



Közzététel: 2025. szeptember 12.

A tanulmány címe:

A magyarországi mezőgazdasági termények klímaváltozással szembeni ellenállóképessége

Szerző:

TÖRÖS-BARCZEL NIKOLETT

a Magyar Nemzeti Bank elemzője

E-mail: barczeln@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.20311/stat2025.09.hu0874>

Az alábbi feltételek érvényesek minden, a Központi Statisztikai Hivatal (a továbbiakban: KSH) Statisztikai Szemle c. folyóiratában (a továbbiakban: Folyóirat) megjelenő tanulmányra. Felhasználó a tanulmány vagy annak részei felhasználásával egyidejűleg tudomásul veszi a jelen dokumentumban foglalt felhasználási feltételeket, és azokat magára nézve kötelezőnek fogadja el. Tudomásul veszi, hogy a jelen feltételek megszegéséből eredő valamennyi kárért felelősséggel tartozik.

1. A jogszabályi tartalom kivételével a tanulmányok a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény (Szt.) szerint szerzői műnek minősülnek. A szerzői jog jogosultja a KSH.
2. A KSH földrajzi és időbeli korlátozás nélküli, nem kizárólagos, nem átdadható, térítésmentes felhasználási jogot biztosít a Felhasználó részére a tanulmány vonatkozásában.
3. A felhasználási jog keretében a Felhasználó jogosult a tanulmány:
 - a) oktatási és kutatási célú felhasználására (nyilvánosságra hozatalára és továbbítására a 4. pontban foglalt kivétellel) a Folyóirat és a szerző(k) feltüntetésével;
 - b) tartalmáról összefoglaló készítésére az írott és az elektronikus médiában a Folyóirat és a szerző(k) feltüntetésével;
 - c) részletének idézésére – az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven – a forrás, valamint az ott megjelölt szerző(k) megnevezésével.
4. A Felhasználó nem jogosult a tanulmány továbbértékesítésére, haszonszerzési célú felhasználására. Ez a korlátozás nem érinti a tanulmány felhasználásával előállított, de az Szt. szerint önálló szerzői műnek minősülő mű ilyen célú felhasználását.
5. A tanulmány átdolgozása, újra publikálása tilos.
6. A 3. a)–c) pontban foglaltak alapján a

Folyóiratot és a szerző(ke)t az alábbiak szerint kell feltüntetni:

„*Forrás: Statisztikai Szemle c. folyóirat 103. évfolyam 9. számában megjelent, Törös-Barczel Nikolett által írt, A magyarországi mezőgazdasági termények klímaváltozással szembeni ellenállóképessége című tanulmány (link csatolása)*”

7. A Folyóiratban megjelenő tanulmányok kutatói véleményeket tükröznek, amelyek nem feltétlenül esnek egybe a KSH vagy a szerzők által képviselt intézmények hivatalos álláspontjával.

Törös-Barczel Nikolett

A magyarországi mezőgazdasági termények klímaváltozással szembeni ellenállóképessége

The resilience of Hungarian agricultural crops to climate change

Törös-Barczel Nikolett, a Magyar Nemzeti Bank elemzője
E-mail: barczeln@gmail.com

A mezőgazdasági szektor különösen kitett a klímaváltozásnak, miközben jelentősen hozzá is járul annak változásához. Az átlaghőmérséklet-emelkedés, a vízellátás változása, a szélsőséges időjárási események vagy az új kártevők megjelenése a globális felmelegedés következményei, amelyek negatívan befolyásolhatják a terméshozamokat. Jelen tanulmány célja, hogy kapcsolatot keressen a mezőgazdasági terményhozamok (kukorica, napraforgó, őszi búza és őszi árpa) és az időjárási változók között (csapadék és hőmérséklet) a fix hatású panelregressziós modell segítségével. Az adatok az 1985 és 2023 közötti időszakra érhetők el, vármegyei bontásban. A becslt együttthatókkal, illetve a hőmérsékletet és a csapadékmennyiséget megfogó paraméterek sokkolásával a tanulmány előrejelzést ad a négy termény extrém időjárási (aszályos) körülmények közötti terméshozamára. Az eredmények azt mutatták, hogy a termények közül a búza a legellenállóbb az időjárási viszontagságokkal szemben, miközben a kukorica a legsérülékenyebb.

Kulcsszavak: mezőgazdaság, fix hatású panelregresszió, klímaváltozás

The agricultural sector is particularly exposed to climate change, while also contributing significantly to its change. The increase in average temperature, changes in water supply, extreme weather events or the emergence of new pests are consequences of global warming, which can negatively affect crop yields. The aim of this study is to find a relationship between agricultural crop yields (maize, sunflower, winter wheat and winter barley) and weather variables (precipitation and temperature) using a fixed-effects panel regression model. The data are available for the period between 1985 and 2023, broken down by county. By using the estimated coefficients and shocking the parameters capturing temperature and rainfall, the study provides a prediction of the yield of the four crops under extreme weather (drought) conditions. The results showed that wheat is the most resilient crop to weather extremes, while corn is the most vulnerable.

Keywords: agriculture, fixed effects panel regression, climate change

A klímaváltozás szempontjából a mezőgazdaság különösen kitett ágazatnak számít, mivel az extrém időjárási eseményekkel szemben jelenleg nincs hatékony védekezési módszer. A hirtelen, nagy mennyiségben lezúduló csapadék, a hosszan tartó aszály, vagy az invazív fajok, kártevők megjelenése komoly kihívás elé állítja a mezőgazdasági termelőket (*Skendžić et al., 2021*). Az idő előrehaladtával pedig várhatóan megnövekednek az említett események, így a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok, például a precíziós gazdálkodás, a talajmegőrzési technikák és a szárazságtűrő növényfajták alkalmazása egyre jobban előtérbe kerül (*Arora, 2019*).

A tanulmány célja, hogy megbecsülje az éghajlatváltozásnak a magyarországi főbb termények terméshozamaira gyakorolt hatásait, majd betekintést nyújtson a nyári hónapok csapadékmennyiségének csökkentésével és az átlaghőmérséklet emelkedésével járó extrém időjárás (aszály) következményeibe is. A vármegyei szintű, 1985–2023 közötti éves paneladatok felhasználásával becsléseket készítünk a kukorica, az őszi búza, az őszi árpa és a napraforgó terméshozamaira vonatkozóan, az időjárási változók (csapadékmennyiség és hőmérsékletérték) segítségével, illetve fix hatású panelregressziós modell alkalmazásával. A felhasznált terményadatok a Központi Statisztikai Hivatal honlapján érhetők el, az időjárási változók alapja, azaz a napi hőmérséklet és a napi csapadékmennyiség a FORESEE-HUN v1.2 adatbázisból, egy nyílt hozzáférésű meteorológiai adatbázisból származik (*FORESEE, 2024*).

A kapott eredmények azt mutatták, hogy a klímaváltozással szemben a hazai termények közül az őszi búza a legellenállóbb, a kukorica a legsérülékenyebb. A júniusi és a júliusi forró napok számának emelkedésére, illetve a májusi hőmérséklet növekedésére a kukorica terméshozama jelentősen visszaesik. Ugyanakkor a legtöbb hónapban a csapadék mennyiségének emelkedése pozitív hatást gyakorol a kukorica termésátlagára. A búza viszonylag ellenálló az olyan extrém hőmérsékletekkel szemben, mint amilyen a júniusi vagy júliusi forróság, és a hosszabb, csapadékmentes időszakok sem csökkentik érdemben a terméshozamát.

Ennek megfelelően a sokkolt havi adatokkal készült predikció is azt mutatja, hogy a kukorica terméshozama jóval érzékenyebben reagál az extrém időjárási eseményekre, az extrém nyári meleget kevésbé jól tűri, mint a többi termény. A búza és a napraforgó terméshozamai kevésbé reagálnak a csapadékban szegényebb hosszabb időszakokra, ugyanakkor a május–augusztusi hőmérséklet emelkedése már kedvezőtlenül hat rájuk is.

A tanulmány először áttekintést ad a magyar mezőgazdaságról és a legfontosabb terményeiről, a második fejezet bemutatja a klímaváltozás és a mezőgazdaság kapcsolatát, majd a harmadik fejezet szól a kockázatok biztosíthatóságáról. A negyedik fejezet ismerteti a felhasznált adatokat és az alkalmazott modellt, végül az ötödik és a hatodik fejezet tér ki az eredményekre, konklúzióra.

1. A magyar mezőgazdaság gazdasági értéke és főbb terményei

Magyarországon a mezőgazdaságnak viszonylag csekély a részaránya a bruttó hazai termékben (GDP), 2023-ban 3,2%-ot tett ki, ennek ellenére a 2023. IV. negyedévi GDP volumenéhez 2,5 százalékponttal járult hozzá (*KSH, 2024a*). Ugyanakkor érdemes azt is hozzátenni, hogy a 2022-ben látott aszály nagyon alacsony bázist adott a 2023-as gazdag termésátlagnak (*KSH, 2024d*). Emiatt a mezőgazdaság hozzáadott értéke 68,5%-kal bővült 2023-ban 2022-höz viszonyítva (*KSH, 2023*). Bár nem tartozik a húzóágazatok közé, nagy jelentőséggel bír, mivel az ország gazdaságának egyik alapvető szektora, amely hagyományosan nagy szerepet játszik a foglalkoztatásban, az élelmiszer-ellátásban, mindemellett jelentős exportorientáltsággal is bír (*KSH, 2024b*).

A magyar mezőgazdaság szerkezetében jelentős a kis- és a közepes méretű gazdaságok aránya, bár a nagyüzemi termelés sem elhanyagolható. Az egyéni és a családi gazdaságok szignifikáns részt képviselnek, és fontos szerepük van a vidéki foglalkoztatásban (*Mészáros–Szabó, 2014*). A mezőgazdasági technológiai fejlődés dinamikus volt az elmúlt évtizedekben, ugyanakkor számos, kisebb gazdaság számára kihívást jelent az új technológiák bevezetése, a korszerű gépesítés és az innovatív mezőgazdasági megoldások alkalmazása. A hatékony termeléshez viszont szükséges a precíziós gazdálkodás és a digitalizáció, amely egyre inkább teret hódít (*Ritter, 2022*).

A mezőgazdaság négy fő ágazata közül (növénytermesztés, állattenyésztés, erdőgazdálkodás, halászat és akvakultúra) Magyarországon a növénytermesztés a legjelentősebb, de az állattenyésztés is erős ágazat, különösen a sertés-, a szarvasmarha-, a baromfi- és a juhtenyésztés. A növénytermesztés fontos a hazai élelmiszertermelés és a takarmány-előállítás szempontjából is (*Szűcs, 2017*). Magyarország mezőgazdasága erősen exportorientált (*Molnár, 2024*), jelentős mennyiségű mezőgazdasági terméket exportál, gabonaféléket (búza, kukorica), hús- és tejter-

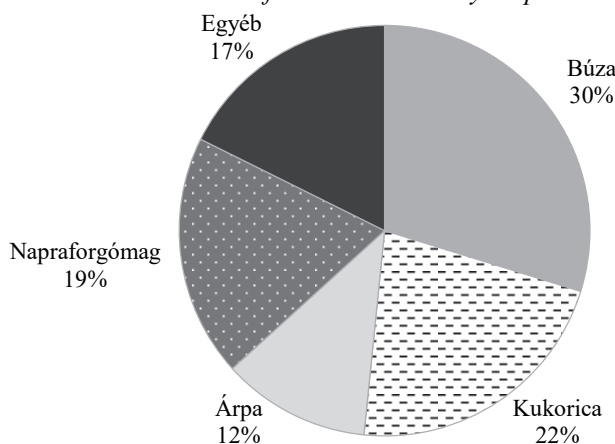
mékeket, valamint különféle feldolgozott élelmiszereket. Az EU belső piacára irányuló export mellett Magyarország más országokkal is kereskedelmi kapcsolatokat tart fenn (KSH, 2024c).

