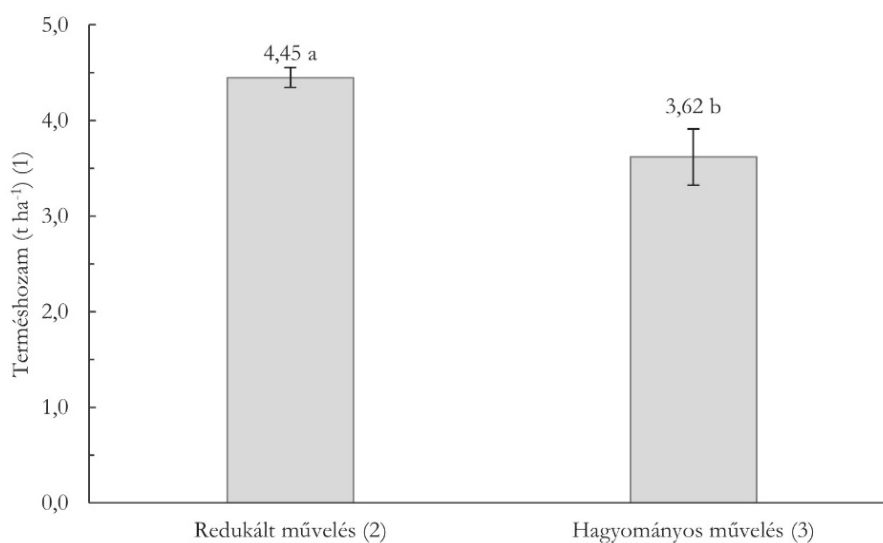
Eredmények

A 2. és 3. táblázatban ismertetett meteorológiai adatokból jól látható, a vizsgált tenyészidőszak rendkívül aszályos volt. A teljes tenyészidőszak alatt mindössze 196,1 mm csapadék hullott le, ami 167,7 mm-rel elmaradt a 30 éves átlagtól (363,8 mm). A viszonylag száraznak mondható októbert csapadékosabb november és december követte, enyhének nevezhető időjárással, mely kedvezett az egyenletes kelésnek, a tenyészidőszak további részében a 30 éves csapadékatlaghoz képest viszonyítva, és a klimatikus vízmérleg alapján is a csapadékhiány volt végig jellemző. Bár januárban a legalacsonyabb rögzített hőmérséklet $-14,1$ °C volt, a havi átlaghőmérséklet a 30 éves átlagot $0,4$ °C-kal meghaladta, fagykár nem volt tapasztalható, a februári átlaghőmérséklet pedig a 30 éves átlagot már jelentősen ($3,1$ °C-kal) meghaladta, ami a bokrosodás megindulásának kedvezett. Ugyanakkor a csapadékhiány már ekkor jelentkezett, az mindkét szóban forgó téli hónapban 10 mm alatt volt, a klimatikus vízmérleg alapján 20,1 mm, illetve 35,3 mm csapadék hiányzott, mely az azt követő hónapokban tovább súlyosbodott. A tavaszi vegetatív periódus (március-április) során még nagyobb eltérések voltak a havi csapadékösszegek és a 30 éves átlagok között, a havi átlaghőmérséklet viszont jelentősen alacsonyabb volt a 30 éves átlagnál, így bár még így is jelentős vízhiány jelentkezett a klimatikus vízmérleg szerint, az alacsonyabb mértékű párolgás azt kompenzálta valamennyire. A májusi-júniusi (reproduktív) szakaszban azonban ez

már nem volt elmondható, a drasztikus csapadékhiányhoz (május: 6,3 mm; június: 26,3 mm) a 30 éves átlaghoz képest jelentősen magasabb hőmérsékleti adatok is társultak, különösen a júniusi hónapban, amikor is a havi átlaghőmérséklet (23,1 °C) a 30 éves átlagot 2,3 °C-kal meghaladta, a legmagasabb mért hőmérsékleti érték pedig 38,5 °C volt e hónapban; így az evapotranspiráció mértéke is jelentősen megemelkedett, melynek következtében a klimatikus vízmérleg májusban -153,5 mm, júniusban pedig -205,2 mm volt.

A redukált és a hagyományos művelésű parcellák termésátlagait az 1. ábra szemlélteti.

1. ábra. A KG Kunhalom őszi búza fajta termésátlaga redukált és hagyományos művelési feltételek között egy rendkívül aszályos tenyészidőszakban (Karcag, 2022)



Megjegyzés: az azonos betűjelöléssel nem rendelkező értékek szignifikánsan különböznek $p < 0,05$ szignifikanciaszinten (ahol a legkisebb szignifikáns különbség: 0,74 t/ha).

