

## Pálfai-féle aszályosság index és a Normalizált Csapadék Index összehasonlítása az Észak-alföldi régióban

Gálya Bernadett – Nagy Attila – Blaskó Lajos – Dályai Boglárka – Tamás János

Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,

Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, Debrecen

bernadett.galya@agr.unideb.hu

### ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországon a mezőgazdaság mindig kiemelkedő jelentőségű gazdasági, termelő tevékenység volt, jelentős szerepet játszott a társadalom fenntarthatósága, az emberek munkalehetősége és élelmiszerral való ellátása területén. Hazánk természeti adottságai mezőgazdasági termelés szempontjából az átlagnál kedvezőbbek, mivel több, mint 4,5 millió hektár mezőgazdasági termelésre alkalmas, művelhető földterülettel rendelkezünk. A mezőgazdasági termelést számos tényező befolyásolhatja, többek között az éghajlat, a hidrológiai viszonyok, a talajadottságok és az emberi tevékenység. Az éghajlat meghatározza a terméseredmény minőségét és mennyiségét. Hazánk éghajlata igen változékony, nagy térbeli és időbeli szélsőségeket mutat. Ennek következtében hazánkban az aszályos évek egyre gyakoribbá váltak (2003, 2007, 2009, 2012), amely a termésátlagok csökkenésében is megmutatkozik. A jelen kutatás során 2003–2012 között Debrecen és térségére összehasonlítottuk a Pálfai-féle aszályosság indexét (PAI) és a Standardizált Csapadék Indexeket (SPI). A PAI számításához szükséges adatokat egy helyi meteorológiai állomás által szolgáltatott csapadék és hőmérséklet adataiból számítottuk, míg az SPI-3 indexek értékeit az Európai Aszályközpont adatbázisából töltöttük le. Ennek segítségével összehasonlítottunk egy lokális és regionális léptékű aszály vizsgálatot. Továbbá vizsgáltuk az SPI-3, talajnedvesség anomáliák és PAI értékeit a búza (*Triticum aestivum* L.) és a kukorica (*Zea mays* L.) termésátlagaival 2003–2012 között.

**Kulcsszavak:** PAI, SPI-3, talajnedvesség anomáliák, Debrecen, aszály

### SUMMARY

Agriculture has always been an important role in economy, food supplies, sustainability of society and creation of job opportunities in Hungary. Our country has resource-related strength of agriculture, because we have more than 4.5 million ha for agricultural production. Agricultural production can be influenced by several factors, including climate, hydrology, soil conditions and anthropogenic impacts. Climate determines the quality and quantity of the crop yields. The climate conditions in Hungary are variable and it shows spatial and temporal extremes. As a result of this, drought have become more frequent in our country (2003, 2007, 2009, 2012), which is reflected in the decline in yields as well. In the present study, Pálfai's Drought Index (PAI) and the Standardized Precipitation Index (SPI) were compared 2003–2012 in Debrecen. The temperature and precipitation data were calculated from data provided by a local meteorological station to work out PAI, while the SPI-3 index values were downloaded from the database of the European Drought Observatory. This allowed to drought assessment in a local and regional scale. Our study was supplemented with SPI-3, soil moisture anomalies, PAI and yields of wheat (*Triticum aestivum* L.) and maize (*Zea mays* L.) to evaluating the impact of drought on agriculture.

**Keywords:** PAI, SPI-3, soil moisture anomaly, Debrecen, drought

### BEVEZETÉS

Magyarország területének jelentős része aszályal veszélyeztetett. Aszálymentesnek csupán az ország nyugati, délnyugati része tekinthető. A legsúlyosabb aszályok természeti adottságainknak és földrajzi elhelyezkedésünk következtében az Alföldön, főleg annak középső részén alakulnak ki, ugyanakkor – sokszor területi átfedéssel is – jelentős a mély fekvésű, lefolyástalan területek kiterjedése is. Az aszály jelenség egyre gyakoribb ebben a térségben is, melynek súlyos következményei lehetnek (Weidinger és Mészáros, 2000). Az aszálynak nincs pontos definíciója, ezért nincs olyan mérőszám, amellyel megfelelően mérhetnénk, megállapíthatnánk súlyosságát. Azonban aszályindexek segítségével meg tudjuk határozni egy-egy mezőgazdasági év aszályának nagyságát, így többféle aszályindexet fejlesztettek ki a különböző aszályfajtáknak megfelelően (Richard és Heim, 2002). Az általunk vizsgált terület Debrecen és környéke, amely az Alföld északi részén található és kiváló mezőgazdasági területekkel rendelkezik. A kutatás célkitűzései között szerepelt, hogy

