



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

# *Hozamstabilitás a növénytermesztésben*

**HOLLÓSY ZSOLT – BACSI ZSUZSANNA**

**Kulcsszavak:** hozam, ingadozás, kockázat, idősor, hozamstabilitás, technológiai színvonal.

**JEL-kód:** C43, Q54, Q55, Q58.

## **ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK**

Egy korszerű növénytermesztési technológiának biztosítania kell a magas termésátlagok eléréséhez szükséges agrotechnikai feltételeket az adott földrajzi térség változó környezeti feltételei mellett. Az időnként előforduló szélsőségesen alacsony termésátlag komoly gondot okozhat a termelőnek, ugyanakkor a hozam ingadozása – a jövedelem ingadozásán keresztül – fokozza a gazdálkodás kiszámíthatatlanságát. Fontos tehát, hogy a termésátlagok elfogadható korlátokon belül maradjanak. Az ingadozások nagyságát a statisztikai szóródási mutatókkal szokás mérni, például az adatsor szórásával, varianciájával, variációs koefficiensével, amelyek a fluktuációk átlagos mértékét mérik. Így viszont hasonló mutatószámot kapunk sok kicsi eltérés és kevés számú nagy eltérés esetén egyaránt. Jelen cikkben egy olyan korrigált hozamstabilitási indexet definiálunk, amely képes különbséget tenni a sok kicsi eltérés és a kevés nagy eltérés által okozott szóródások között. Az indexet 10 ország és 18 szántóföldi, illetve kertészeti növénykultúra termésátlagain teszteltük az 1961–2000 és a 2004–2016 közötti időszakok eredményeit összehasonlítva, és meghatároztuk, hogy mely növényeket termesztik az egyes országokban a legmegbízhatóbb technológiával. Országoként meghatároztuk a jól technologizált növények körét, amelyek termesztési technológiája több évtized távlatában is képes kis ingadozásokkal stabil termésátlagot biztosítani. Magyarország esetében a vizsgált növények több mint 70 százaléka gyengén technologizált, ilyen többek között a búza, az árpa és a kukorica is. Jól technologizáltak mindössze 5 növény tekinthető: a napraforgó, a zöldborsó, az uborka, a káposzta és a spenót. Magyarország így a vizsgált 10 ország között a leggyengébben teljesítő.

## **BEVEZETÉS**

A korszerű növénytermesztési technológiával szemben elvárás a magas és stabil hozam elérése különböző környezeti feltételek mellett is. A hozam ingadozásának tehát alacsony szinten kell maradnia. Az ingadozások nagyságát általában az átlagos szóródás statisztikai indikátorai mérik, például a szórás. Míg a kisebb hozamingadozást a mezőgazdasági termelők általában jól tolerál-

ják, a szélsőséges változás komoly kockázati tényezőt jelenthet. Jelen cikkünk egy olyan hozamstabilitási indexet mutat be, amely a rendkívül magas és a rendkívül alacsony hozamok gyakoriságát méri. A 2004–2016-os évekre vonatkozóan 10 országra és 18 növényre számítottuk ki az indexeket, majd összehasonlítást végeztünk az 1961–2000-es évek eredményeivel. Rámutatunk a témával kapcsolatos lehetséges agrárpolitikai következményekre és további kutatási irányokra is.

## IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A mezőgazdaság – és különösen a növénytermesztés – érzékeny a környezeti hatásokra (pl. időjárás) és egyéb kockázati tényezőkre is (pl.: piaci, pénzügyi, intézményi) (Szármas, 2014). A termelés színvonalának jó indikátora a területenkénti termés hozam (termésátlag), amelyet közvetlenül befolyásolnak a környezeti feltételek, illetve azok változékonysága.

A hozamok jellemzője, hogy rövid időszakon belül, valamint egyes régiók között is jelentős különbséget és ingadozást mutathatnak (Potori – Varga, 2008; Hingyi, 2005). Ezért az alkalmazott növénytermesztési technológiát alkalmassá kell tenni a kedvezőtlen környezeti hatások enyhítésére (Vágó, 2005). Megfelelő technológia alkalmazása esetén a környezeti változásokból adódó hozamingadozás alacsony szinten tartható; míg a nem megfelelő technológia, különösen kedvezőtlen környezeti feltételek mellett nagyfokú eltérést eredményezhet. Az éghajlatváltozás várhatóan egyre jelentősebb hatással lesz a mezőgazdasági termelésre (Erdélyi et al., 2009). A csapadék- és hőhatások változékonysága, a szélsőséges időjárási események növekvő gyakorisága a termés hozamok fokozódó instabilitásához vezethet, így a folyamatos élelmiszer-ellátás fenntartása speciális vízellátási, vízkapacitási technológiákat igényel (Molnár – Molnár, 2015).

A korszerű növénytermesztési technológiának képesnek kell lennie arra, hogy szélsőséges időjárás mellett is stabil termés hozamot biztosítson. Megoldást kell nyújtania a szokatlanul száraz és csapadékos időszakok, a hőingadozások káros hatásainak enyhítésére, továbbá megfelelő megoldást kell nyújtania a már ismert és egyre terjedő új károsítók elleni védelemre az adott termőterületen.

A technológiai fejlődés hatására a hozam várhatóan tovább növekszik, a környezeti feltételek változékonysága miatt ugyanakkor

jellemzőjük lehet a trend körüli jelentős éves ingadozás. A növény nemesítés célja olyan fajták előállítását, amelyek megfelelő hozamszinttel és stabilitással rendelkeznek az adott termesztési körzetben (Kamidi, 2001). Ennek egyidejű értékelésére alkalmazható például a Kamidi (2001) által létrehozott összetett index, amely a hozamok átlagának és a variabilitás mértékének szorzata.

A termés instabilitása nagyfokú kiszámíthatatlanságot okozhat a gazdálkodásban, a kockázat azonban a környezeti és üzemi körülményekhez adaptált, modern növénytermesztési technológia alkalmazásával csökkenthető. Fontos szempont az „elfogadhatóan stabil” hozam meghatározása, vagyis amikor a hozamok növekvő trendje körüli hozamingadozások „elfogadhatóan kicsinek” tekinthetők. Egy trend idősorának ingadozását általában a különböző szóródási mutatók mérik, például az abszolút hibák összege (a tényleges érték és a trendbecslés közötti különbség abszolút értéke), az eltérésnégyzetek összege, a szórás, a variációs koefficiens (a szórás az átlagértékkel elosztva) (Brink, 2010). Bőséges szakirodalmi forrás áll rendelkezésre az intertemporális hozamstabilitás vagy általánosabban az idősoros adatok variabilitásának értékelésére. A stabilitás értékelésére leggyakrabban alkalmazott módszer az adatok, azaz a hozamok szórása. Más módszerek is használatosak, például a lineáris vagy a nem lineáris trendektől való átlagos százalékos eltérés (Cuddy et al., 1978). A hozamstabilitási elemzések célja, hogy megtaláljuk a legjobb termésbiztonságú fajtákat vagy az olyan növénytermesztési rendszereket, amelyek alkalmazásakor nem változik meg túlzottan a hozam a változó környezeti feltételek ellenére sem. A hozamváltozást az egyes növényi fajták szintjén és összesített, országos szinten is tudjuk mérni, azaz egy adott területen termesztett meghatározott növény valamennyi termesztett fajtájának átlagos hozamaként is értelmezhető.