A hazai mezőgazdaságon belül a növénytermesztés megfelelő természeti adottságokra épül. Az ország nagy részét termékeny talaj borítja, különösen igaz ez a Kisalföldre, a Duna–Tisza közére, valamint a Tiszántúl területére (Dobos *et al.*, 2022). A búza Európában is az egyik legfontosabb gabonaféle (Pepó, 2010), 2021-ig Magyarország második legnagyobb termesztési területtel rendelkező növénye, 2022 óta pedig a legnagyobb részarányt képviseli (KSH, 2024e). Vetésidő szempontjából két típust különböztethetünk meg: őszi, illetve tavaszi búzát. A kettő közötti különbséget az jelenti, hogy az őszi búza esetében szükséges egy előcsíráztatási, vagyis hideg időszak, amely a növény virágzását teszi lehetővé. Emiatt a vetési ideje szeptember–októberre esik, aratása pedig júniusra időzíthető. Ezzel szemben a tavaszi búza nem igényel alacsony hőmérsékletet, márciusban vetik és júliusban aratják (Thorup-Kristensen *et al.*, 2009). A búza kategorizálása történhet fajta szerint is, Magyarországon a kenyérbúza népszerűsége töretlen, mivel az élelmiszeripar számára kulcsfontosságú alapanyag a magas fehérje- és si-kértartalma miatt. A másik fajtát a durumbúza vagy más néven tésztabúza képviseli, amely kiváló főzési tulajdonságai miatt vált népszerűvé.

1. ábra

Termőterületek megoszlása termények szerint 2023-ban

Distribution of cultivated areas by crop in 2023



Forrás: KSH, 2024e.

2023-ban a növénytermesztésen belül a második legnagyobb területen termesztett gabonaféle itthon a kukorica volt (1. ábra) – 2022 előtt a legnagyobb termőföld-

területet foglalta el (KSH 2024e). Fontos szerepet játszik az állatok takarmányozásában, valamint bioüzemanyag előállítására is használják. A gabonafélék között az egyik legmagasabb terméshozammal rendelkező növény, ami különösen igaz bizonyos hibridekre. Problémát jelent a klímaváltozás szempontjából, hogy viszonylag alacsony gyökere miatt alacsonyabb a szárazságtűrő képessége is.

Az itthon is nagy mennyiségben/területen termesztett napraforgó a legalapvetőbb olajnövény, fontos szerepet tölt be a hazai növényolaj-termelésben is (Popp *et al.*, 2018). A napraforgó termőterülete dinamikusan gyarapodott az elmúlt 30 évben: míg 1990-ben kevesebb mint 350 ezer hektáron termesztették, addig 2023-ra a termőterülete meghaladta a 670 ezer hektárt, amit sokoldalú felhasználása is indokolt (KSH, 2024e). Az élelmiszeriparon túl használják a kozmetikai iparban, illetve a biodízel előállításában is szerepet kap. Emellett takarmányozásra és zöldtrágyázásra is alkalmas. Termesztéséhez meleg és napsütésben gazdag időjárásra van szüksége, ugyanakkor vízigénye is jelentős, a nagy szárazság komoly károkat okoz a termésben. Érdekesség, hogy a napraforgó vetésváltásánál figyelembe kell venni, hogy magas tápanyagigénye miatt ön maga után legalább öt évnek kell eltelnie ahhoz, hogy ismét lehessen termeszteni.

A búzához hasonlóan az árpánál is megkülönböztetünk őszi és tavaszi fajtát, mindkettőt termesztik az ország különböző régióiban, ugyanakkor vetésterületének mérete évről évre ingadozik, többnyire 300–400 ezer hektár között alakul. 2023-ban a 3. legnagyobb termőterülettel rendelkező terményünk, ami elsősorban a felhasználásának népszerűsége miatt indokolt (KSH, 2024e). Az árpa különösen a söripar számára fontos alapanyag, de abraktakarmánnyként is hasznosítják, árpagyöngy formájában pedig emberi fogyasztásra is alkalmas. Éghajlatigényét tekintve a sörárpa és a takarmányárpa eltér egymástól, miközben utóbbi a nagyon aszályos területeken kívül mindenhol termesztethető Magyarországon, a sörárpa csak a csapadékban gazdag tájakat és a mérsékelten meleg időjárást kedveli (Yigit *et al.*, 2024).

2. A klímaváltozás hatása a mezőgazdaságra

Az élelmezésbiztonságnak alapvetően négy fő eleme van, amelyek az elérhetőség, a stabilitás, a hasznosítás és a hozzáférés (Schmidhuber–Tubiello, 2007). A stabilitásnál az élelmiszerek árának stabilitása is döntő szerepet játszik, az infláció dinamikus növekedése és az ezzel járó áremelkedés korlátozza a hozzáférést. Abildgren és Kuchler (2021) rámutatott arra is, hogy a háztartások által érzékelt infláció

szisztematikusan meghaladja a hivatalos fogyasztóiár-index által mért értékeket, mivel az élelmiszerárak nagyobb súllyal szerepelnek a háztartások inflációs érzékelésében, mint a hivatalos fogyasztóiár-indexben. Továbbá egyértelmű szezonális hatások is megfigyelhetők az inflációs érzékelési torzításban.

A magyarországi mérsékelt kontinentális éghajlat alapvetően kedvez a növény-termesztésnek és az állattenyésztésnek, ugyanakkor az utóbbi évtizedben többször is előfordultak aszályok vagy más szélsőséges időjárási események, amelyek nehézséget jelentettek a termelőknek. Különösen igaz ez a Duna–Tisza közti homokhátságra, ahol az eleve alacsony csapadékmennyiség miatt komoly kihívást jelent a mezőgazdasági tevékenységnek. Az ország egyik legszárazabb területét (évi 450–500 milliméter csapadék) homokos, löszös talaj jellemzi.

Sajnálatos módon a vízgazdálkodási problémák, azaz az intenzív vízhasználat egyre jobban kiszipolyozza a földet, ami a talajvízszint csökkenéséhez, később a talaj elsivatagosodásához vezet (*Biró et al., 2011*). De az elsivatagosodás és a talajerózió nemcsak veszélyezteti a mezőgazdaságot, hanem erősíti a biodiverzitás pusztulását is. Emiatt a környezetkímélő mezőgazdasági módszerek alkalmazása, például az ökológiai gazdálkodás terjedése kulcsszerepet játszik a fenntarthatóság biztosításában. A magyar mezőgazdaságra jellemző a változatos termelési szerkezet, a kedvező természeti adottságok kihasználása, de egyúttal a jövőbeni kihívások miatt további változtatásokra, modernizációra van szükség (*Biró et al., 2011*).

A változó éghajlati mintázatok, különösen a csapadékeloszlás megváltozása jelentős hatással van a mezőgazdasági termelésre, főképp a fejlődő országokban. Emiatt a jövőben felértékelődnek azok a korai prognosztizáló rendszerek és a műholdas megfigyelések, amelyek képesek a termés kiesések előrejelzésére, így segítve az élelmezésbiztonsági válságok megelőzését (*Brown–Funk, 2008*).

A termésátlagok előrejelzésére többféle módszer kínálkozik, *Schlenker és Roberts (2009)* a hőmérséklet hatását vizsgálta az Amerikai Egyesült Államok három fő mezőgazdasági növényének – a kukoricának, a szójának és a gyapotnak – a terméshozamára. Az optimális hőmérsékleti küszöbök megmutatják, hogy meddig várható terméshozam-növekedés, és milyen szint felett terméshozam-csökkenés. A hozamcsökkenés üteme a küszöbhőmérséklet felett meredekebb, mint az az alatti növekedés, ami arra utal, hogy a magas hőmérséklet aránytalanul nagyobb károkat okoz. A tanulmány rávilágít arra, hogy a klímaváltozás jelentős negatív hatással lehet az Egyesült Államok mezőgazdasági terméshozamaira, különösen, ha a hőmérséklet-emelkedés meghaladja a növények optimális hőmérsékleti küszöbeit. Az eredmények hangsúlyozzák az alkalmazkodási stratégiák és a hőmérséklettűrő növényfajták kifejlesztésének fontosságát a jövőbeli élelmezés-biztonság biztosítása érdekében.

Ugyanezen módszertan alkalmazásával publikált egy tanulmányt *Accetturo és Alpino (2023)* a klímaváltozás mezőgazdaságra gyakorolt hatásairól. Fix hatású

panelregresszió és a hőmérsékleti küszöbök alkalmazásával adnak előrejelzést a búza, a kukorica és a szőlő terméshozamára 2030-as kitekintéssel. A becsléseik alapján a szőlő nem annyira érzékeny a hőmérsékletre, szemben a terményekkel, de azon belül is a kukorica bizonyult a legkevésbé ellenállónak.

Bibi és Rahman (2023) tanulmánya is a klímaváltozás mezőgazdaságra gyakorolt kedvezőtlen hatásait elemzi, különös tekintettel a hőmérséklet-emelkedésre, az aszályokra, a talajromlásra és a növekvő só- és nehézfém-szennyezésre. Ezek a tényezők csökkentik a terméshozamokat, rontják a talaj termékenységet, és fokozzák a növényekre jellemző betegségek terjedését, így veszélyeztetve a globális élelmiszer-biztonságot. A szerzők két fenntartható megoldást emelnek ki – a biochar és a biostimulánsok alkalmazását –, amelyek képesek javítani a talajállapotot, növelni a növények ellenálló képességét és mérsékelni az üvegházhatású gázok kibocsátását.

A *Frontiers in Plant Science* 2022-es tanulmánya Ázsiára fókuszálva ismerteti a klímaváltozás mezőgazdasági hatásait és az alkalmazkodási lehetőségeket. A modellek szerint a várható hozamcsökkenés 12,0–17,0% közé tehető a rizs és a búza esetében a 2040–2069 közötti időszakra. Azonban a korai vetésideő vagy a nitrogén- és öntözéskelés segítségével javítható a termelés és a gazdasági jövedelmezőség is. Ezenfelül helyet kaptak a tanulmányban az olyan klímatudatos mezőgazdasági megoldások is, mint a vetésforgó, az agroerdészeti, az időben érzékeny (előrejelző) döntéstámogató rendszerek, a precíziós gazdálkodás és a biodiverzitás-támogató gyakorlatok, amelyek a jövőben kulcstényezővé fognak válni az élelmiszer-biztonság megőrzésében (*Habib-ur-Rahman et al., 2022*).

A Magyarországi terméshozamokra is készült szimuláció a 2000–2016-os időszakra, az őszi búza, a repce, a kukorica és a napraforgó terméshozamát vizsgálták meteorológiai reanalízisből származó adatok és a talaj víztartalmának felhasználásával, havi felbontásban. A szerzők különböző statisztikai módszereket alkalmaztak, beleértve a lineáris és a nemlineáris modelleket, hogy meghatározzák az éghajlati változók és a vegetációs indexek hatását a terméshozamokra. Eredményeik alapján a távérzékelési adatok integrálása az éghajlati információkkal hatékony eszközt jelenthet a terméshozamok becslésében (*Kern et al., 2018*).