Figure 1. Average yield of the KG Kunhalom winter wheat variety under reduced and conventional tillage in an extremely drought-affected growing season (Karcag, 2022) (1) Yield (t ha⁻¹), (2) Reduced tillage, (3) Conventional tillage. Note: the difference between values with different letters are significant at the $p < 0.05$ level, where the Least Significant Difference (LSD_{5%}) is: 0,74 t ha⁻¹.

A redukált művelés kísérleti átlaga ($4,45 \pm 0,10$) meghaladta a hagyományos művelésben részesült parcellák átlagát ($3,62 \pm 0,29$). A két vizsgálati csoport szórásnégyzete (redukált művelés: 0,04; hagyományos művelés: 0,35) alapján elvégzett F-próba (F érték: 7,92; kritikus F érték: 9,28) eredményeképp kapott p-érték a 0,05-ös küszöbérték felett volt (0,06), így a két kezelés varianciája homogénnek, ezáltal varianciaanalízissel összevethetőnek bizonyult. A két talajművelési kezelés eredményeinek összehasonlítására lefuttatott egytényezős varianciaanalízis (ANOVA) eredményei a 4. táblázatban olvashatóak, melyek alapján a két kezelés közötti eltérés szignifikánsnak bizonyult $p < 0,05$ szignifikanciaszinten (p-érték = 0,04). A csoporton belüli (hiba) MS érték alapján számított Fisher (1935) féle legkisebb szignifikáns különbség $p < 0,05$ szignifikanciaszinten 0,74 t/ha volt.

4. táblázat. Az őszi búza terméshozamának egytényezős varianciaanalízise (ANOVA) különböző (redukált és hagyományos) művelési módok esetén (Karcag, 2022)

Tényezők (1)	SS (2)	df (3)	MS (4)	F-érték (5)	p-érték (6)	F kritikus (7)
Csoportok között (8)	1,38	1	1,38	7,03	0,04	5,99
Csoporton belül (9)	1,18	6	0,20			
Összesen (10)	2,55	7				

Megjegyzés: SS – négyzetösszeg, df – szabadságfok, MS – átlagos négyzetösszeg

Table 4. One-way analysis of variance (ANOVA) of winter wheat yield under different (reduced and conventional) tillage methods (Karcag, 2022). (1) Factors, (2) Sum of Squares, (3) degree of freedom, (4) Mean Square, (5) F-value, (6) p-value, (7) F critical value, (8) Between groups, (9) Within groups, (10) Total, Note: SS – sum of squares, df – degree of freedom, MS – mean square.

A redukált művelés tehát szignifikánsan magasabb búza termésátlagot eredményezett a hagyományos műveléssel szemben, melyhez alacsonyabb standard hiba, illetve szórás és variancia társult.

Következtetések

A vegetációs időszak végére kialakult 548,8 mm-es negatív vízmérleg és a júniusi 30 éves (1991–2020) átlagot 2,3 °C-kal meghaladó hőség együttesen

kényszerérést idézett elő. Ez magyarázza, hogy az állomány miért nem tudta jobban megközelíteni a genetikai potenciálját, magasabb termést eredményezni, még a redukált művelésű parcellákon sem.

Bebizonyosodott, hogy aszályos években a technológiai különbségek felerősödnek. Bár a talaj szerkezetére és nedvességforgalmára irányuló konkrét vizsgálati eredményeket jelen tanulmányban nem mutatunk be, azt a szerzők már több esetben közölték (Zsembeli et al., 2015; Tuba & Zsembeli, 2025) és eredményeik összecsengenek a szakirodalommal: a redukált művelés során alkalmazott mulcshagyás és a kevesebb talajbolygatás elősegíti a talaj mélyebb rétegeiben a víz megőrzését (Rátonyi et al., 2003; Birkás et al., 2004). A 2022-es aszályos évben is valószínűsíthetően ez a víztakarékos művelés gátolta meg a talaj mélyebb rétegeinek kiszáradását, így több víz állt rendelkezésre a növény számára a tenyészidőszak folyamán.

A redukált művelés nemcsak statisztikailag igazolható mértékben magasabb termést adott (4,45 t/ha, szemben a 3,62 t/ha-ral, SzD_{5%} = 0,74 t/ha), hanem kiegyenlítettebb terméshozamú parcellákat is eredményezett; az alacsonyabb standard hiba és szórás azt jelzi, hogy ez a technológia nagyobb termésbiztonságot nyújt a gazdálkodók számára a kiszámíthatatlan éghajlati körülmények között.