Piepho (1998) szerint a termesztési rend-

szerek stabilnak tekinthetők, ha valamely, a varianciát mérő mutatószámértékük kicsi. A gyenge hozam kockázatának felmérése azonban fontosabb lehet, mint az általános hozamstabilitás, mivel a termelők jelentős része kockázatkerülő, azaz általában kevésbé fogadják el a nagyobb átlagos hozamot eredményező, de nagyobb hozamkülönbségű rendszereket, mint a kissé alacsonyabb hozamúakat, amelyek kis hozamingadozással járnak (Crane et al., 2013; Kahan, 2013). Ezért a hozamstabilitás értékelésének figyelembe kell vennie mind az átlagos hozamot, mind a hozamingadozást. Piepho (1998) hangsúlyozza, hogy a csökkenő hozam kockázatának mérése hasznosabb lehet, mint a termésátlag-ingadozás általános szintjének számszerűsítése. A hozamidősorhoz illesztett regresszióra alapozott hozamstabilitási méréseket széles körben használják, az instabilitást a regressziós modellből való átlagos négyzetes eltéréssel mérik (Khalil – Pour-Aboughadareh, 2016). Khalil és Pour-Aboughadareh (2016) különböző árpafajtákat hasonlítanak össze, értékelve azok speciális természeti viszonyokhoz való alkalmazkodását. A jó alkalmazkodóképesség magas átlaghozamot jelent eltérő környezeti feltételek mellett is, az átlagtól való kis eltérések, ingadozások mellett. A regressziós egyenes körüli variabilitás mérésére használják a variációs koefficienszt és az eltérések négyzetének összegét. Wang és szerzőtársai (2012) a hántolatlan rizs, a kukorica, a búza és a repce tapasztalati idősorait használták a hozamingadozások bemutatására a kínai Yunnan tartomány példáján keresztül az 1952–2009 közötti időszakra vonatkozóan. Meghatározták az egyes terméshozam-idősorok trendjét és kiszámították a megfigyelt értékek és a becslült trendértékek közti eltérések értékeit. A negatív eltéréseket a véletlen különböző szintjeinek tekintették. Ugyanakkor a pozitív eltéréseket nem tekintették problémásnak. Gollin (2006), Grover és

szerzőtársai (2009), Heinemann és szerzőtársai (2014), valamint Nielsen és szerzőtársai (2018) hasonló trendalapú vizsgálatokat végeztek az Amerikai Egyesült Államokban és Nyugat-Európában is.

Amint arra Bacsí és Vizvári (2002), valamint Vizvári és Bacsí (2002) rámutatott, a magas szórás lehet kevés számú, nagyon szélsőséges ingadozás eredménye, de nagy számú sokkal kisebb ingadozásé is. A mezőgazdasági termelő számára a két helyzet teljesen különböző. Ha a termésátlagok számossága, de kisebb mértékű ingadozása az elfogadható variabilitási tartományon belül van, azt a termelő képes kezelni. A néhány rendkívül alacsony vagy magas hozam azonban komoly gazdasági kockázatot hordozhat. Bacsí és Vizvári (2002) olyan hozamkockázati indexet dolgozott ki, amely egy idősor rendkívül magas vagy rendkívül alacsony hozamának gyakoriságát méri. Szintén Bacsí és Vizvári (2002) a hozamkockázati indexnek egy módosított változatát is kidolgozta. Ez a hozamstabilitási index, amely számszerűsíti a hozamsorozat stabilitásának szintjét, mérve azon éves hozamok arányát, amelyek egy adott időszakon belül viszonylag közel állnak az elvárt trendértékhez. A két mutatót – a hozamkockázati indexet és a hozamstabilitási indexet – 10 országban és 18 növényen tesztelték az 1961–2000-es időszakra (Bacsí – Vizvári, 2002; Vizvári – Bacsí, 2002). Jelen cikkünkben a 2004–2016-os időszakra a korábbihoz hasonló módszerrel végzett elemzés eredményeit ismertetjük. Az indexeket a korábbi számítási eljárásához képest kissé módosítottuk, a növények és az országok változatlanok maradtak. Célunk kettős volt: egyrészt a hazai növénytermesztés stabilitásának változását akartuk megállapítani, figyelembe véve az éghajlatváltozást és az EU változó agrárpolitikájának hatásait. Másrészt a hozamstabilitási index gyakorlati jelentőségét, illetve agrárpolitikában való alkalmazhatóságát kívántuk bemutatni.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A hozamstabilitási index kiszámításának módszertanát részletesen *Vizvári és Bacsi (2002)* írják le, a hozamkockázati indexet *Bacsi és Vizvári (2002)* magyarázzák. Az alábbiakban röviden összefoglaljuk a számítások lényegét a javasolt kiigazításokkal.

Egy adott országot és terményt tekintve meghatározott időszakra megadjuk az éves hozamokat. Azok trendjét az éves hozamidősorra illesztett lineáris regressziós egyenlettel határozzuk meg (ha az adatsor jobban indokolja, nemlineáris trend is illeszthető). A továbbiakban az illesztett egyenest az egyes évekre várható hozamok becslésére használtuk, ebből kiszámítjuk a várható hozam és a tényleges hozam közötti különbségeket. Az elemzés lényeges szempontja a különbség értékelése és annak eldöntése, hogy melyek a „nagy”, illetve a még elfogadhatóan „kicsi” eltérések.

Megállapítható, hogy a különbségek függnek a hozam nagyságrendjétől, például az 1000 kg/ha különbség kicsi lehet a cukorrépa esetében, amelynek tipikus hozama körülbelül 60 000 kg/ha, míg a rozs esetében ugyanez az érték nagyon magas, mivel a jellemző hozam kb. 3000 kg/ha. A különböző növények különböző nagyságrendű hozamainak összehasonlíthatósága érdekében a hozamidősorokat normalizáltuk. A trendvonal illesztése előtt minden hozamidősort elosztottunk a saját átlagértékével, így a normalizált idősor mutatja a tényleges hozamnak az időszak átlaghozamához való viszonyát. Ezután a trendvonalakat ezekre a normalizált sorokra illesztettük és kiszámítottuk a trend alapján várható normalizált hozamértékeket. Az éves normalizált hozamreziduumokat a tényleges hozam normalizált értéke és a normalizált trendegyenlethez számított becslött trendérték közötti különbségként határoztuk meg. Ily módon minden reziduumot a tényleges idősor nagyságrendjéhez viszonyítva határoztunk meg, ezzel összehasonlíthatóvá tettünk különböző növényeket és országokat

a hozamváltozások „nagysága”, illetve „kicsinysége” tekintetében.