összehasonlítsuk a hazai aszály kutatásban széleskörűen alkalmazott Pálfai féle Ariditási Indexet (Niemeyer, 2008) Debrecen környéki meteorológiai adatok alapján, illetve a nemzetközi gyakorlatban használt Standardizált Csapadék Indexet (SPI) az Európai Aszály Observatórium (European Drought Observatory, EDO) adatbázisa alapján 2003–2012 közötti időszakokra. Ezen kívül szerettük volna feltárni az SPI-3 és talajnedvesség anomáliák, illetve az SPI-3, talajnedvesség anomáliák, PAI és a búza, kukorica termésátlagok közötti összefüggéseket.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

#### A meteorológia adatsorok és termésátlagok

A kutatásunk alapját képezte a meteorológiai adatok feldolgozása a PAI számításához, amelyeket a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központjának Agrometeorológiai és Agroökológiai Monitoring Központja bocsátott a rendelkezésünkre. A havi átlagos hőmérsékleti értékek és havi csapadék összegek Debrecen és

környékére vonatkoztatva 2003–2012-es időszakokra lettek megadva. Ezeket az adatokat a PAI számításához szükséges időszakokra válogattuk le, amely magába foglalta a havi átlagos hőmérsékletet áprilistól augusztusig, valamint havi csapadék összeget októbertől augusztusig. Mivel a csapadék adatok esetében előző év októberétől a következő év augusztusáig volt szükségünk értékekre, így az első év esetében a 2002 október, november és decemberi adatokat is belevettük a számításba. A hőmérsékleti adatok esetében az értékeket átlagoltuk, valamint a havi csapadék összegek esetében az értékeket összegeztük, és ezekkel az értékekkel végeztünk további számításokat. A búza és kukorica termésátlagokat 2003–2012-ig a Agrárgazdasági Kutató Intézet (AKI) Központi Statisztikai Hivatal adatbázisából nyertük.

### Az SPI-3, talajnedvesség anomáliák felhasználása

Az EDO számos aszályval kapcsolatos információt nyújt a felhasználóknak, amelyet különböző adatforrásokból származtatnak, mint például csapadékmérések, műholdas mérések és talajnedvesség-tartalom modellezése. Különböző eszközök segítségével nyomon követi a csapadék alakulását, és csapadékméréseken keresztül pontos információt nyújt számunkra az esetlegesen kialakuló szárazságról vagy aszályról. Az adatok és eszközök menüpontban számos lehetőség áll rendelkezésre, többek között az idősoros elemzés, melynek segítségével a 2003–2012 közötti időszakra vonatkoztatva le tudtuk tölteni az aszályközpont által mért csapadék adatokat, SPI-3 értékeket, valamint a talajnedvesség anomáliákat. A helyszín kiválasztás során a pontos koordináták megadásával (északi szélesség: 47.5300°, keleti hosszúság 21.6395°) tudtuk letölteni a fent említett adatsorokat Debrecen és térségére (Net1).

Az egyik legelterjedtebb a nemzetközi gyakorlatban alkalmazott index az SPI (Standardized Precipitation Index, Normalizált Csapadék-Index), ami tulajdonképpen az adott időszak csapadék előfordulási valószínűségét adja meg (Michael et al., 1999). A vizsgálatok során az SPI-3 index értékeit 2003–2012-es időszakra az Európai Aszály Observatórium adatbázisából töltöttük le. Az adott helyre történő SPI számítás egy kívánt periódusra vonatkozó sokéves csapadék adatokra alapozódik (Tsakiris és Vangelis, 2004). Ezeket a sokéves adatokat egy gyakorisági eloszláshoz igazítják, majd normál eloszlás szerint alakítják, így az adott helyre és a kívánt időszakra vonatkozó átlagos SPI-3 érték nulla lesz. Minél alacsonyabb az SPI érték, annál nagyobb a szárazság. Általában +1 és -1 érték között tekintjük a helyzetet normálisnak, felette nedves, alatta száraz időszakról beszélünk (McKee et al., 1993, 1995).