A témában megjelenő tanulmányok többsége arra hívja fel a figyelmet, hogy a klímaváltozás kezelése, hatásainak csökkentése mellett a rendelkezésre álló adaptációs lehetőségeket alkalmazni kell az élelmiszer-biztonság megőrzése érdekében. Erre példa lehet a talajszerkezetet megőrző technológiák bevezetése vagy a szárazságtűrő növények termesztése (*Webber et al., 2018*).

3. Mezőgazdasági biztosítások és a 2022-es aszály

Az eddigiekből is kitűnik, hogy a mezőgazdaságban számos olyan tényező létezik, amelyek veszélyeztethetik a gazdálkodók jövedelmét: az időjárás változékonysága, betegségek, kártevők, tűz vagy a termelési folyamatok során bekövetkező egyéb károk. Ezeknek a kockázatoknak egy része csökkenthető, ellenben ha csupán alacsony valószínűséggel van kilátásban jelentős anyagi kár, akkor a mezőgazdasági biztosítás lehet a megoldás. A mezőgazdasági biztosítás egy speciális biztosítási forma, a mezőgazdasági termelők számára nyújt védelmet a termelés során felmerülő különféle kockázatokkal szemben. A mezőgazdasági biztosítás célja, hogy segítsen a gazdálkodóknak a kockázatok kezelésében, és enyhítse a váratlan veszteségeket (*Kemény et al., 2010*).

A biztosítási szektorban nem rendelkeznek nagy állománnyal a mezőgazdasági biztosítások, ugyanakkor az élelmiszer-ellátásban betöltött kulcsszerepük miatt mégsem elhanyagolhatók. Magyarországon a mezőgazdasági biztosítások döntő többségét a növénybiztosítások adják, 2023-ban a teljes díjbevétel 90,3%-át tették ki. Különféle károokra nyújtanak fedezetet, biztosítás köthető a termésre a fagy, az aszály, a jégeső, a vihar vagy a rovarfertőzések okozta károk ellen. Emellett a gazdálkodók számára elérhetőek vagyon- és felelősségbiztosítások (ezek összértéke a díjak 8,0%-át tette ki 2023-ban), amelyekkel biztosíthatják magukat a gépek, eszközök vagy az épületek (szárítók, tárolók, istállók) leégése, meghibásodása, illetve a termelési területeken történő balesetek ellen. Az állatbiztosítás 2023-ban kevesebb mint 1,7%-át tette ki az összes biztosításnak, az ilyen jellegű biztosítás célja az, hogy megóvja a gazdákat az állatok betegségei, a balesetek, illetve az állatállomány csökkenéséből adódó anyagi veszteségektől. Az efféle biztosítások különböző állatfajokra, például szarvasmarhákra, sertésekre, baromfikra vonatkozhatnak. Végül az erdőbiztosítás, amelynek mindössze 0,04% volt a díjbevételekben a részaránya 2023-ban hazánkban, biztosítást nyújt az erdőtelepítéstől akár a felhasználásig terjedő időszakban felmerülő károokra (*Molnár, 2024*).

A mezőgazdasági biztosítás előnye, hogy pénzügyi biztonság ad, lehetővé téve a vállalkozás folyamatosságát, amikor a váratlan események extra pénzügyi terheket okoznak. Magyarországon a mezőgazdasági biztosítások bizonyos típusai állami támogatást is igénybe vehetnek, így a gazdák számára kedvezőbb feltételek mellett érhetők el. Ez az uniós agrártámogatások része, a gazdák kockázatkezelési eszközeinek erősítése érdekében. A Közös Agrárpolitikai Stratégiai Terv a 2021–2027 közötti időszakra vonatkozó mezőgazdasági és vidékfejlesztési célokat fogalmaz meg, amelyek célja az ágazat fenntarthatóságának, versenyképességének és rugalmasságának fokozása. A terv középpontjában a mezőgazdasági termelők támogatása, az éghajlatváltozás kezelése és a környezet javítása áll. Különböző

finanszírozási mechanizmusokat tartalmaz a korszerűsítés, a vidékfejlesztés és a kockázatkezelés terén, beleértve a mezőgazdasági biztosítások támogatását, amely elengedhetetlen a termelési kockázatok kezeléséhez (*Európai Bizottság, 2024a*).

2024. március 14-én jelent meg a *KAP-RD16-1-24 Mezőgazdasági Kockázatkezelési Rendszer (MKR II. pillér): Díjtámogatott mezőgazdasági biztosítás (2024)* elnevezésű pályázati felhívás, amelynek elsődleges célja a magyar gazdálkodók terheinek, azaz a termelésüket nehezítő kockázatok csökkentése. Kedvezőtlen időjárási események okozta károk esetén nyújt fedezetet a növénykultúra 20,0%-ot meghaladó hozamcsökkenése esetén. Jelenleg három típusát különböztethetjük meg: „A”, „B” és „C”, a köztük lévő különbséget az adja, hogy milyen biztosítási eseményre nyújt fedezetet, illetve mely növényfajokra igényelhető. 2023-ban a növénybiztosítások döntő többségét a díjtámogatott biztosítások tették ki (*Európai Bizottság, 2024b*).

A díjtámogatott biztosítások különösen nagy szerepet játszottak abban, hogy a 2022-es aszály idején a gazdák talpon tudjanak maradni a károk realizálódása után is. Sőt, a Tesztüzemi Információs Rendszer eredményei alapján a társas vállalkozások adózás előtti eredménye 2022-ben rendkívül magasra rúgott (260,28 ezer forint/hektár), az inflációt is figyelembe véve 78,0%-kal haladta meg a 2021-es évet (*Keszthelyi, 2024*). 2022-ben a mezőgazdaságot globális és regionális szinten is számos kihívás és változás jellemezte, amelyek közül első helyen a klímaváltozás és az időjárási szélsőségek álltak. A globális felmelegedés hatásai tovább súlyosbodtak Európában: hosszabb aszályos időszakok, intenzívebb esőzések, hőhullámok és egyéb szélsőséges időjárási jelenségek nehezítették a termelést. Az európai országok, köztük Magyarország, különösen súlyos aszályokat szenvedtek el, ami negatívan befolyásolta a terméshozamot, ez okozta a gabonafélék, a kukorica, a napraforgó termés kiesését. Mindemellett az orosz–ukrán konfliktus drasztikusan megemelte a gabona- és a műtrágyaárakat. Ukrajna és Oroszország a világ gabonatermelésének és -exportjának jelentős részét adja, így a háború globális élelmiszer-ellátási zavarokat okozott (*Lin et al. 2023*). Az energiaválság és az emelkedő üzemanyagárak tovább növelték a termelési költségeket és ezáltal a műtrágya árát (*Alexander et al., 2023*).

Magyarország mezőgazdasági helyzete 2022-ben tükrözte a nemzetközi trendeket, ugyanis ez az év az elmúlt évtizedek (az elmúlt 50 év) egyik legsúlyosabb aszályát hozta, amely jelentős termés kiesést okozott a gabonaféléknél és más fontos növénykultúráknál (lásd a Függelék F1. ábráját). Az Alföld különösen érintett volt ebben, ahol a csapadékhiány és a hőhullámok drámai hatással voltak a növénytermesztésre.

Számokban is kifejezve: a kukorica terméshozama 2021-hez viszonyítva átlagosan több mint felére esett vissza (F2. ábra). Ez természetesen az országban hol magasabb, hol alacsonyabb visszaesést jelentett. A terméshozam és a terméseny-

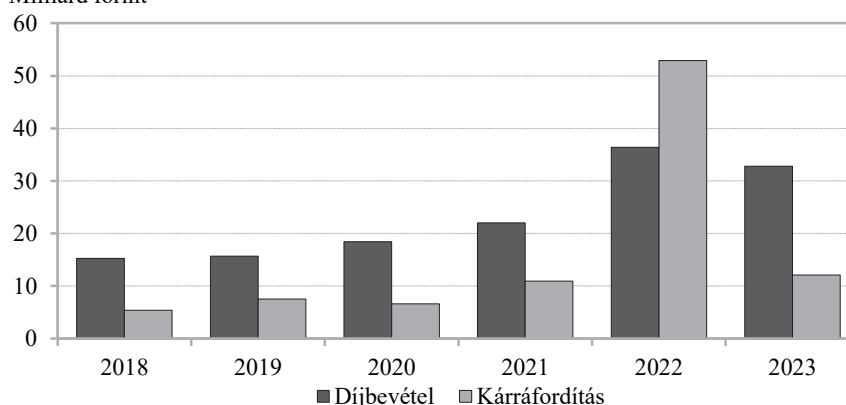
nyiség visszaesése közötti különbséget a vetésterület változása adta. A többi termék esetében is jelentős károkat szenvedtek el a gazdák, a napraforgó, a búza és más fontos gabonafélék termésátlaga is alulmúlta az elmúlt évekéit. Emellett az állattartás is érintetté vált a takarmányhiány miatt.

Összességében elmondható, hogy a biztosítások és a különféle támogatások segítségével a magyar gazdák szerencsésen átvészelték a 2022-es évet, ugyanakkor ez már kevésbé igaz azokra a biztosítókra, amelyek mezőgazdasági biztosítást kínáltak. Az évben ugyanis java részben az aszály miatt a kárfizetések nagyjából másfélszeresére rúgtak a díjbevételekhez képest. Érdeemes azt is megjegyezni, hogy a biztosítottak száma nem növekedett olyan mértékben, mint ahogy a biztosítási díjbevételek emelkedtek, viszont az Agrárminisztérium 14,3 milliárd forintra emelte a mezőgazdasági biztosítások díjtámogatására szánt keretösszeget. Mindezek ellenére továbbra is felmerül a biztosíthatóság kérdése is, hiszen ha az ilyen mértékű aszály gyakoribbá válik, akkor már állami támogatás esetén is veszteségeket generálhat ez a biztosítástípus (Demeter, 2023).

2. ábra

A mezőgazdasági biztosítások díjbevételeinek és kárráfordításának változása
Changes in premium income and claims expenses of agricultural insurance

Milliárd forint



Forrás: Bábáné Demeter, 2019; Demeter, 2020; 2021; 2122; 2023; Molnár, 2024.

Mindezek mellett 2022-ben az orosz–ukrán háború hatásai is begyűrűztek: az inputanyagok – a műtrágya, a vetőmag, a növényvédő szerek és az energia – ára jelentősen emelkedett, ami csökkentette a gazdálkodók profitabilitását. Az általános infláció pedig az agrárszektorra is kihatott, mind a termelési, mind a logisztikai költségek növekedésében. A terméskiesés egy másik problémát is előidézett: Magyarország jelentős mezőgazdasági exportőr, így a csökkenő termés hozamok miatt az exportkapacitása is csökkent.

Bár a klímaváltozás sok új kihívást tartogat, újabb megoldási ötleteket is teremtet. Egyre több gazda fordult a modern technológiák felé, drónok, talaj- és növény szenzorok alkalmazásával igyekeznek hatékonyabbá tenni a termelést. Az öntözés fejlesztése is kulcskérdés lett, hiszen a csapadékhiányos időszakok gyakorisága miatt ez alapvetővé válik a termelés fenntartásához. *Jørgensen és szerzőtársai (2020)* empirikus vizsgálattal támasztották alá, hogy azok a termelők, akiket súlyosabb kár ért, azok nagyobb valószínűséggel fordulnak a talajmegőrzési lehetőségek felé, mint akik csak kisebb károkkal szembesültek.