A reziduumok jellemzője, hogy „kicsik” vagy „nagyok”. A normális eloszlást használtuk a „tolerálhatóan kicsi” és a „túl nagy” értékek meghatározására. A normális eloszlás paramétereit a reziduumsorozatok paramétereivel megegyezőnek választottuk (nulla várható értékkel és a reziduumsorozat szórásával határoztuk meg). A normális eloszlást tekintjük összehasonlítási alapnak. Azt az eloszlású adatsort tekintjük „normálisnak”, amelyben sok érték esik a „nulla közelébe” és kevés attól távol. Azért, hogy a „nullához való közelség” meghatározható legyen, a normalizált reziduumsorozat értéktartományát 10 egyenlő intervallumra osztottuk. A 0 érték a középső szegmensek egyikébe esik, általában az 5. vagy 6. helyre. Így a „nullához való közelséget” a négy középső szegmensként definiáltuk, míg a 3 legalacsonyabb és a 3 legmagasabb szegmens jelenti „a nullától távoli” tartományt.

Az elemzés során minden növény esetén 10 országból származó hozamsorozatot alkalmaztunk, a növényenkénti reziduumok minimális és maximális értékeit a tíz ország minimális és maximális értékeiként határoztuk meg. Így az adott növénynél ugyanazok a tartományok és szegmensek kerültek meghatározásra minden ország esetében. Hasonlóképpen az adott növényhez használt normális eloszlás szórása a 10 ország összes reziduális szórásának átlaga volt, így ugyanazt a normális eloszlást alkalmaztuk minden egyes ország és növény esetében.

Az utolsó lépés a reziduális eloszlás és a normális eloszlás összehasonlítása volt. Meghatároztuk a 13 évből (2004–2016) származó 13 normalizált reziduumértékből a négy középső szegmensbe eső értékek arányát (KR: kedvező reziduumgyakoriság, a nulla közelében lévő értékek). A normális eloszlásból származó értékek esetében hasonlóan a négy középső szegmensbe eső érték arányát határoztuk meg (KN: kedvező normális gyakoriság), ebből kiszámítható a

kedvező különbségek összege (KK):  $KK=KR-KN$ . Ezután a négy középső szegmensen kívül eső normalizált reziduummérték-arányok következnek (RR: kedvezőtlen [rossz] reziduumgyakoriság, nullától messze elhelyezkedő értékek), majd a négy középső szegmensen kívül eső normális eloszlás aránya (RN: kedvezőtlen [rossz] normális gyakoriság) adja meg a kedvezőtlen (rossz) különbségek összegét (RK), úgy mint  $RK=RR-RN$ . Megjegyezzük, hogy  $KR+RR=1$  és  $KN+RN=1$ , így  $RK=RR-RN=1-KR-1+KN=KN-KR=-KK$ . A fentiek alapján a hozamstabilitási indexet (HSI) a  $HSI=KK-RK=2\times(KR-KN)$  értékkel számítjuk ki.

A hozamkockázati indexet (HKI) a hozamstabilitási index ellentettjeként definiáljuk:  $HKI=-HSI$ . A *Vizvári és Bacsi (2002)* által meghatározott hozamstabilitási index az arányok helyett abszolút számokkal számol, így az indexértékek az elemzett időtartam hosszától függenek. A *Bacsi és Vizvári (2002)* által számított hozamkockázati index az adatsorok hosszát is figyelembe veszi, így ugyanazt az eredményt adja, mint az előbb leírt arányokkal történő számolás.

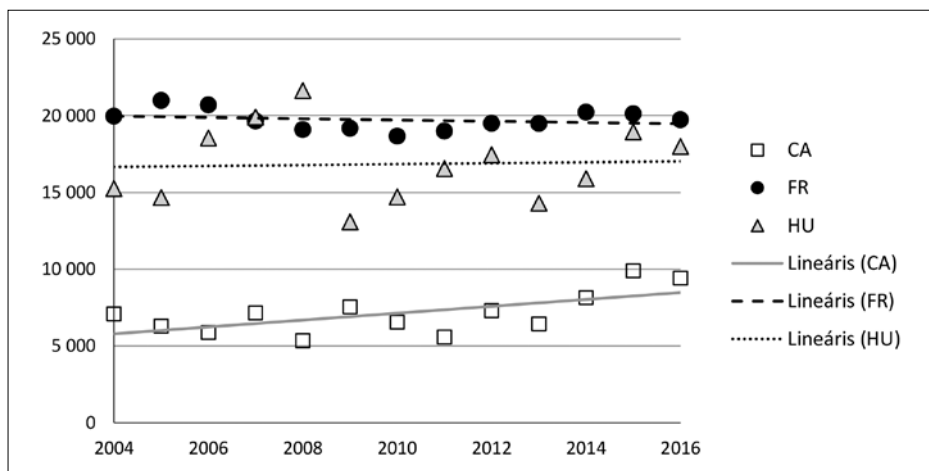
Mivel  $HSI=2\times(KR-KN)$ , viszont mind a KR, mind a KN 0 és 1 közötti értékeket

vehet fel, a HSI értéke  $-2$  és  $+2$  közé esik, függetlenül a vizsgált növény és az elemzett évek számától. A fenti módszertan alapján a hozamstabilitási indexet 10 országra és 18 növényre számítottuk ki a 2004–2016 közötti időszakra, a *FAO (2018)* adatbázisa alapján. A következő országokat választottuk: Kanada (CA), Dánia (DK), Franciaország (FR), Magyarország (HU), Olaszország (IT), Hollandia (NL), Törökország (TU), Egyesült Királyság (UK), USA (US) és Japán (JP). Az elemzéshez kiválasztott 18 növény: árpa, búza, kukorica, rizs, rozs, zab, napraforgó, repce, burgonya, cukorrépa, komló, zöldborsó, hagyma, káposzta, spenót, sárgarépa, uborka és szójabab. Ezeknek a növényeknek a világtermelése jelentős: Európában a betakarított terület 85%-át, az EU-ban a 76%-át tették ki, míg globálisan 62%-ot foglaltak el 2017-ben.