### A PAI számításának menete

Az index számítása során a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központjának Agrometeorológiai és Agroökológiai Monitoring Központja által szolgáltatott hőmérsékleti és csapadék adatokat használtuk fel. A képlet segítségével éves lebontásban számoltuk ki az index kiszámításához szükséges alapértékeket [ $PAI_0$  – az aszályindex alapértéke ( $^{\circ}C/100$  mm)] (Pálfai, 1990).

$$PAI_0 = t_{IV-VIII} / P_{X-VIII}$$

ahol:

$PAI_0$  – az aszályindex alapértéke ( $^{\circ}C/100$  mm),  
 $t_{IV-VIII}$  – a levegő középhőmérséklete az április-augusztusi időszakban ( $^{\circ}C$ ),  
 $P_{X-VIII}$  – az október-augusztusi időszak súlyozott csapadékösszege (mm) – 11 hónap.

A Pálfai-féle Ariditási Index végső értéke (PAI) az alapértékek korrigálásával határozható meg az alábbi összefüggés szerint:

$$PAI = k_t * k_p * k_{gw} * PAI_0$$

ahol:

$k_t$  – a hőmérsékleti tényező (Magyarországon ez az érték 16 nap),  
 $k_p$  – a csapadék tényező (Magyarországon ez az érték 20 nap),  
 $k_{gw}$  – talajvíz-szint korrekciós tényező.

A számítás során a talajvíz-szint korrekciós tényezőt ( $k_{gw}$ ) nem vettem figyelembe, mivel Debrecen kistérségi területét tekintve főként a lösz jellemzi, a löszháton pedig mélyen található a talajvíz-szint.

## EREDMÉNYEK

### Meteorológiai adatok kiértékelése

A hőmérsékleti adatok esetében 2003–2012 között a hőmérsékleti ingadozás nem volt jelentős, a legmagasabb hőmérsékleti átlagértékeket 2007-ben jegyezték fel, melynek értéke 19,8  $^{\circ}C$ . Összességében elmondható, hogy a 2003-as (18,7  $^{\circ}C$ ), 2007-es (19,8  $^{\circ}C$ ), 2009-es (19,6  $^{\circ}C$ ) és 2012-es (18,2  $^{\circ}C$ ) évben kiemelkedően magas volt az éves átlaghőmérséklet, ezek aszályos évek voltak.

A PAI index számításához szükséges csapadék értékeket vettük figyelembe (októbertől augusztusig). Magyarországon az évi átlagos csapadék mennyisége 500–750 mm, Debrecen térségében ez az érték valamennyivel kevesebb (kb. 550 mm), viszont az általunk vizsgált csapadék értékek között a szeptember hónap nem szerepel, tehát az évi átlagos csapadék mennyiség és az általunk számolt csapadékösszegek miatt különbségek mutatkozhatnak. A kapott adatok alapján alacsony volt a csapadék mennyisége a 2002–2003 (422 mm), 2006–2007 (400,5 mm), 2008–2009 (361,7 mm), 2011–2012-es (561 mm) időszakokban, amely időszakok aszályosnak számítottak.

### Búza és kukorica termésátlagok alakulása 2003–2012 között

A csapadék adatok összehasonlítása után, a termésátlagokat is vizsgáltuk a búza és kukorica esetében Hajdú-Bihar megyei adatok alapján (1. táblázat), hogy minél teljesebb képet kapjunk az aszály hatásáról.

A búza termésátlaga 2003–2012-es időszakban átlagos években 4000–5000 kg/ha-os, míg a kukoricáé 6000–7000 kg/ha-os érték körül alakulnak. Ezzel szemben az aszályos években (2003, 2007, 2009, 2012) ezek az értékek elmaradnak az átlagtól. Annak igazolása érdekében, hogy az SPI-3 index aszályossági értékei,

valamint a talajnedvesség értékek mennyire tükrözik a tényleges termésvesztéseget összehasonlító vizsgálatokat végeztünk a termésátlagok és az SPI-3, valamint a termésátlagok és talajnedvesség anomáliák, és a termésátlagok és a PAI között.