Mivel a kísérleti területen 1997 óta folyik redukált művelés, az eredmények a szakirodalommal (Tuba & Zsembeli, 2025) összhangban azt sugallják, hogy a talajszerkezet tartós javulása kumulatív előnyt jelent az ilyen extrém sokkhatások idején.

IRODALOM

- Ágoston, T. & Pepó, P. (2005). Évjáráthatás vizsgálata őszi búzafajták termésére és termésstabilitására. *Acta Agraria Debreceniensis*. 16: 62–67. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/16/3290>
- Anda, A. (2025). Változások a globális vízforgalomban. [In: Gyuricza, C. & Zsembeli, J. (szerk.) *Aszálykezelési stratégiák a mezőgazdaságban.*] Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 26–42.
- Birkás, M., Jolánkai, M., Gyuricza, C. & Percze, A. (2004). Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary. *Soil and Tillage Research*, 78(2), 185–196. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.02.006>

- Birkás, M., Dexter, A. R., Kalmár, T. & Bottlik, L. (2006). Soil quality – soil condition – production stability. *Cereal Res. Commun.*, 34(1), 135–138. <https://doi.org/10.1556/CRC.34.2006.1.34>
- Bozó, L. & Gelybó, G. (2025). Változások a globális vízforgalomban. [In: Gyuricza, C. & Zsembeli, J. (szerk.) Aszálykezelési stratégiák a mezőgazdaságban.] Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 15–25.
- Dövényi, Z. (2010). Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 175–178.
- Ellenberg, H. (1988). *Vegetation Ecology of Central Europe*. 4th Edition, Cambridge University Press, Cambridge. 756.
- Fiala, K., Blanka, V., Ladányi, Zs., Szilassi, P., Benyhe, B., Dragan, D. & Pálfai, I. (2014). Drought severity and its effect on agricultural production in the Hungarian-Serbian cross-border area. *Journal of Environmental Geography*, 7(3–4), 43–51. <https://doi.org/10.2478/jengeo-2014-0011>
- Fiala, K., Barta, K., Benyhe, B., Fehérvári, I., Lábdy, J., Sipos, Gy. & Gyórfy, L. (2018). Operatív aszály- és vízhiánykezelő monitoring rendszer. *Hidrologiai Közlemény*, 9(3), 14–24.
- Fisher, R. A. (1935). *The design of experiments*. Oliver and Boyd, London and Edinburgh. 252.
- Gyuricza, C., Tóth, Z., Keszthelyi, S., Tarnawa, Á., Kende, Z., Balla, I., Kovács, G. P. & Percze, A. (2025). Változások a globális vízforgalomban. [In: Gyuricza, C. & Zsembeli, J. (szerk.) Aszálykezelési stratégiák a mezőgazdaságban.] Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 139–166.
- Held, I. M. & Soden, B. J. (2006). Robust responses of the hydrological cycle to global warming. *Journal of Climate*, 19: 5686–5699. <https://doi.org/10.1175/JCLI3990.1>
- Huzsvai, L., Zsembeli, J., Kovács, E. & Juhász, C. (2022). Response of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) Yield to the Increasing Weather Fluctuations in a Continental Region of Four-Season Climate. *Agronomy*, 12(2), 314. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020314>
- Juhász, Cs., Gálya, B., Kovács, E., Nagy, A., Tamás, J. & Huzsvai, L. (2020). Seasonal predictability of weather and crop yield in regions of Central European continental climate. *Computers and Electronics in Agriculture*, 173: 105400. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105400>
- Jolánkai, M., Szöllősi, G. & Szentpétery, Zs. (2004). Az őszi búza termesztésének és minőségének változása különböző évjáratokban. *Gyakorlati Agroforum Extra*, 6: 6–9.
- Kozák, P., Pálfai, I. & Herceg, Á. (2012). Pálfai Drought Index (PaDI) – A Pálfai-féle aszályindex (PAI) alkalmazhatóságának kiterjesztése a délkelet-európai régióra. [In: Bihari Z. (szerk.) Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ – DMCSEE Összefoglaló a projekt eredményeiről]. OMSZ, Budakeszi, 21–26.
- Khan, A. A., Ijaz, M., Muhammad, J., Goheer, A. R., Akbar, G. & Adnan, M. (2016). Climate Change Implications for Wheat Crop in Dera Ismail Khan District of Khyber Pakhtunkhwa. *Pakistan Journal of Meteorology*, 13(25), 17–27.