## EREDMÉNYEK

Az egyes termények átlagos hozama a környezeti feltételek és az alkalmazott termelési technológiák színvonalának függvényében nagy változatosságot mutat az egyes országok között – figyelembe véve az intenzív és extenzív gazdálkodást is (1. ábra). Például a

I. ábra  
A spenót éves termésátlaga Franciaországban (FR), Magyarországon (HU) és Kanadában (CA), 2004–2016 (Annual yield of spinach in France, Hungary and Canada, 2004–2016)



Forrás: saját szerkesztés a FAO (2018) adatai alapján

## I. táblázat

Hozamstabilitási indexértékek, 2004–2016  
(Yield stability index values, 2004–2016)

HSI	CA	DK	FR	HU	IT	NL	TU	UK	US	JP	Átlag
Árpa	0,110	0,110	0,033	-0,198	0,187	0,033	-0,121	0,187	-0,044	-0,044	0,025
Búza	0,176	0,022	-0,132	-0,285	0,176	0,099	0,176	0,022	0,176	-0,132	0,030
Kukorica	0,233	-0,383	0,079	-0,152	0,156	-0,152	0,079		0,002	0,233	0,010
Rizs			-0,034	-0,111	0,197		0,043		0,197	0,120	0,068
Rozs	0,152	0,229	0,229	-0,078	0,152	-0,001	0,152	-0,386	0,076		0,058
Zab	0,027	-0,049	-0,049	-0,203	0,181	-0,280	0,027	0,181	0,104	0,104	0,004
Napraforgó	-0,171		0,060	0,060	0,214		-0,017		0,060		0,034
Repce	0,141	0,141	-0,013	-0,167	-0,013	-0,167	0,218	0,141	0,064	-0,167	0,018
Burgonya	0,032	-0,045	-0,045	-0,045	0,032	0,032	0,032	-0,199	0,263	0,032	0,009
Cukorrépa	0,105	0,028	0,259	-0,049	-0,049	0,182	0,105	-0,280	0,182	0,105	0,059
Komló			0,058	-0,173				-0,096	0,212	-0,404	-0,081
Zöldborsó	0,108	-0,200	0,108	0,031	0,031	0,108	-0,046	-0,277	-0,431	0,108	-0,046
Hagyma	-0,030	0,124	-0,107	-0,107	0,201	0,047	0,124	-0,030	0,124	-0,030	0,032
Káposzta	0,194	-0,037	0,194	0,040	0,194	-0,422	0,194	0,040	0,117	-0,422	0,009
Spenót	-0,044	-0,506	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033		0,033	0,033	-0,036
Sárgarépa	-0,390	0,072	0,072	-0,467	-0,005	-0,005	0,072	0,149	0,149	0,149	-0,021
Üborka	0,027	-0,358	-0,358	0,027	0,104	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,035
Szója	0,128		0,051	-0,180	-0,026		0,128		0,128	-0,026	0,029
Átlag	0,050	-0,061	0,024	-0,112	0,104	-0,022	0,081	-0,028	0,088	-0,010	

Jelmagyarázat: CA=Kanada, DK=Dánia, FR=Franciaország, HU=Magyarország, IT=Olaszország, NL=Hollandia, TU=Törökország, UK=Egyesült Királyság, US=USA, JP=Japán.

Forrás: saját számítás

2. táblázat

Hozamstabilitási indexértékek, 1960–2000  
(Yield stability index values, 1960–2000)

HSI	CA	DK	FR	HU	IT	NL	TU	UK	US	JP	Átlag
Árpa	0,081	0,006	0,081	-0,245	0,006	0,056	0,031	0,081	0,081		0,019
Búza	-0,028	0,047	0,122	-0,303	0,072	0,047	-0,078	0,072	0,072		0,003
Kukorica	0,078		0,078	0,003	0,078	-0,072	0,078	-0,297	-0,172		-0,028
Rizs			-0,088	-0,288	0,013		0,088		0,113	0,088	-0,013
Rozs	-0,004	0,046	0,121	-0,129	0,096	0,046	0,021	0,046	-0,029		0,024
Zab	0,092	-0,083	0,067	-0,433	-0,008	-0,008	0,092	0,092	0,067		-0,014
Napraforgó	0,141		0,216	0,041	0,216		0,241		0,166		0,170
Repce	0,049	-0,001	0,024	0,024	-0,051	0,049	-0,076	0,024			0,005
Burgonya	0,102	-0,023	-0,023	-0,198	0,102	-0,023	0,002	0,052	0,102		0,011
Cukorrépa	0,074	0,049	0,099	-0,101	0,049	-0,001	-0,101	-0,101	0,149		0,013
Komló	0,029		-0,021	0,104				0,204	-0,146		0,034
Zöldborsó	0,042	-0,008	0,042	-0,083	-0,108	0,042	0,017	0,017	-0,033		-0,008
Hagyma	0,009	-0,117	-0,042	-0,317	0,184	-0,117	0,159	0,009	0,184		-0,005
Káposzta	-0,067	-0,217	0,108	-0,242	0,083	0,108	0,083	-0,317	0,108		-0,039
Spenót	0,112	0,012	0,062	-0,013	0,162	-0,038	0,012		-0,238	-0,063	0,001
Sárgarépa	0,090	-0,035	0,115	-0,110	0,115	-0,160	-0,260	-0,035	0,165		-0,013
Uborka	-0,048	-0,423	-0,023	-0,148	0,077	-0,173	0,077	0,077	0,077		-0,057
Szója	0,088		-0,262	-0,112	0,088	0,000	-0,087		0,088	0,063	-0,017
Átlag	0,049	-0,058	0,038	-0,142	0,069	-0,016	0,017	-0,006	0,044	0,029	

Forrás: saját számítás Vízvári és Bacsi (2002) alapján



13 év átlagában számolt uborkatermés Hollandiában 44,4-szer magasabb, mint az USA-ban, a spenót átlaghozama pedig 2,8-szor nagyobb Franciaországban, mint Kanadában.