4. Adatok és a modell

A tanulmány célja, hogy kapcsolatot teremtsen az időjárási változók és a termények termésátlaga között panelregresszió segítségével. A modell így tartalmaz idősoros és keresztmetszeti adatokat, a megfigyelési egységeket a vármegyék testesítik meg, tehát a 39 éves időtávon a 19 vármegye adataiból összesen 741 megfigyelés adódott. A magyarázóváltozók a csapadék, illetve hőmérséklet napi értékeiből álltak elő, amit részletesen ez a fejezet mutat be. A terméshozamok a Központi Statisztikai Hivatal honlapján érhetők el (*KSH, 2024g*), míg az időjárási változók a FORESEE honlapján (*FORESEE, 2024*).

A FORESEE (Open Database for Climate Change-Related Impact Studies in Central Europe) egy nyílt hozzáférésű meteorológiai adatbázis, amelyet a közép-európai éghajlatváltozással kapcsolatos hatástanulmányok támogatására hoztak létre. Az adatbázis interpolált, napi léptékű minimum- és maximumhőmérséklet-, valamint csapadékösszeg-adatokat tartalmaz. Alapvetően Közép-Európa országaira fókuszál, különös tekintettel Magyarországra és a környező területekre. Az adatbázis a múltbeli adatok mellett jövőre vonatkozó forgatókönyveket is tartalmaz 2100-ig bezárólag.

Az egyes mezőgazdasági terményeknek megvannak az időjárási tényezőkhez kapcsolódó igényei, azaz milyen hőmérsékleten érdemes vetni, mennyi az ideális csapadékmennyiség és a hőmérséklet, milyen a szárazságtűrő képessége. A magyarázóváltozók ezeket a tulajdonságokat hivatottak megragadni. Ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy ameddig a termésátlag évente egyszer áll elő, addig a hőmérsékleti változók napról napra változnak, és az éves átlagok használata több szempontból sem ajánlott. Alapvetően egy adott év novemberi vagy decemberi hónapja nincs hatással az évi terményalakulásra, mert már addigra az aratás befejeződik. Ahhoz, hogy ezeket a hatásokat kizárjuk, havi bontásban jelennek meg az időjárási tényezők. Ugyanakkor csupán a havi átlagok vagy csapadék esetében az

összegek nem feltétlenül ragadják meg jól az adott év ingadozásait. Közép-Európában az előrejelzések szerint nem fog kevesebb csapadék esni, mint korábban, viszont annak eloszlása megváltozik: lesznek hosszabb, szárazabb időszakok, miközben a napi csapadékmennyiség drasztikusan megugrik majd, és egyszerre esik le egy havi mennyiség (IPCC, 2021). A cél ezért olyan magyarázóváltozók előállítását volt, amelyek jobban kifejezik az extrém meleget vagy a csapadékmentes, szárazabb időszakokat. Emiatt a következő változók kerültek be a modellbe:

1. táblázat

A modellben szereplő változók
Variables included in the model

Változó	Meghatározás
Havi átlaghőmérséklet	Az adott hónap napi átlaghőmérsékleteinek átlagaként adódik.
Meleg napok száma	Azon napok száma az adott hónapban, amikor a maximális hőmérséklet meghaladta a 30 °C-ot
Forró napok száma	Az adott hónapban azon napok száma, amikor a maximum-hőmérséklet meghaladta a 35 °C-ot
Hideg napok száma	Adott hónapban azon napok száma, amikor a minimum-hőmérséklet nem haladta meg a –3 °C-ot
Egymást követő meleg napok száma	Adott hónapban, de hónapokon átívelő, egymást követő napok száma, amikor a maximum-hőmérséklet meghaladta a 30 °C-ot
Csapadékmentes napok száma	Adott hónapban, de hónapokon átívelő, egymást követő napok száma, amikor nem esett csapadék (ha január 30. és február 5. között nem esett csapadék, akkor a változó februári értéke 7 nap)
Tavalyi csapadékmennyiség	Adott évet megelőző évi összes csapadék mennyisége centiméterben megadva
Csapadékmennyiség	Adott hónapban az összes lehullott csapadék mennyisége centiméterben megadva
Hőmérséklet varianciája	Az adott hónapban megfigyelhető középhőmérséklet varianciája

Forrás: saját szerkesztés.

Az alkalmazott statisztikai módszer a *fixed effect* panelregresszió (rögzített hatású panelregresszió), amely alkalmas az 1985–2023 közötti időszak mezőgazdasági adatainak elemzésére. Azt feltételezzük, hogy a megfigyelési egységeknek van egy nem megfigyelhető, időben állandó specifikus hatása, mint amilyen a termőföld tulajdonságai, a talaj vízmegtartó képessége, a mezőgazdasági tevékenységet folytató gazdaság fejlettsége, amelyeket a panelregresszió képes megfogni.

Rögzített hatású panelregresszió egyenlete a következőképp adódik:

$$\ln(y_{it}) = X_{it}\beta + a_i + u_{it}, \text{ ahol } t = 1, 2, \dots, T \text{ és } i = 1, 2, \dots, N, \quad (1)$$

ahol y_{it} a függő változó, amely megfigyelt t időpontban és i egyedre, X_{it} az idővariáns, egy $l \times k$ méretű mátrix, amely a magyarázóváltozókat tartalmazza, β a paraméterek $k \times l$ méretű mátrixa, a_i az i -edik egyedhez tartozó nem megfigyelt, időben változatlan egyéni hatás, u_{it} a hiba.

A regressziónál a függő változó (terméshozamok) és a magyarázóváltozók kapcsolatáról feltételezzük, hogy nem additív jellegű, hanem inkább multiplikatív, azaz valamely magyarázóváltozóban beállt egységnyi változás *ceteris paribus* $x\%$ -kal változtatja a terméshozamot, tehát a függő változók logaritmusába került be a számításba. Ennek oka, hogy az időjárási változók hatása nem lineáris a termésátlagra, mert a kedvezőtlen hatások erősebben érvényesülnek, mint a kedvezőek.

A regresszió futtatása előtt végzett tesztek alapján a változók stacionerek voltak, továbbá a robusztusság vizsgálatánál is megfelelőnek bizonyult a modell. Egy vármegyére jellemző gazdasági változó (GDP) modellbe való beillesztését követően az eredmények (becsült koefficiensek) csak minimális változást mutattak. A fix hatású panelregresszió mellett a modellszelekcióban részt vett a pooled regresszió és a random hatású panelregresszió is, amelyek közül a fix hatású illeszkedett a legjobban.

5. Eredmények

A fejezet bemutatja a kapott eredményeket, amelyeket két nagy csoportra érdemes bontani, attól függetlenül, hogy a modellben egyszerre szerepelnek: a hőmérséklethez köthető változók koefficienseire és a csapadékhoz köthető változók együtthatóira. Ezek vizsgálatai előtt egy rövid összefoglaló ad képet a függő változokról, azaz a termények terméshozamairól. Mindezek után a megbecsült koefficiensek, a fix hatások és a sokkolt változók segítségével 2 szcenárió mentén ad predikciót a modell a terméshozamok várható alakulásáról. Az összes változót magában foglaló leíró statisztika, illetve a becsült koefficiensek a szignifikanciaszinttel együtt a Függelékben tekinthetők meg.

2. táblázat

Leíró statisztika – termények
Descriptive statistics – crops

Változó	Átlag	Szórás	Minimum	Maximum
Kukorica	5,8	1,8	1,5	10,3
Búza	4,5	0,9	1,6	6,8
Napraforgó	2,2	0,5	0,8	3,6
Árpa	4,1	1,1	1,5	7,3

Forrás: saját szerkesztés.

A leíró statisztikából kitűnik, hogy a legmagasabb terméshozammal a kukorica rendelkezik, ugyanakkor szórása is messze magasabb, mint a többi terményé. Mindemellett a minimum- és a maximumérték közötti különbség jóval számottevőbb. Az őszi árpa terméshozama is eléggé volatilis, ami utalhat arra – a kukoricához hasonlóan –, hogy érzékenyebbek az időjárási tényezőkre, mint a búza vagy a napraforgó.

A hőmérséklethez köthető időjárási változók, mint amilyen az átlaghőmérséklet, a meleg napok száma, illetve az extrém hőmérsékletet megragadó változók a modellben havi bontásban szerepeltek. A legmagasabb átlaghőmérséklet júniusban van, mindamellett, hogy a szórás itt a legalacsonyabb. Ugyanakkor a legtöbb olyan nap, amikor a hőmérséklet eléri a 35 °C-ot, az augusztusra jellemző.

A Függelék F3. ábrája reprezentálja, hogy a havi átlagos hőmérsékletben beállt növekedés hány százalékkal változtatja meg a terméshozamot. Itt két kritikus időszakot lehet megemlíteni, a májust és a júliust, ezekben a hónapokban az átlaghőmérsékletben beállt 1 °C-os emelkedés drasztikusan, akár 8,0%-kal tudja csökkenteni az árpa terméshozamát. A tavaly szeptemberi, illetve októberi hónap csak a búza, illetve az árpa esetében lehet releváns, mivel a vetési idejük akkora tehető. A kukoricánál és a napraforgónál a vetési idő áprilisra esik, így az azt megelőző időszak hőmérsékletátlagai nem befolyásolták a termésátlagot, emiatt nem kerültek be a modellbe.

A Függelék F4. ábrája az extrém hőmérsékleti változók hatását reprezentálja, azaz a tavaszi hónapokban (március és április) a hideg napok számát, míg a nyári hónapoknál a forró napok számát mutatja. Látható, hogy a forró napok számának növekedése negatívan hat a kukorica és a napraforgó terméshozamára, továbbá a kukorica a leginkább érzékeny erre. Miközben a márciusi fagyos napok számának emelkedése inkább kedvez, addig az áprilisi fagy (amely a kukorica és a napraforgó esetén a vetési időszak) már csökkenti a terméshozamot. Érdeemes megjegyezni, hogy míg júniusban az átlaghőmérséklet emelkedése pozitív hatással volt a terméshozamra, addig az extrém forró napok már sokat rontanak azon. Ez nem feltétlenül vezet ellentmondáshoz, mivel az átlagolás elrejtje a kiugró értékeket. Megjegyzendő, hogy a forró napok számának emelkedésével az átlaghőmérséklet is emelkedik, vagyis a két változó összefügg.

A csapadék mennyisége növekedésének hatását az egyes hónapokban a Függelék F5. ábrája mutatja be terményenként, azaz azt, hogy 1 cm csapadéknövekedés hány százalékos változást idéz elő a terméshozamokban. A csapadék mennyiségének emelkedése a legtöbb hónapban kedvezően hat a kukoricára. A napraforgó és a búza esetében júniusban és júliusban negatív kapcsolat áll fenn a terméshozam alakulása és a csapadékösszeg növekedése között. A hőmérséklettel ellentétben azok a hónapok is szerepelnek a modellben, amelyek vetési idő előtt állnak. Ennek

oka, hogy a talaj vízmegtartó képessége, illetve nedvességtartalma is szerepet játszik a terméshozam alakulásában, emiatt a tavalyi év csapadékmennyisége is bekerült.