- Lakatos, M. (2010). Hazai megfigyelt hőmérsékleti és csapadék tendenciák, szélsőségek alakulása a múlt század elejétől. [In: Lakatos, M. (szerk.) 36. Meteorológiai Tudományos Napok. 2010. november 18–19.: Változó éghajlat és következményei a Kárpát-medencében.] OMSZ, Budapest, 42–59.
- Lakatos, M., Bihari, Z., Izsák, B. & Szentes, O. (2021). Globális és hazai éghajlati trendek, szélsőségek változása: 2020-as helyzetkép. *Scientia et Securitas*, 2(2), 164–171. <https://doi.org/10.1556/112.2021.00037>
- McKee, T. B., Doesken, N. J. & Kleist, J. (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, 17–22 January 1993, 179–184.
- Nagy, G., Fail, J., Kazinczi, G., Pálinkás, Z. & Várallyay, É. (2025). Növényvédelem. [In: Gyuricza, C. & Zsembeli, J. (szerk.) Aszálykezelési stratégiák a mezőgazdaságban.] Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 295–316.
- Net1: State of the Global Climate 2020. World Meteorological Organisation, Genf, Switzerland. <https://library.wmo.int/idurl/4/56247> (letöltve: 2026. 03. 16.)
- Net2: FAOSTAT. Crops and livestock products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> Szűrési feltételek: Regions: World + (Total), Elements: Area harvested, Items: Wheat, Years: 2024. (letöltve: 2026. 03. 17.)
- Net3: Központi Statisztikai Hivatal. A fontosabb növények vetésterülete, 2025 június 1. <https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/a-fontosabb-novenyek-vetesterulete-2025-junius-1/index.html> (letöltve: 2026. 03. 17.)
- Orlowsky, B. & Seneviratne, S. I. (2012). Global changes in extreme events: regional and seasonal dimension. *Climatic Change*, 110(3), 669–696. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0122-9>
- Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Church, J. A., Clarke, L., Dahe, Q., Dasgupta, P., Dubash, N. K., Edenhofer, O., Elgizouli, I., Field, C. B., Forster, P., Friedlingstein, P., Fuglestvedt, J., Gomez-Echeverri, L., Hallegatte, S., Hegerl, G., Howden, M., Jiang, K., Jimenez Cisneros, B., Kattsov, V., Lee, H., Mach, K. J., Marotzke, J., Mastrandrea, M. D., Meyer, L., Minx, J., Mulugetta, Y., O'Brien, K., Oppenheimer, M., Pereira, J. J., Pichs-Madruga, R., Plattner, G. K., Pörtner, H. O., Power, S. B., Preston, B., Ravindranath, N. H., Reisinger, A., Riahi, K., Rusticucci, M., Scholes, R., Seyboth, K., Sokona, Y., Stavins, R., Stocker, T. F., Tschakert, P., van Vuuren, D. & van Ypersele, J. P. (2014). Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland. 151.
- Pálfai, I. (1989). Az Alföld aszályossága. *Alföldi Tanulmányok*, 13: 7–25.
- Pálfai, I. (2004). Az aszály definíciói, befolyásoló tényezői és mérőszámai. [In: Pálfai, I. (szerk.) Belvizek és aszályok Magyarországon. Hidrológiai Tanulmányok.] Közlekedési Dokumentációs Kft., Budapest, 255–263.