Amint azt a módszertani részben leírtuk, az egyes országok és az egyes növények éves hozamsorozatait normalizáltuk (azaz minden év adatát a 13 év átlagával osztottuk). Minden normalizált sorozathoz lineáris trendet illesztettünk. Ezután kiszámítottuk az egyes terményekre és országokra vonatkozó reziduális idősorokat. Mivel a normalizáció összehasonlíthatóvá teszi az ingadozásokat, a szórások az egyes növények és országok hozameltéréseinek összehasonlítására használhatók. Az egyes növények szórásainak átlagát tekintve a legnagyobb érték a dániai spenót (0,517), ezt követően a franciaországi uborka (0,377) hozamait jellemezte. A legtöbb növény és ország esetében a szórás 0,1 alatt maradt. Törökországban és Olaszországban a legkisebb a növények között az átlagos reziduális szórás (0,063). Ahogy a fentiekben leírtuk, a tíz vizsgált országban a növények reziduális idősorait összehasonlí-

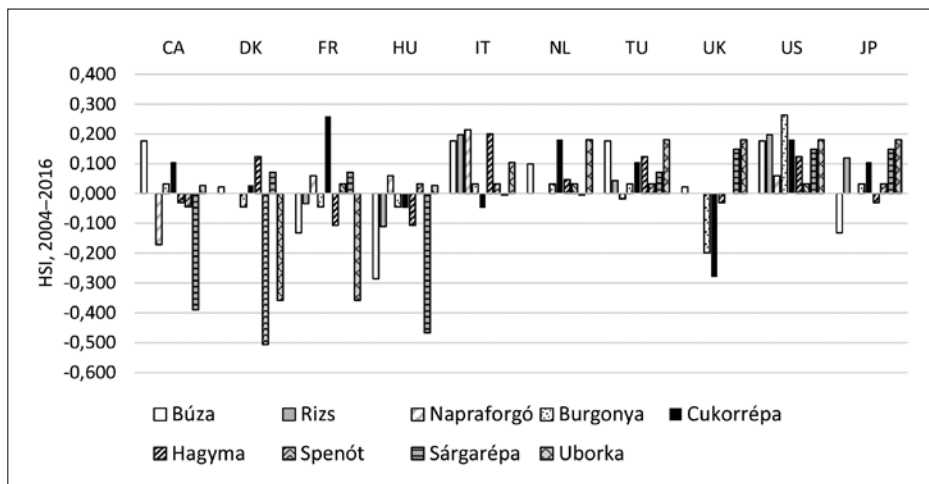
tottuk a nulla várható értékű és a reziduális idősorok szórásainak átlagával megegyező szórású normális eloszlással. Ezután kiszámítottuk a kedvező és kedvezőtlen eltérések előfordulásait, valamint meghatároztuk az egyes növényekre és országokra vonatkozóan a hozamstabilitási indexeket (1. táblázat és 2. ábra).

Az összehasonlítás érdekében Vizvári és Bacs (2002) adatai alapján bemutatjuk az 1960–2000 közötti időszakra vonatkozó HSI-értékeket is, a módszertanban leírt módosításokkal (2. táblázat). A fő gabonánövények hozamstabilitási indexe a legtöbb országban pozitív. Magyarország az egyetlen ország, ahol ez mind a 2004–2016, mind az 1960–2000 periódusban negatív, ugyanakkor a búza esetében az index értéke hazánk 2004-es EU-csatlakozása óta kissé javult (1. és 2. táblázat).

Franciaország esetében a helyzet fordított, a HSI értékei az árpa, a búza és a kukorica esetében 2004 után csökkentek, csak a rizs mutatott pozitív változást. Olaszországban ezen növények HSI-értéke jelentősen nőtt, tehát a hozamok stabilabbá váltak a 2000 előttiéhez képest.

2. ábra

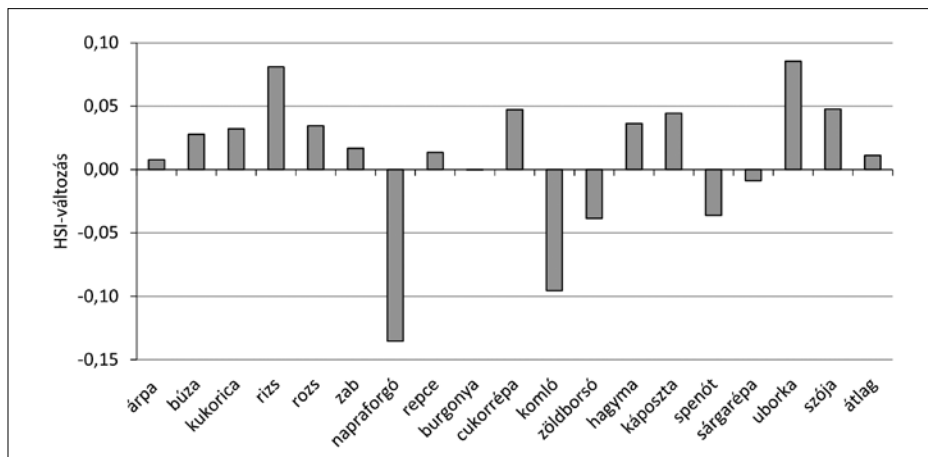
Néhány kiválasztott termény HSI-értéke, 2004–2016  
(The Yield Stability Index Values for Selected Crops in 2004-2016)



Forrás: szerzők saját számítása az 1. és 2. táblázat alapján

3. ábra

**A hozamstabilitási index növényenkénti átlagértékének változása a 1960–2000 és az 2004–2016 időszakok között**  
(Change of yield stability index per plant between the periods of 1960–2000 and 2004–2016)



Megjegyzés:  $HSI\text{-változás} = HSI_{(2004-2016)} - HSI_{(1961-2000)}$

Forrás: saját szerkesztés az 1. és 2. táblázat adatai alapján

A 3. ábra a hozamstabilitás változását mutatja be a következő képlettel számolva:

$$HSI\text{-változás} = HSI_{(2004-2016)} - HSI_{(1961-2000)}$$

2000)

A pozitív értékek azt mutatják, hogy a hozamok 2004 után stabilabbak, mint 2000 előtt.

A vizsgálatba vont országok nagyobb részénél több növénykultúra esetében is javult a termésátlagok stabilitása, de egyik ország sem ért el minden megfigyelt növény esetében jobb eredményeket. Nincs olyan növény, amelynek minden országban javult a hozamstabilitása. Az uborka az egyetlen, aminek a HSI-je – Franciaország kivételével – mindenhol javult. A káposzta esetében az érték 8 országban javult (Hollandia és Japán kivétel). Ellenben a napraforgó hozamstabilitása csupán egy országban nőtt (Magyarország) (3. ábra).

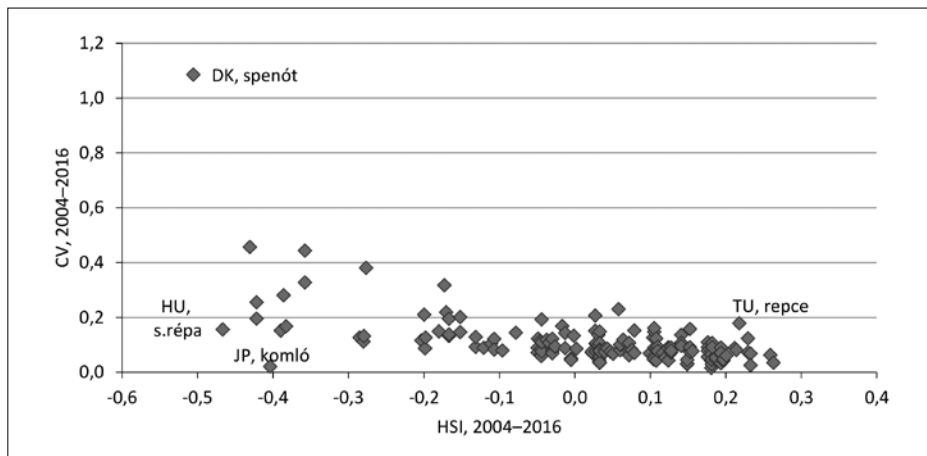
A kidolgozott és a fentiekben kiszámított hozamstabilitási index két fő használati módját különböztethetjük meg. Az egyik módszertani jelentőségű, a HSI a korábban