A Függelék F6. ábráján látható változó becsült együtthatójának hatása, amely azon egybefüggő időszakot (napok számát) jelöli, amikor nem esett csapadék, nem olyan kiugróan magas. Ugyanakkor egy kivételével mindegyik terméshozamra kedvezőtlenül hat, vagyis plusz egy csapadékmentes nap várhatóan ront a hozamokon. Emellett megfigyelhető, hogy ennek a változónak is számottevőbb a kukoricára gyakorolt hatása, mint más terményekre. Alapvetően itt is elmondható, hogy a csapadékmentes napok száma összefügg a várható csapadékkal, viszont nem biztos, hogy a hőmérséklettel ellentétben – a klímaváltozás hatására – ez mindig fenn fog állni, mivel gyarapodnak azok az események, amikor egy nap alatt hullik le egyhavi csapadék.

Összességében az időjárási anomáliák (extrém hőmérséklet, áprilisi fagy vagy nagy forróság, csapadékmentesség) negatívan befolyásolják a terméshozamot mindegyik terménynél, viszont azok a változók hatása, amelyek jobban elfedik a hónapon belüli kiugró értékeket (átlaghőmérséklet, csapadékösszeg), már nem feltétlenül pozitív vagy negatív. A májusi és a júliusi átlaghőmérséklet emelkedése egyértelműen negatívan hat a terméshozamokra, a többi hónapban ez pozitív. A nagyobb csapadékmennyiség a kukoricánál minden hónapban kedvező, de a többi terménynél már nem minden hónapban pozitív ezzel a változóval a kapcsolat.

A becsült együtthatók segítségével lehetőség nyílik arra is, hogy megvizsgáljuk az extrém időjárási események hatásait a különböző termények terméshozamaira. Magyarországon a klímaváltozás miatt egyenetlenné válik a csapadékeloszlás, a nyári hónapok várhatóan szárazabbak lesznek, többször fordulnak elő hosszabb, csapadékmentes időszakok, ugyanakkor gyakoribbak lesznek az olyan esőzések, amelyeknél nagyobb mennyiségű víztömeg zúdul le rövid idő alatt. Az átlagos középhőmérséklet emelkedése lesz jellemző mind a téli, mind a nyári hónapokra, amivel párhuzamosan a hóhullámok gyakoriságának emelkedése is valószínűsíthető (*Jolankai–Birkás, 2007*).

A predikció bemutatja, hogy a májustól augusztusig terjedő időszakban – amikor a növények a leginkább kitettek az időjárási extremitásnak, mint amilyen a forróság vagy az aszály – a négy termény terméshozama miképpen reagál a havi középhőmérséklet emelkedésére, a forró napok számának növekedésére, továbbá a havi csapadékmennyiség drasztikus csökkenésére és a csapadékmentes napok számának növekedésére.

Összességében a cél az „aszálykomponensek” hatásának vizsgálata és bemutatása a különböző terményeken keresztül. A viszonyítási alap a 2021-es év, amikor a terméshozamok mennyisége mindegyik termény esetében átlagosnak tekinthető.

Tehát a predikció azt mutatja be, hogy a sokkolt változókra illesztett modell eredményei mennyiben térnek el a 2021-es évre illesztett modell eredményeitől. A tanulmány a termésátlagok predikciójához a hőmérséklet és a csapadékmennyiség változásait külön vizsgálta, két eltérő mértékű (egy mérsékelt és egy súlyosabb) sokkhatás alkalmazásával. Ez lehetővé teszi annak feltérképezését, hogy az aszályhoz köthető stressz milyen hatást gyakorol a termésátlagokra, és milyen érzékenységgel reagálnak rá a növények az egyes időjárási tényezők romlására.

A hőmérsékleti sokk két eleme közül az egyik a havi középhőmérséklet-emelkedés, a másik a forró napok számának növekedése. A mérsékelt szcenárióban a májusi–augusztusi időszakban 2,0%-kal nő az egyes hónapok átlaghőmérséklete a viszonyítási alap középhőmérsékletéhez képest, míg a súlyosabb esetben már 5,0%-kal (20 °C-os középhőmérséklet esetén ez a változás 1 °C-ot jelent). Mindközben a forró napok száma 10,0%-kal emelkedik a mérsékelt és 30,0%-kal a súlyosabb stresszforgatókönyvben.

A Függelék F7. ábrája a hőmérsékleti sokk szerinti (mérsékelt és súlyos) szcenáriók eltéréseit szemlélteti a 2021-es viszonyítási alaphoz képest terményenként és vármegyei bontásban. Az oszlopdiagram a mérsékelt forgatókönyvet reprezentálja, a pontdiagram pedig a súlyosabbat. A kapott eredmény alapján szépen kirajzolódik, hogy a bázisévhez képest egy enyhébb hőmérséklet-emelkedés is jelentősen tudja csökkenteni a terméshozamokat, kukorica esetén ez akár 6,2–11,9%-os visszaesést is jelenthet. Egy nyári hőmérsékleti stressz minden terményre károsan hat, amit természetesen árnyalnak a vármegyék és a termények közötti eltérések. A napraforgó jóval ellenállóbb a hőstresszel szemben, mint a kukorica, míg a hőmérsékletnek a búzára és az árpára gyakorolt hatása közel azonos.

A hőmérséklethez hasonlóan a csapadékot megfogó változókra épülő predikciók is két szcenárió (mérsékelt és súlyos) mentén mutatták meg, hogy mennyiben térnek el a bázistól. A mérsékelt forgatókönyvben a május–augusztusi időszakban a havi csapadékmennyiség 25,0%-kal csökkent, míg a súlyos esetében 75,0%-kal volt kevesebb eső. Továbbá az esőmentes napok száma is növekedett 10 (mérsékelt szcenárió), illetve 30,0%-kal (súlyos szcenárió). A Függelék F8. ábrája ezt mutatja be minden terményre vármegyénként. A Függelék F7. ábrájához hasonlóan az oszlopdiagram jelöli a mérsékelt forgatókönyvet és a pontdiagram a súlyosat. Az F8. ábrából kitűnik, hogy a csapadék hiánya egyedül a kukorica esetében kritikus ebben a modellben, minden más termény terméshozamára inkább pozitívan hat. Érdeemes megemlíteni, hogy a csapadékmennyiségnél nem csak az adott időszak csapadékmennyisége lehet kritikus tényező, mivel a talaj vízmegtartó képessége fontos szerepet játszik. Éppen ezért a 2024. évi vagy a nyarat megelőző hónapok csapadékmennyisége is sokat javíthat a terméshozamokon, miközben az extrém magas hőmérsékletet nem igazán tudja ellensúlyozni az előző időszak hűvösebb idő.

6. Konklúzió

A klímaváltozás fizikai kockázatainak jelentősen kitett mezőgazdaság ugyan nem képvisel magas részarányt az ország gazdaságában, az élelmiszer-ellátásban betöltött szerepe miatt mindenképp figyelmet érdemel. Az eddig elkészült tanulmányok mind azt mutatják, hogy a globális felmelegedés negatív hatással van a termények hozamaira, és a megfelelő módszerek, eszközök bevezetése nélkül csökkenni fog a termésátlag. Mindemellett nem minden terményre fog ugyanúgy hatni a klímaváltozás, a búza az ellenállóbb fajták közé tartozik, miközben a kukorica jóval sérülékenyebb, extrém forróságban rendkívüli módon le tud csökkenni a terméshozama.

A tanulmány fix hatású panelregresszió segítségével vizsgálta az időjárási változók és a termények terméshozamai közötti összefüggéseket, majd a május–augusztusra alkalmazott csapadék- és hőmérsékleti sokkok segítségével képet adott a terméshozamok lehetséges alakulásáról egy aszályos időszakban. Az eredmények azt mutatták, hogy a csapadékmentes időszakok, illetve az extrém forróság minden termény terméshozamát negatívan befolyásolják. A havi középhőmérséklet emelkedése májusban és júliusban kedvezőtlen mindegyik terményre, viszont a tavaszi hónapoknál ennek hatása pozitív. A csapadékmennyiség emelkedése csak a kukorica esetében mutat minden hónapra pozitív kapcsolatot, a búza terméshozamára a nyári hónapokban negatív összefüggés figyelhető meg.

A sokkolt előrejelzések alapján az aszályal szemben legkevésbé ellenálló termény a kukorica – ez az eredmény megegyezik a szakirodalomával –, amely mind a csapadékmennyiség csökkenésére, mind a hőmérséklet emelkedésére érzékenyen reagál. Mindemellett a hőmérséklet emelkedése minden más termény terméshozamánál csökkenést idézett elő, miközben a szárazságra, a csapadék csökkenésére csak a kukorica terméshozama mutatott visszaesést.

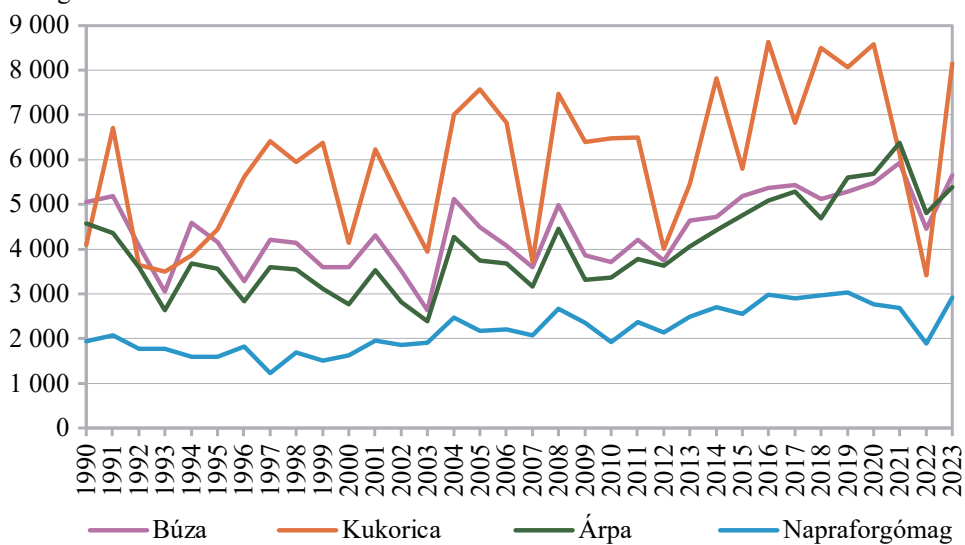
Mezőgazdasági biztosítások szempontjából az aszályok gyakoribbá válása aggodalomra adhat okot, hiszen a nagy arányban jelen lévő kukorica biztosíthatósága veszélybe kerülhet. A klímaváltozás Magyarországra gyakorolt hatása pedig a többi terményt is negatívan érinti a hőmérséklet-emelkedés által, mivel a havi középhőmérséklet-emelkedés, a hőhullámok gyakoriságának emelkedése mind terménycsökkenést idézhet elő. Összességében emiatt elengedhetetlen az adaptáció és a megfelelő technológiák bevezetése ahhoz, hogy a mezőgazdaság gazdasági termelékenység szempontjából helytálljon úgy, hogy a jövőbeni kockázatai még biztosíthatók maradjanak.