- Pálfai, I. & Herceg, Á. (2012). Palfai Drought Index (PaDI) – Expansion of applicability of Hungarian PAI for Southeast Europe (SEE) region. Lower-Tisza District Water Directorate, Szeged. 24.
- Palmer, W. C. (1965). Meteorological Drought. Research Paper No. 45. U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington DC, USA. 58.
- Pepó, P. (2010). Növénynevelés. Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Kertészettudományi Intézet, Debrecen. 152.
- Rátónyi, T., Megyes, A. & Nagy J. (2003). Talajvédő természetvédelmi rendszerek értékelése. [In: Nagy, J. (szerk.) Kukorica hibridek adaptációs képességének és termésbiztonságának javítása.] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, 141–149.
- Riesz, L. (2017). A Magyarországon megfigyelt éghajlati változások. [In: Holes, A. (szerk.) Magyarország Környezeti Állapota 2016.] Herman Ottó Intézet, Budapest, 155–159.
- Ritter, K., Durmishi, L., Farkas, T., Fazakas, I., Galló, Györgyné, Gyórváriné Tumpek, G., Kenderfi, M., Visztenvelt, A., Gál, I., Madaras, K., Tirczka, I., Pusztai, P., Lipcsei, J. & Bujdosó, Z. (2025). Vidékfejlesztés és fenntartható gazdálkodás. [In: Gyuricza, C. & Zsembeli, J. (szerk.) Aszálykezelési stratégiák a mezőgazdaságban.] Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 397–440.
- Szalai, S. (2012). Az aszály definíciói. [In: Bihari, Z. (szerk.) Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ – DMCSEE Összefoglaló a projekt eredményeiről.] OMSZ, Budakeszi, 7–11.
- Szőke, Z., Plank, P., Molnár, Z. & Nagyéri, G. (2025). Mikotoxinok, multimikotoxikózisok megjelenése és problematikája. [In: Gyuricza, C. & Zsembeli, J. (szerk.) Aszálykezelési stratégiák a mezőgazdaságban.] Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 196–209.
- Thornthwaite, C. W. & Mather, J. R. (1955). The Water Balance. Laboratory of Climatology, Centerton, NJ, USA. 104.
- Tőrös-Barczel, N. (2025). A magyarországi mezőgazdasági termények klímaváltozással szembeni ellenállóképessége. *Statisztikai Szemle*, 103(9), 874–900. https://www.ksh.hu/statszemle_archive/all/2025/2025_09/2025_09_874.pdf
- Tuba, G., Gulybán, O., Kovács, G., Nagy, P. M., Sinka, L. & Zsembeli, J. (2022a). Az évenként végzett talajlazításra alapozott művelési rendszer értékelése a talaj penetrációs ellenállása alapján. *Növénytermelés*, 71(1), 81–98.
- Tuba, G., Nagy, P., Kovács, G., Sinka, L., Arzu, R. G. & Zsembeli, J. (2022b). A redukált talajművelési rendszer alkalmazása a Nagy-kunság kötött talajain. [In: Zsembeli, J. (szerk.) 75 Éves a Karcagi Kutatóintézet 1947–2022: Válogatás a MATE Karcagi Kutatóintézet Kutató-Fejlesztő Munkájának Eredményeiből.] Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 17–25. <https://doi.org/10.20311/stat2025.09.hu0874>

- Tuba, G. & Zsembeli, J. (2025). Nedvességmegőrző talajművelési technikák alkalmazása. [In: Gyuricza, C. & Zsembeli, J. (szerk.) Aszálykezelési stratégiák a mezőgazdaságban.] Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 122–138.
- Vermes, L. (szerk.) (2000). Hogyan dolgozzuk ki az aszály csökkentési stratégiáját? ICID Útmutató. ICID Európai Regionális Aszály Munkacsoport, Budapest. 37.
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S. & López-Moreno, J. I. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 23(7), 1696–1718. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>
- Weghorst, K. (1996). The Reclamation Drought Index: Guidelines and Practical Applications. Bureau of Reclamation, Denver, CO, USA. 6.
- Wilhite, D. A. & Glantz, M. H. (1985). Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*, 10(3), 111–120. <https://www.doi.org/10.1080/02508068508686328>
- Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D. B., Huang, Y., Huang, M., Yao, Y., Bassu, S., Ciais, P., Durand, J. L., Elliott, J., Ewert, F., Janssens, I. A., Li, T., Lin, E., Liu, Q., Martre, P., Müller, C., Peng, S., Peñuelas, J., Ruane, A. C., Wallach, D., Wang, T., Wu, D., Liu, Z., Zhu, Y., Zhu, Z. & Asseng, S. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(35), 9326–9331. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114>
- Zsembeli, J., Szűcs, L., Tuba, G. & Czibalmos, R. (2015). Nedvességtakarékos talajművelési rendszer fejlesztése Karcagon. [In: Madarász, B. (szerk.) Környezetkímélő Talajművelési Rendszerek Magyarországon.] MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest, 122–133.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Asbolt Gergő – Loujaine Seddik – Seren Zedan – Dr. Varga Krisztina –
Dr. Csízi István – Dr. Zsigrai György – Tuba Géza – Dr. Zsembeli József
MATE Nemzeti Éghajlat- és Tájkutatói Központ

Karcag

Kisújszállási út 166.

H-5300

*asbolt.gergo@uni-mate.hu

Dr. Kovács Györgyi

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási
Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

Debrecen

Böszörményi út 146/B

H-4032