alkalmazott egyszerű módszerektől eltérő és kedvezőbb lehetőséget biztosít a hozam stabilitásának értékelésére. A HSI viszonylag könnyen kiszámítható, különbséget tud tenni a nagyszámú kismértékű eltérés, illetve a kisszámú, de nagymértékű eltérés előfordulása között. A szélsőségesen alacsony és magas hozamok előfordulását veszi figyelembe mint instabilitást. Alkalmazása tehát észszerűbb a gazdálkodók számára, mint a szórásé vagy a variációs koefficiensé, mivel ez utóbbi kettő egyforma jelentőséggel kezeli a kis- és nagymértékű eltéréseket. A HSI-értékeket összehasonlítva a variációs koefficienssel (CV) megállapítható, hogy a két indikátor a hozamokról eltérő értékelést ad. A CV értékei pozitívak, a nagyobb CV pedig a hozamok nagyobb variabilitását jelenti (nagyobb eltérést az átlaghoz képest). A HSI az előbbi ellenkezőjét méri, a hozamok stabilitását, ezért magasabb értéke nagyobb stabilitást jelent, azaz kisebb változékonyságot. Az előbbieknél megállapíthatjuk: a CV és a HSI fordított arányban áll egymással (4. ábra).

A vizsgált országokra és növényekre

**4. ábra**

**A HSI- és a CV-értékek kapcsolata a vizsgált 10 ország és 18 növény vonatkozásában, 2004–2016**  
**(The coefficients of variation and yield stability index for 10 countries and 18 crops in 2004–2016)**



Forrás: saját számítás

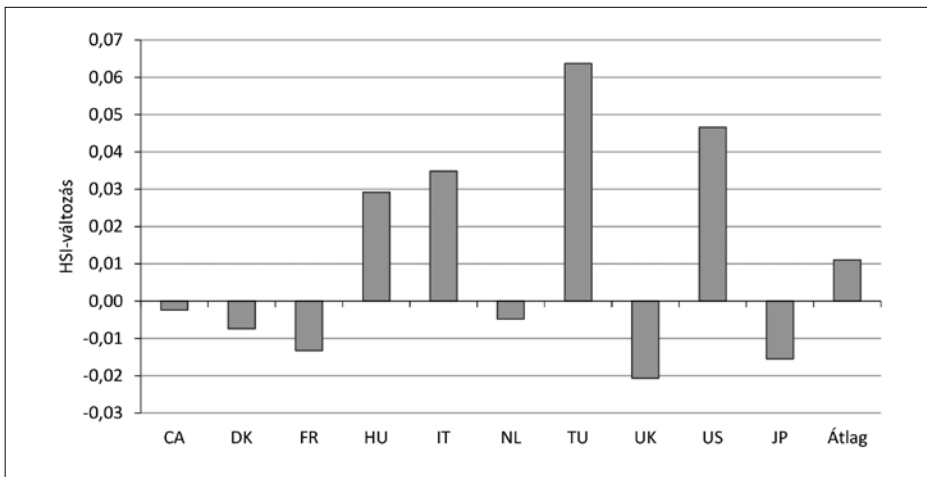
(18x10, azaz 180 értékpár) vonatkozóan a 4. ábrán is látható a negatív kapcsolat a HSI- és CV-értékek között (az ábrán néhány országot és növényt külön is jelöltünk). A két változó közti összefüggés nem túl erős, ami azt jelzi, hogy a CV és a HSI alkalmazása gyakran eltérő eredményre vezet adott növényeknél és országban. A korrelációs együttható a CV és a HSI közötti  $R = -0,580$  ( $R^2 = 0,3359$ ), ami gyenge és ellentétes irányú összefüggésre utal. A 4. ábrán látható, hogy egyes növények és országok esetében egy viszonylag alacsony CV (alacsony változékonyság) kismértékű negatív HSI-vel (nagy változékonyság) jár, például Magyarországon a sárgarépa, illetve Japánban a komló esetén. Ugyanakkor a törökországi repce viszonylag magas (nagy változékonyság) CV-értéke magas HSI-vel (alacsony változékonyság) párosult. Az előzőek bizonyítják a stabilitás pontos értékelésében a HSI CV-vel szembeni számításának jelentőségét, illetve gyakorlati alkalmazhatóságát.

A második alkalmazás a döntéshozatal szempontjából releváns. Ez a HSI tényleges számított értékein alapul, amely az alkalmazott módszertan miatt közvetlenül ösz-

szezhasonlíthatóvá teszi az egyes országokat, időszakokat és növényeket. Egy nagyon instabil termésátlagú növény HSI-értéke  $-2,0$  közelében van, míg egy nagyon stabilé  $2,0$  közelében. A ténylegesen kiszámított HSI-értékeknek a fenti elméleti határokhoz történő viszonyításával az adott ország hozamstabilitási szintje közvetlenül értékelhető. A pozitív HSI-érték azt mutatja, hogy a vizsgált növény és termesztési technológia jól illeszkedik az ország környezeti adottságaihoz, és az adott időben alkalmazott technológia a kockázatokat jól kezelve képes fenntartani a trend szerint elvárt hozamszintet. A HSI időbeli változásai az adott országban bekövetkezett technológiai változásokat tükrözik. Az index pozitív irányú változása jelzi a kutatás-fejlesztésben (K+F), valamint a termesztési technológiában megnyilvánuló előrehaladást. A növénytermesztési technológia tehát jól tud alkalmazkodni az adott ország környezeti feltételeihez. Az index negatív irányú változása értelemszerűen romlást jelez. A 3. ábrán az index növényenkénti változását, az 5. ábrán pedig az index országonkénti változását követhetjük nyomon, példákát láthatunk mindkét irányú változásra.