Függelék

F1. ábra

Termények terméshezamainak változása
Change in crop yields

Kilogramm/hektár

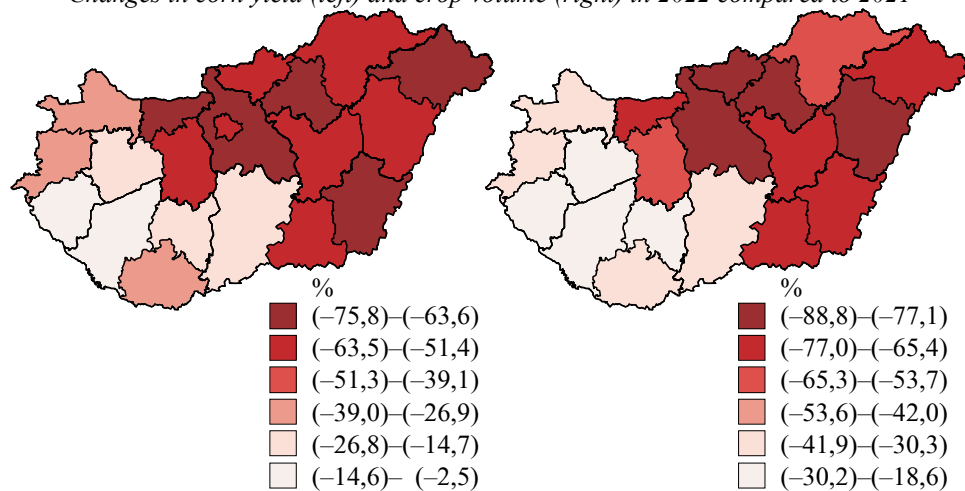


Forrás: KSH, 2024f.

F2. ábra

A kukorica terméshezamának (bal) és termésmennyiségének (jobb) változása
2022-ben 2021-hez viszonyítva

Changes in corn yield (left) and crop volume (right) in 2022 compared to 2021



Forrás: KSH, 2024f.

F1. táblázat

Leíró statisztika
Descriptive statistics

Változó	N	Átlag	Szórás	Minimum	Maximum
eso tavaly	741	51,6	13,0	17,9	103,4
T tavaly sept	741	19,3	1,9	12,9	24,1
T tavaly okt	741	13,8	1,7	7,9	17,7
varT_jun	741	11,6	5,9	2,4	34,4
varT_jul	741	9,8	3,9	1,8	21,1
varT_aug	741	10,5	5,1	2,3	25,8
nincs eso jan	741	25,5	13,4	6,0	79,0
nincs eso febr	741	25,7	16,9	5,0	96,0
nincs eso marc	741	26,4	17,4	4,0	102,0
nincs eso apr	741	23,5	16,4	5,0	116,0
nincs eso may	741	17,0	12,9	3,0	123,0
nincs eso jun	741	13,4	7,6	4,0	79,0
nincs eso júl	741	14,4	6,4	3,0	53,0
nincs eso aug	741	16,6	9,2	5,0	55,0
nincs eso sept	741	17,1	9,2	4,0	53,0
meleg may	741	0,5	1,0	0,0	7,0
meleg jun	741	3,4	2,7	0,0	14,0
meleg jul	741	5,6	3,4	0,0	17,0
meleg aug	741	6,0	4,6	0,0	28,0
meleg sept	741	1,4	2,3	0,0	16,0
eso jan	741	2,7	1,8	0,0	12,8
eso febr	741	2,8	2,1	0,0	11,6
eso marc	741	2,9	2,2	0,0	12,0
eso apr	741	3,5	2,1	0,0	11,3
eso may	741	5,7	3,5	0,0	19,8
eso jun	741	6,0	3,1	0,1	15,7
eso jul	741	5,5	3,2	0,0	16,5
eso aug	741	5,4	3,4	0,0	21,9
eso sept	741	5,1	3,6	0,0	18,0
T jan	741	1,2	2,6	-6,3	8,6
T febr	741	3,6	3,4	-7,0	10,3
T marc	741	8,4	2,5	0,0	13,3
T apr	741	14,0	1,9	7,7	19,6
T may	741	18,9	1,8	12,9	23,3
T jun	741	22,4	1,8	16,6	27,1
T jul	741	24,6	1,6	19,8	28,4
T aug	741	24,4	1,9	18,6	29,0
T sept	741	19,4	2,0	12,9	24,4
Forró_jun	741	0,2	0,7	0,0	6,0
Forró_jul	741	1,0	1,9	0,0	9,0
Forró aug	741	1,3	2,4	0,0	12,0
Hideg marc	741	4,0	4,5	0,0	20,0
Hideg apr	741	0,3	0,8	0,0	5,0
Soc	741	0,6	0,5	0,0	1,0

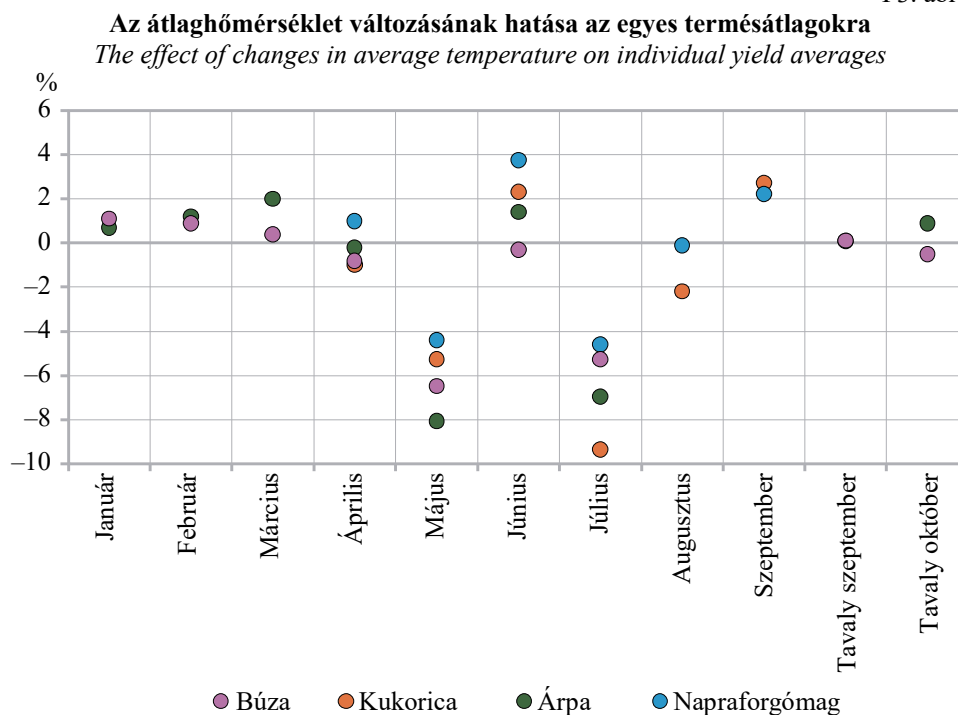
Változó	Kukorica	Napraforgó	Őszi búza	Őszi árpa
eso_tavaly	0,001* (0,001)	-0,002*** (0,001)	0,001 (0,001)	0,001* (0,001)
T_tavaly_sept			-0,005 (0,004)	0,009* (0,005)
T_tavaly_okt			0,017*** (0,005)	0,020*** (0,005)
varT_jun	-0,003 (0,002)	-0,004*** (0,001)	-0,007*** (0,001)	-0,008*** (0,002)
varT_jul	-0,012*** (0,003)	-0,010*** (0,002)	-0,015*** (0,002)	-0,023*** (0,003)
varT_aug	0,008*** (0,002)	0,010*** (0,001)	0,011*** (0,002)	0,012*** (0,002)
nincs_eso_jan			0,001 (0,001)	0,0004 (0,001)
nincs_eso_febr			-0,002*** (0,001)	-0,002*** (0,001)
nincs_eso_marc			0,001 (0,0005)	0,001 (0,001)
nincs_eso_apr	-0,00000 (0,001)	-0,002*** (0,0005)	-0,001** (0,0005)	-0,002*** (0,001)
nincs_eso_may	-0,001** (0,001)	-0,002*** (0,001)	-0,002*** (0,001)	-0,001** (0,001)
nincs_eso_jun	-0,002* (0,001)	0,001 (0,001)	-0,004*** (0,001)	-0,004*** (0,001)
nincs_eso_júl	-0,006*** (0,001)	-0,002** (0,001)	-0,003*** (0,001)	-0,002* (0,001)
nincs_eso_aug	-0,007*** (0,001)	-0,002 (0,001)		
nincs_eso_sept	0,006*** (0,001)	0,002** (0,001)		
meleg_may	-0,018** (0,009)		-0,014** (0,007)	-0,019** (0,008)
meleg_jun	-0,003 (0,005)		-0,005 (0,004)	-0,006 (0,005)
meleg_jul	0,006 (0,005)		0,013*** (0,004)	0,015*** (0,004)
meleg_aug	0,010*** (0,003)			
meleg_sept	0,002 (0,004)			
eso_jan	0,027*** (0,004)	0,006* (0,004)	-0,008* (0,004)	-0,004 (0,004)
eso_febr	0,009** (0,004)	0,010*** (0,003)	0,004 (0,004)	0,0004 (0,004)
eso_marc	0,014*** (0,004)	0,001 (0,003)	0,007** (0,004)	0,006 (0,004)
eso_apr	-0,015*** (0,005)	-0,026*** (0,004)	-0,013*** (0,004)	-0,024*** (0,004)

(A táblázat a következő oldalon folytatódik)

Változó	(folytatás)			
	Kukorica	Napraforgó	Őszi búza	Őszi árpa
eso_may	0,007*** (0,003)	−0,005** (0,002)	−0,006*** (0,002)	−0,007*** (0,002)
eso_jun	0,009*** (0,003)	−0,003 (0,003)	−0,007*** (0,003)	−0,003 (0,003)
eso_jul	0,006* (0,003)	−0,016*** (0,003)	−0,010*** (0,003)	−0,006** (0,003)
eso_aug	0,014*** (0,003)	0,002 (0,002)		
eso_sept	0,005* (0,003)	0,003 (0,002)		
T_jan			0,011*** (0,003)	0,007** (0,003)
T_febr			0,009*** (0,002)	0,012*** (0,003)
T_marc			0,004 (0,005)	0,020*** (0,006)
T_apr	−0,010* (0,006)	0,010** (0,005)	−0,008* (0,005)	−0,002 (0,005)
T_may	−0,054*** (0,006)	−0,045*** (0,005)	−0,069*** (0,005)	−0,084*** (0,005)
T_jun	0,023** (0,009)	0,037*** (0,006)	−0,003 (0,008)	0,014* (0,008)
T_jul	−0,098*** (0,012)	−0,047*** (0,007)	−0,054*** (0,009)	−0,072*** (0,010)
T_aug	−0,022** (0,010)	−0,001 (0,007)		
T_sept	0,027*** (0,006)	0,022*** (0,005)		
dummy_Forró_jun	−0,064*** (0,012)	−0,043*** (0,010)	0,001 (0,010)	0,011 (0,011)
dummy_Forró_jul	−0,021*** (0,006)	−0,005 (0,005)	−0,004 (0,005)	0,007 (0,005)
dummy_Forró_aug	−0,012** (0,005)	−0,009** (0,004)		
dummy_Hideg_marc			0,004* (0,002)	0,013*** (0,002)
dummy_Hideg_apr	−0,008 (0,011)	−0,036*** (0,009)	−0,029*** (0,009)	−0,026*** (0,010)
Soc	0,337*** (0,025)	0,345*** (0,020)	0,211*** (0,020)	0,292*** (0,022)
Observations	741	741	741	741
R2	0,735	0,664	0,603	0,673
Adjusted R2	0,714	0,641	0,572	0,647
F Statistic 54,365*** (df = 35; 687) 45,613*** (df = 30; 692) 29,806*** (df = 35; 687) 40,331*** (df = 35; 687)				