**5. ábra**

**A hozamstabilitási index országankénti átlagértékének változása az 1961–2000 és a 2004–2016 időszakok között**  
**(Change in the average value of yield stability index per country between the periods of 1961–2000 and 2004–2016)**



Megjegyzés:  $HSI\text{-változás} = HSI_{(2004-2016)} - HSI_{(1961-2000)}$

Forrás: saját szerkesztés

A tényleges HSI és a HSI változása fontos lehet a döntéshozók számára, mivel a pozitív HSI és az index pozitív változása is azt jelenti, hogy a termés és a termelési technológia jól alkalmazkodik a környezethez, számítani lehet a hozamok további javulására. Így az adott növény termesztése a vizsgált országban perspektivikus lehet. A negatív és csökkenő HSI esetén a növény nem megfelelő, javulás a termesztéstechnológia vagy az alkalmazott fajta változtatásával várható. A negatív, viszont növekvő HSI esetén a korábban kevésbé megfelelő technológia javul, az valószínűleg megfelelő irányba fejlődik. Amikor a HSI pozitív, de csökkenő, fel kell hívni a döntéshozók figyelmét arra, hogy a jelenlegi technológia még megfelelő, de a nagyobb mértékű ingadozások kockázata emelkedik. Törekedni kell a technológia javítására. Szélsőséges esetben ez a tendencia arra utalhat, hogy a hosszú távú éghajlatváltozás miatt a korábban jól alkalmazkodó növény a jövőben nem lesz alkalmas a termesztésre. Ezeket

a lehetőségeket célszerű figyelembe venni a vetésszerkezet kialakításában és a K+F irányok kijelölésében.

A HSI-hez kapcsolódik a *Bacsi és Vizvári (2002)* által bevezetett „gyengén technológizált növény” fogalma. Azokat a növényeket nevezték így, amelyek hozamstabilitási értéke negatív. Meghatározták a gyengén technológizált növények számát 10 országra, az 1961–2000 és az 1960–1989 közötti időszakokra. Hasonló módon a jelen cikkben is meghatároztuk a gyengén technológizált növények számát a 2004–2016 időszakra. A 3. táblázatban és a 6. ábrán közöljük az eredményeket.

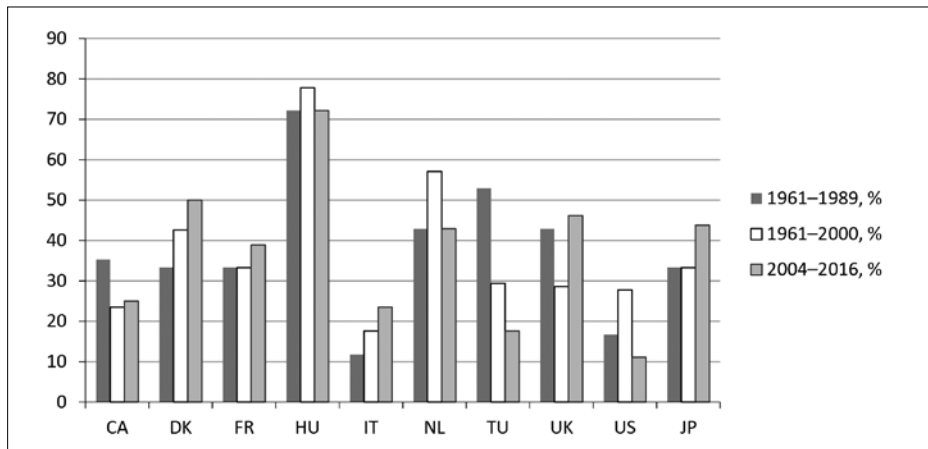
A 2004–2016 közötti időszakban a gyengén technológizált növények száma a 2000 előtti időszakhoz hasonlóan alakult a legtöbb vizsgált országban. Kivételt képez ez alól Törökország, ahol a korábbi 5-ről 3-ra, az USA, ahol 5-ről 2-re csökkent, és Japán, ahol 1-ről 7-re növekedett a nem jól technológizált növények száma. Mivel a figyelembe vett növények száma a 2000 előtti és a 2004

**3. táblázat**  
**A gyengén technológizált növények számának alakulása az egyes vizsgálati időszakokban**  
*(Number of weakly technologised plants in each study period)*

Időszak	CA	DK	FR	HU	IT	NL	TU	UK	US	JP
1961–1989, db	6	6	6	13	2	6	9	6	3	1
az 1961–1989 között vizsgálatba vont növények %-ában	35,3	33,3	33,3	72,2	11,8	42,9	52,9	42,9	16,7	33,3
1961–2000, db	4	8	6	14	3	8	5	4	5	1
az 1961–2000 között vizsgálatba vont növények %-ában	23,5	42,6	33,3	77,8	17,6	57,1	29,4	28,6	27,8	33,3
2004–2016, db	4	7	7	13	4	6	3	6	2	7
a 2004–2016 között vizsgálatba vont növények %-ában	25,0	50,0	38,9	72,2	23,5	42,9	17,6	46,2	11,1	43,8
Összes növény, db 1961–2000	17	13	18	18	17	14	17	14	18	3
Összes növény, db 2004–2016	16	14	18	18	17	14	17	13	18	16

Forrás: saját szerkesztés

**6. ábra**  
**A gyengén technológizált növények aránya az összes megfigyelt növényfajon belül az egyes időszakokban**  
*(Share of weakly technologised plants compared to all observed species in each study period)*



Forrás: saját szerkesztés

utáni időszakban több ország esetében is jelentősen eltért, a gyengén technológizált növények összes termesztett növényhez viszonyított arányát is megadtuk.

Látható, hogy a százalékos arányokat tekintve a 2004–2016-os időszakban az 1961–1989 időszakhoz képest egyértelmű javulást mutat Kanada, Törökország és az USA. Lényegében változatlan az arányszám Magyarország, Hollandia és az Egyesült Ki-

ráltság esetében, míg Dániában, Franciaországban, Olaszországban és Japánban határozottan romlott a helyzet. Ugyanakkor fontos azt is észrevenni, hogy Magyarország stagnáló helyzete egyúttal a vizsgált országok közül a legkedvezőtlenebb, bármelyik időszakot tekintjük, egyértelműen itt a legnagyobb a gyengén technológizált növények aránya. A második leggyengébben technológizált ország Dánia, azt az Egyesült

Királyság, majd Hollandia és Japán követi. A további sorrend Franciaország, Kanada, Olaszország, Törökország, USA.

### KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A hozamstabilitási index a hozamoknak a hozamok trendjétől való eltérését méri, nem foglalkozik a hozamok tényleges nagyságával, illetve a trend irányával (növekvő vagy csökkenő) sem. A döntéshozóknak ezért egyaránt figyelembe kell venni a hozamok trendjét és a HSI-értékeket. Az optimális termesztési technológia jellemzője a magas hozam (illetve emelkedő trend) alacsony variabilitással (magas HSI).

A fentiek hatással lehetnek az egyes országok mezőgazdasági támogatási politikájára. A túltermelés ellen intervenciós felvásárlással, vagy az igen alacsony hozam ellen biztosítással védekező rendszerek kevésbé teszik érzékenyvé a hozamváltozással kapcsolatos lehetséges kockázatokra a termelőket, ez csökkentheti az ágazat motivációját a termelési technológiák fejlesztésére. A mezőgazdasági szektor állami támogatásai

mind az USA-ban, mind az EU-ban nagyban befolyásolják a termelést (*Heinemann et al., 2014*). Bár ezt a szempontot nem érintettük ebben a tanulmányban, a hat vizsgált EU-tagállam közül négyben a HSI-értékek átlaga negatív irányba változott (Olaszország és Magyarország volt az a két ország, ahol pozitív változás történt). A legnagyobb stabilitási javulást az USA-ban és Törökországban tapasztaltuk. Ennek lehetséges okait jelen cikkünkben nem vizsgáltuk. Az EU mezőgazdasági támogatásainak várható csökkenésével a mezőgazdasági termelőknek célszerű lenne jobban megfontolni a kockázatsökkentő technológiák bevezetését.

A későbbiekben célszerűnek tartjuk a Magyarországra vonatkozó vizsgálatok regionális kiterjesztését a KSH, valamint a NAIK Agrárgazdasági Kutatóintézet (NAIK AKI) adatai és a termelőkötől gyűjtött adatok alapján. Vizsgálható az integrációs kapcsolatok hatása a hozamstabilitásra, de akár a növénytermesztési technológia egyes elemeinek, valamint az időjárásnak, az éghajlatváltozásnak és a termőhelyi adottságoknak a befolyásoló szerepe is.

### FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) Bacsi Zs. – Vizvári B. (2002): Módszer a termésátlagok ingadozásának elemzésére. *Gazdálkodás*, 46 (3) 63–74. – (2) Brink, D. (2010): *Essentials of Statistics*. Ventus Publishing APS. – (3) Crane, L. – Gantz, G. – Isaacs, S. – Jose, D. – Sharp, R. (2013): *Introduction to risk management*. Extension Risk Management Education and Risk Management Agency, USDA – (4) Cuddy, J. – Della Valle, P. A. (1978): Measuring instability of time series data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 40, 79–85. – (5) Erdélyi É. – Novák A. – Ladányi M. (2009): Az őszi árpa terméskockázatának növekedése és lehetséges okai. *Gazdálkodás*, 53 (5) 449–452. – (6) FAO (2018): *FAO Statistical Database*, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> [2019.03.10.] – (7) Gollin, D. (2006): *Impacts of International Research on Intertemporal Yield Stability in Wheat and Maize: An Economic Assessment*. Mexico, D.F.: CIMMYT. – (8) Grover, K. K. – Karsten, H. D. – Roth, G. W. (2009): Corn Grain Yields and Yield Stability in Four Long-Term Cropping Systems. *Agronomy Journal*, 101, 940–946. – (9) Heinemann, J. A. – Massaro, M. – Coray, D. S. – Zanon, A. – Tenfen, S. – Wen, J. D. (2014): Sustainability and innovation in staple crop production in the US Midwest. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 12 (1) 71–88., DOI: 10.1080/14735903.2013.806408 – (10) Hingyi H. (2005): A magyarországi régiók búza- és kukorica termelésének főbb jellemzői. *Gazdálkodás*, XLIX (5) 54–60. – (11) Kahan, D. (2013): *Managing Risk in Farming*. Farm Management Extension Guide 3., FAO, Rome – (12) Kamidi, R. E. (2001): Relative Stability, Performance, and Superiority of Crop Genotypes Across Environments. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 6 (4) 449–460. DOI: 10.1198/10857110152946820 – (13) Khalil, M. – Pour-Aboughadareh, A. (2016): Parametric and non-parametric measures for evaluation yield stability and adaptability in barley doubled haploid lines. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18, 789–803. – (14) Molnár T. – Molnárné Barna

- K. (2015): A szélsőséges időjárási jelenségek hatásai. *Deturope*, 7 (1) 79–94. – (15) Nielsen, D. C. – Vigil, M. F. (2018): Wheat Yield and Yield Stability of Eight Dryland Crop Rotations. *Agronomy Journal*, 110, 594–601. DOI: 10.2134/agronj2017.07.0407 – (16) Piepho, H. P. (1998): Methods of comparing the yield stability of cropping systems. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 180, 193–213. DOI: 10.1111/j.1439-037X.1998.tb00526.x – (17) Potori N. – Varga E. (2008) A magyar gabonaágazat középtávú kilátásai. *Gazdálkodás*, 52 (2) 124–129. – (18) Szármes P. (2014): Kockázatcsökkentési lehetőségek a növénytermesztésben a precíziós gazdálkodás eszközeivel. <https://kgk.sze.hu/images/dokumentumok/kautzkiadvany2014/SzarmesP.pdf>. – (19) Vágó K. (2005): Az aszály növénytermelésre gyakorolt hatásai. *Gazdálkodás*, XLIX (1) 36–41. – (20) Vizvári B. – Bacsí Zs. (2002): Technological Development and the Stability of Technology in Crop Production. *Journal of Central European Agriculture*, 3 (1) 63–72. – (21) Wang, X. – Li, Y. – Qian, Z. – Shen, Z. (2012): Estimation of Crop Yield Distribution: Implication for Crop Engineering Risk. *Systems Engineering Procedia*, 3, 132–138.

## YIELD STABILITY IN CROP PRODUCTION

By: **Hollósy, Zsolt – Bacsí, Zsuzsanna**

**Keywords: crop yield, fluctuation, risk, time series, yield stability, technology level.**

**JEL: C43, Q54, Q55, Q58.**

The technology of crop production should provide high yields under varying environmental conditions typical for the geographical zone of production. However, crop yields may fluctuate from year to year. As long as these fluctuations are small, the technology reliably delivers yields close to expectations, but occasional extreme low or high yields can cause serious concern for farmers. Thus the fluctuations of yields should be kept within reasonable limits. The level of fluctuation is usually measured by statistical dispersion indicators, e.g. standard deviation, or coefficient of variation. These indicators, however, give an average measure of fluctuations, and the same dispersion value can occur as the result of many small deviations, or of a few large ones. Farmers may well tolerate small yield fluctuations, as acceptable uncertainties of crop production, but a few extremely low or high yields may be disastrous for them. The present paper introduces an adjusted measure of a yield stability index and tests it for 10 countries and 18 crops. Results are compared for two time periods, 1961-2000 and 2004-2016, to show, which crops are produced with the most reliable technologies in various countries. For each country the group of well technologized crops are defined, for which the applied technology is capable of maintaining a stable average yield for many decades regardless of the changes of the external environment. In Hungary more than 70 % of the analysed crops are weakly technologised, including wheat, barley and maize, while only five crops – sunflower, green peas, cucumber, cabbage and spinach – are well technologised. This is the worst result among the 10 countries assessed in the paper.