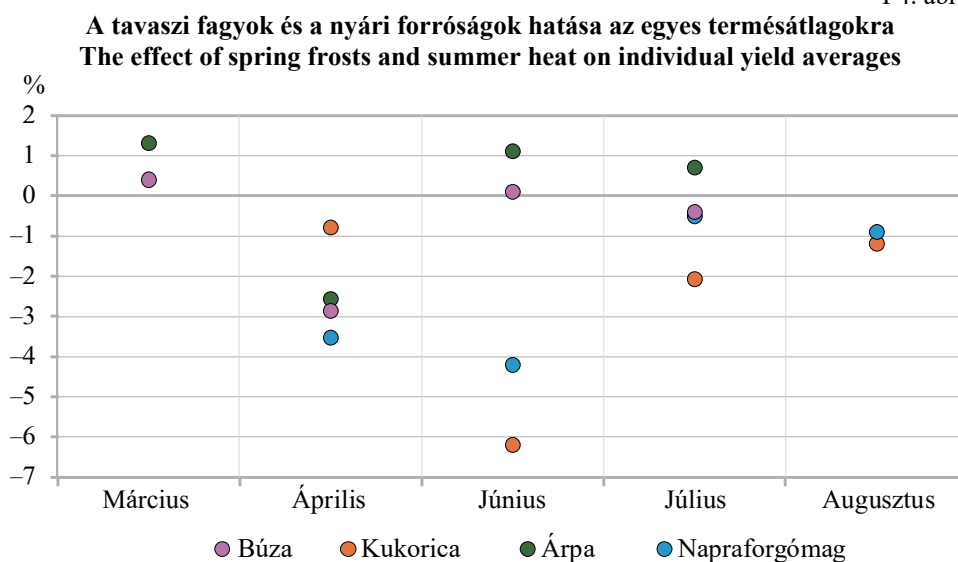
Megjegyzés: * p < 0,1; ** p < 0,05; *** p < 0,01.

F3. ábra



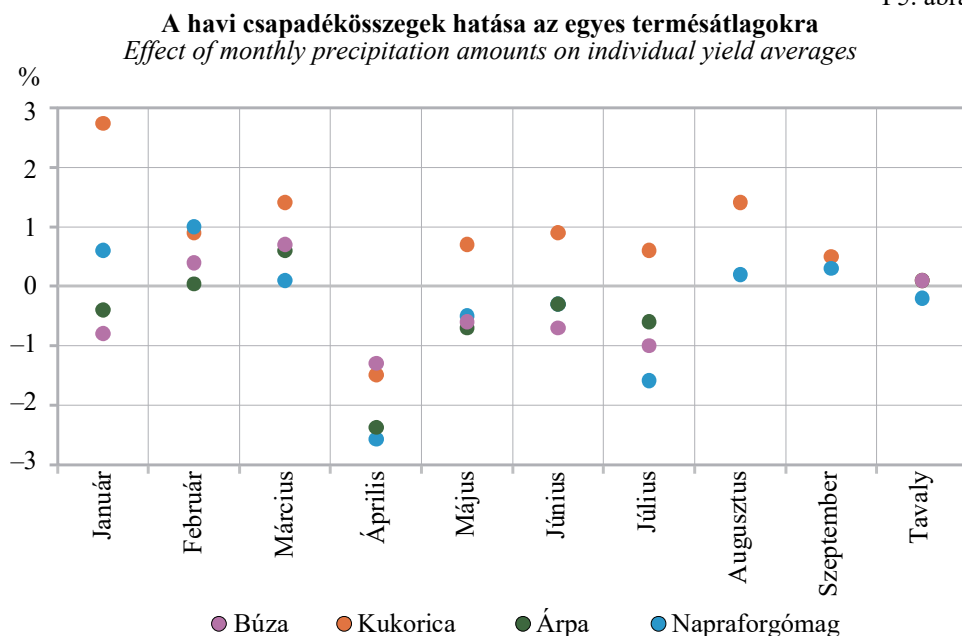
Forrás: saját szerkesztés.

F4. ábra

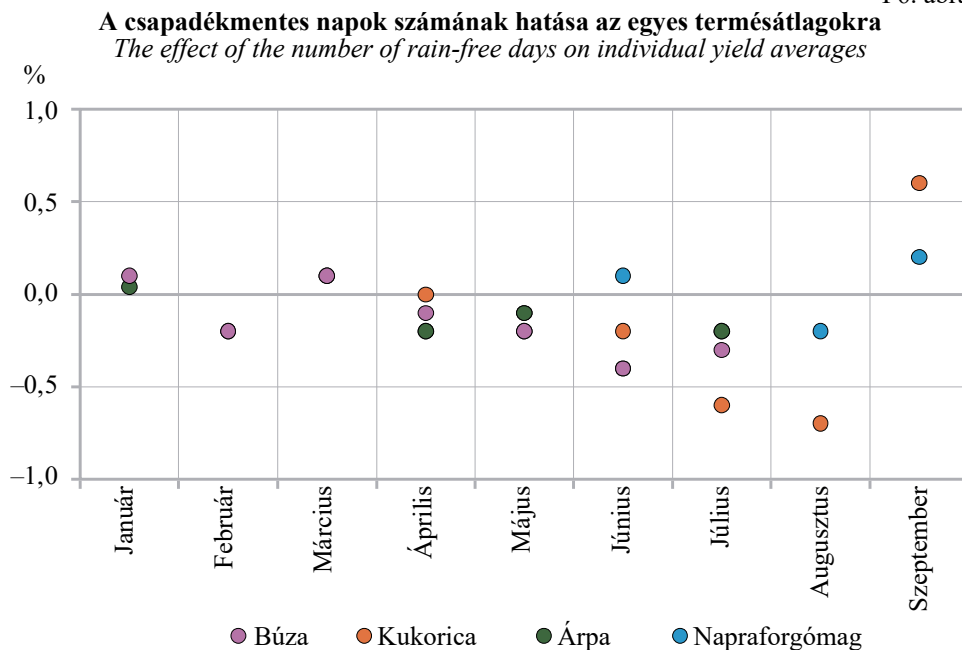


Forrás: saját szerkesztés.

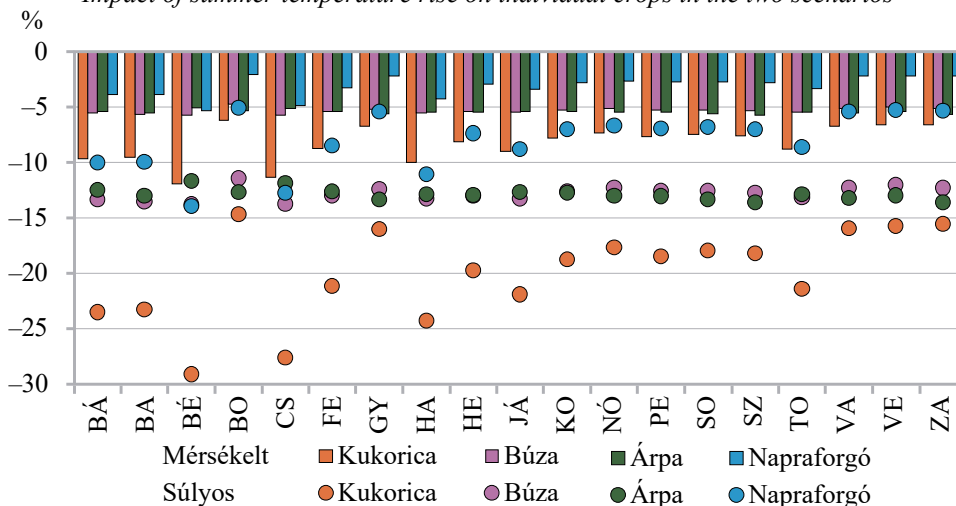
F5. ábra



F6. ábra



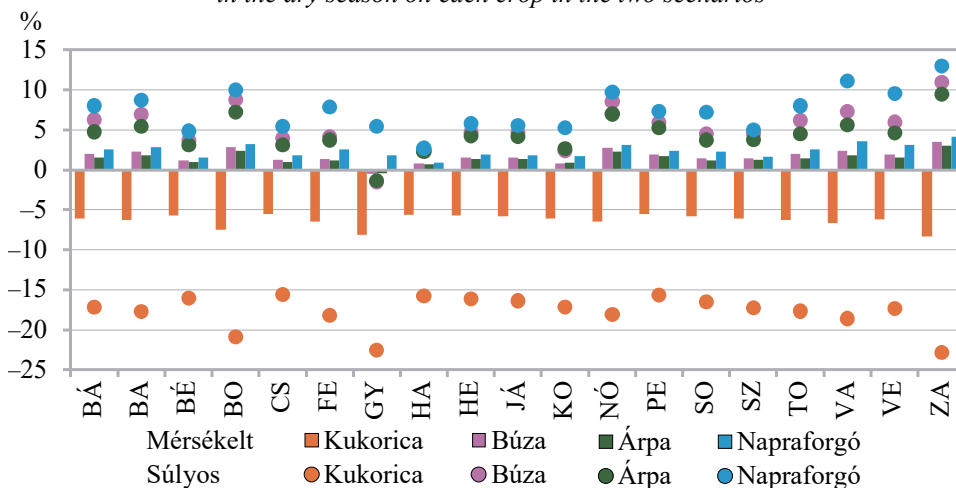
F7. ábra

A nyári hőmérséklet-emelkedés hatása az egyes terményekre a két scenárióban*Impact of summer temperature rise on individual crops in the two scenarios*

Megjegyzés: vármegyék rövidítése: BÁ: Bács-Kiskun, BA: Baranya, BÉ: Békés, BO: Borsod-Abaúj-Zemplén, CS: Csongrád-Csanád, FE: Fejér, GY: Győr-Moson-Sopron, HA: Hajdú-Bihar, HE: Heves, JÁ: Jász-Nagykun-Szolnok, KO: Komárom-Esztergom, NÓ: Nógrád, PE: Pest, SO: Somogy, SZ: Szabolcs-Szatmár-Bereg, TO: Tolna, VA: Vas, VE: Veszprém, ZA: Zala.

Forrás: saját szerkesztés.

F8. ábra

A nyári csapadékmennyiség csökkenésének, illetve a száraz időszak növekedésének hatása az egyes terményekre a két scenárióban*Effect of a decrease in summer rainfall and an increase in the dry season on each crop in the two scenarios*

Megjegyzés: vármegyék rövidítését lásd az előző ábránál. Forrás: saját szerkesztés.

Irodalom

- Abildgren, K. – Kuchler, A. (2021): Revisiting the inflation perception conundrum. *Journal of Macroeconomics*, 67. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2020.103264>
- Accetturo, A. – Alpino, M. (2023): Climate change and Italian agriculture: Evidence from weather shocks. *Bank of Italy Occasional Paper*, 756. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4464128>
- Alexander, P. – Arneth, A. – Henry, R. – Maire, J. – Rabin, S. – Rounsevell, M. D. (2023): High energy and fertilizer prices are more damaging than food export curtailment from Ukraine and Russia for food prices, health and the environment. *Nature Food*, 4(1), 84–95. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00659-9>
- Arora, N. K. (2019): Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental sustainability*, 2, 95–96. <https://doi.org/10.1007/s42398-019-00078-w>
- Bábáné Demeter E. (2019): *Mezőgazdasági biztosítások*, 2018. 3(1). <https://www.aki.gov.hu/termek/mezogazdasagi-biztositasok-2018/> (letöltés ideje: 2024. október)
- Bibi, F. – Rahman, A. (2023): An overview of climate change impacts on agriculture and their mitigation strategies. *Agriculture*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/agriculture13081508>
- Biró Sz. – Kapronczai I. – Szűcs I. – Váradi L. – Apáti F. – Bojtárné Lukácsik M. – Bozán Cs. – Felkai B. O. – Gyalog G. – Hamza E. – Körösparti J. – Pekár F. – Székely E. – Szöllősi L. – Tóth P. – Valentinyi K. – Varga, E. (2011): *Vízhasználat és öntözésfejlesztés a magyar mezőgazdaságban = Water Use and Irrigation Development in Hungarian Agriculture*. Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest. <http://repo.aki.gov.hu/299/>
- Brown, M. E. – Funk, C. C. (2008): Food security under climate change. *Science*, 319(5863), 580–581. <https://doi.org/10.1126/science.1154102>
- Demeter E. (2020): *Mezőgazdasági biztosítások*, 2019. 4(1). <https://www.aki.gov.hu/termek/mezogazdasagi-biztositasok-2019/> (letöltés ideje: 2024. október)
- Demeter E. (2021): *Mezőgazdasági biztosítások*, 2020. 5(1). http://repo.aki.gov.hu/3735/1/Mezogazdasagi_biztositasok_2020_ev.pdf (letöltés ideje: 2024. június)
- Demeter E. (2022): *Mezőgazdasági biztosítások*, 2021. 6(1). http://repo.aki.gov.hu/3901/1/Mezogazdasagi_biztositasok_2021_ev.pdf (letöltés ideje: 2024. június)
- Demeter E. (2023): *Mezőgazdasági biztosítások*, 2022. 7(1). http://repo.aki.gov.hu/4067/1/Mg_biztositasok_2022.pdf (letöltés ideje: 2024. június)
- Dobos E. – Csoma Z. – Molnár F. (2022): A Kárpát-medence talajai. In: Molnár J. – Papp G. (szerk.): *A Kárpát-medence földrajza. Természet, társadalom, gazdaság, néprajz. Monográfia*. pp. 137–158., Termini Egyesület–II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, Budapest–Beregszász. <https://dspace.kmf.uz.ua/jspui/handle/123456789/2559> (letöltés ideje: 2024. november)
- Európai Bizottság (2024a): *A közös agrárpolitika: 2023–2027*. https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-2023-27_hu#dokumentumok (letöltés ideje: 2024. december)
- Európai Bizottság (2024b): *Magyarország KAP-stratégiai terve*. https://agriculture.ec.europa.eu/cap-my-country/cap-strategic-plans/hungary_hu (letöltés ideje: 2024. november)
- FORESEE (2024): *Download the FORESEE database*. <https://nimbus.elte.hu/FORESEE/index-data.html> (letöltés ideje: 2024. június)

- Habib-ur-Rahman, M. – Ahmad, A. – Raza, A. – Hasnain, M. U. – Alharby, H. F. – Alzahrani, Y. M. – Bamagoos, A. A. – Hakeem, K. R. – Ahmad, S. – Nasim, W. – Ali, S. – Mansour, F. – El Sabagh, A. (2022): Impact of climate change on agricultural production; Issues, challenges, and opportunities in Asia. *Frontiers in Plant Science*, 13, 925548.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.925548>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (Éghajlatváltozási Kormányközi Testület) [IPCC] (2021): *Climate Change 2021 The Physical Science Basis*.
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf
(letöltés ideje: 2024. december)
- Jolankai, M. – Birkás, M. (2007): Global climate change impacts on crop production in Hungary. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72(1), 17–20. <https://real.mtak.hu/3725/1/1078720.pdf>
- Jørgensen, S. L. – Termansen, M. – Pascual, U. (2020): Natural insurance as condition for market insurance: Climate change adaptation in agriculture. *Ecological Economics*, 169, 106489.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106489>
- KAP Közös Agrárpolitika (2024): *Mezőgazdasági Kockázatkezelési Rendszer (MKR II. pillér): Díj-támogatott mezőgazdasági biztosítás*.
<https://kap.gov.hu/sites/default/files/2025-07/KAP-RD16-1-24%20D%C3%ADjt%C3%A1lmo-gatott%20mez%C5%91gazdas%C3%A1lgi%20biztos%C3%ADt%C3%A1ls.pdf>
(letöltés ideje: 2024. november)
- Kemény G. – Varga T. – Fogarasi J. – Kovács G. – Tóth O. (2010): *A hazai mezőgazdasági biztosítási rendszer problémái és továbbfejlesztésének lehetőségei*. AKI Agrárközgazdasági Intézet, Budapest. http://repo.aki.gov.hu/296/1/ak_2010_07.pdf (letöltés ideje: 2024. október)
- Kern, A. – Barcza, Z. – Marjanović, H. – Árendás, T. – Fodor, N. – Bónis, P. – Bognár, P. – Lichtenberger, J. (2018): Statistical modelling of crop yield in Central Europe using climate data and remote sensing vegetation indices. *Agricultural and forest meteorology*, 260, 300–320.
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.06.009>
- Keszthelyi S. (2024): *A Tesztüzemi Információs Rendszer eredményei*.
<https://www.aki.gov.hu/termek/a-tesztuzemi-informacios-rendszer-eredmenyei-2022/>
(letöltés ideje: 2024. december) <https://doi.org/10.7896/ai2401>
- Központi Statisztikai Hivatal [KSH] (2023): *Főbb növénykultúrák terméseredményei, 2022*.
<https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/fobb-novenykulturak-termeseredmenyei-2022/index.html>
(letöltés ideje: 2024. február)
- Központi Statisztikai Hivatal [KSH] (2024a): *Gyorstájékoztató Bruttó hazai termék (GDP), 2023. IV. negyedév (második becslés)* <https://www.ksh.hu/gyorstajekoztatok/gdp/gdp2312.html>
(letöltés ideje: 2024. december)
- Központi Statisztikai Hivatal [KSH] (2024b): *A külkereskedelmi termékforgalom forintban, áru-főcsoportok szerint*. https://www.ksh.hu/stadat_files/kkr/hu/kkr0011.html
(letöltés ideje: 2024. november)
- Központi Statisztikai Hivatal [KSH] (2024c): *A külkereskedelmi termékforgalom euróban, főbb országcsoportok szerint*. https://www.ksh.hu/stadat_files/kkr/hu/kkr0004.html
(letöltés ideje: 2024. november)
- Központi Statisztikai Hivatal [KSH] (2024d): *Főbb növénykultúrák terméseredményei, 2023*.
<https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/fobb-novenykulturak-termeseredmenyei-2023/index.html>
(letöltés ideje: 2024. március)
- Központi Statisztikai Hivatal [KSH] (2024e): *A fontosabb növények vetésterülete, 2024. június 1*.
<https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/a-fontosabb-novenyek-vetesterulete-2024-junius-1/index.html> (letöltés ideje: 2024. november)

- Központi Statisztikai Hivatal [KSH] (2024f): *Fontosabb szántóföldi növények termésátlagai*. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0018.html (letöltés ideje: 2024. október)
- Központi Statisztikai Hivatal [KSH] (2024g): *19. Mezőgazdaság*. <https://www.ksh.hu/stadat?lang=hu&theme=mez> (letöltés ideje: 2024. december)
- Lin, F. – Li, X. – Jia, N. – Feng, F. – Huang, H. – Huang, J. – Fan, S. – Ciais, P. – Song, X. P. (2023): The impact of Russia-Ukraine conflict on global food security. *Global Food Security*, 36, 100661. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100661>
- Mészáros S. – Szabó G. (2014): Hatékonyság és foglalkoztatás a magyar mezőgazdaságban. *Gazdálkodás*, 58(1), 58–74. https://ageconsearch.umn.edu/record/201227/files/GAZDALKODAS_2014_01_Meszaros_Szabo_58_74.pdf
- Molnár P. (2024): *Mezőgazdasági biztosítások 2023. év*. 8(1). http://repo.aki.gov.hu/4234/1/ASIR_mg_biztositasok_2023.pdf (letöltés ideje: 2024. június)
- Pepó P. (2010): A magyar búzatermesztés agronómiai értékelése. *Növénytermelés*, 59(2), 85–100. <https://doi.org/10.1556/Novenyterm.59.2010.2.6>
- Popp J. – Harangi-Rékás M. – Oláh J. (2018): A napraforgó- és repce vertikum versenyképességének kilátásai. *Journal of Central European Green Innovation*, 6(1), 75–108. https://ageconsearch.umn.edu/record/279365/files/JCEGI_2018_6_1_Cikk_4_0.pdf
- Ritter T. (2022): Foglalkoztatáspolitikai kihívások a magyar mezőgazdaságban és élelmiszeriparban – Szakpolitikai tanulságok és következtetések. *Köz-gazdaság*, 17(4), 125–130. <https://doi.org/10.14267/RETP2022.04.08>
- Schlenker, W. – Roberts, M. J. (2009): Nonlinear temperature effects indicate severe damages to US crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of sciences*, 106(37), 15594–15598. <https://doi.org/10.1073/pnas.0906865106>
- Schmidhuber, J. – Tubiello, F. N. (2007): Global food security under climate change. *Proceedings of the national academy of sciences*, 104(50), 19703–19708. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701976104>
- Skendžić, S. – Zovko, M. – Živković, I. P. – Lešić, V. – Lemić, D. (2021): The impact of climate change on agricultural insect pests. *Insects*, 12(5), 440. <https://doi.org/10.3390/insects12050440>
- Szücs D. (2017): Magyarország mezőgazdaságának történelmi áttekintése. *Vállalkozásfejlesztés a XXI. században* 7, 580–601. http://old2.kgk.uni-obuda.hu/sites/default/files/40_SzucsDiana.pdf
- Thorup-Kristensen, K. – Salmerón Cortasa, M. – Loges, R. (2009): Winter wheat roots grow twice as deep as spring wheat roots, is this important for N uptake and N leaching losses? *Plant and Soil*, 322, 101–114. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-9898-z>
- Webber, H. – Ewert, F. – Olesen, J. E. – Müller, C. – Fronzek, S. – Ruane, A. C. – Bourgault, M. – Martre, P. – Ababaci, B. – Bindi, M. – Ferrise, R. – Finger, R. – Fodor, N. – Gabaldón-Leal, C. – Gaiser, T. – Jabloun, M. – Kersebaum, K-C. – Lizaso, J. I. – Lorite, I. J. – Manceau, L. – Moriondo, M. – Nendel, C. – Rodríguez, A. – Ruiz-Ramos, M. – Semenov, M. A. – Siebert, S. – Stella, T. – Stratonovitch, P. – Trombi, G. – Wallach, D. (2018): Diverging importance of drought stress for maize and winter wheat in Europe. *Nature communications*, 9(1), 4249. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06525-2>
- Yigit, A. – Chmielewski, F. M. (2024): A deeper insight into the yield formation of winter and spring barley in relation to weather and climate variability. *Agronomy*, 14(7), 1503. <https://doi.org/10.3390/agronomy14071503>