1. táblázat

**Búza és kukorica termésátlagok alakulása 2003–2012 között (Hajdú-Bihar megye)**

Év(2)	Termésátlag (t/ha)(1)	
	Búza(3)	Kukorica(4)
2003	3,062	5,510
2004	5,495	8,170
2005	4,491	7,670
2006	3,931	7,040
2007	3,412	4,640
2008	5,297	8,670
2009	3,932	6,610
2010	3,424	6,360
2011	4,401	6,910
2012	4,079	5,190

Forrás: KSH

Table 1: Development of average yields of wheat and maize between 2003–2012 Hajdú-Bihar County

Yield average (t ha<sup>-1</sup>)(1), Years(2), Wheat(3), Maize(4), Source: KSH

### SPI-3 eredményeinek értékelése

Az SPI értékeket +1 és -1 között tekintjük a normálisnak, felette nedves, alatta száraz időszakról beszélünk. Aszály akkor következik be, amikor az index

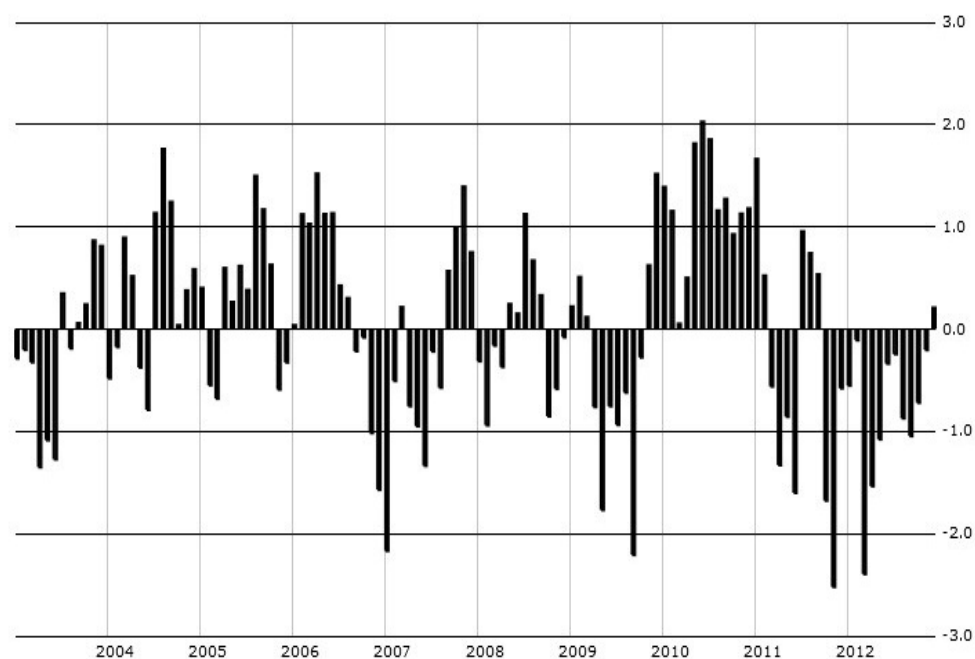
értéke folyamatosan negatív, és az aszály intenzív szakaszba lép (az SPI értéke -1, 0 vagy ennél kisebb). Az esemény akkor ér véget, amikor az SPI értéke ismét pozitív (McKee et al., 1993, 1995). A fentiek alapján a 2003-as, 2007-es, 2009-es és a 2012-es év tekinthető aszályosnak (1. ábra).

Az értékeket számszerűen is letöltöttük az adatbázisból, majd ennek segítségével összevetettük a búza és kukorica termésátlagok alakulását az SPI-3 értékkel. A vizsgálathoz kiválasztottunk mindkét természetett növény esetében egy-egy csapadékkellátottság szempontjából kritikus hónapot. A fentiek összehasonlítása céljából korrelációs vizsgálatot végeztünk a búza esetében április hónapra vonatkoztatva, mivel ebben az időszakban történik a búza vegetatív tömegképződése, így az aszályos időszak miatt termés kiesés léphet fel. A kukorica esetében pedig az augusztus az egyik kritikus hónap, mivel vízigénye a címerhánnyás és csöképződés idején nagy (2. ábra).

A vizsgálat során a búza esetében r értéke 0,23 volt, amely gyenge lineáris korrelációnak mondható. A lehetséges okok szétválasztása még további elemzéseket igényel. A kukorica korrelációs vizsgálata során az r értéke 0,75 volt, amely erős lineáris korrelációnak mondható, tehát ebben az esetben van összefüggés a kukorica termésátlaga és az SPI-3 között. Valószínűleg ennek az volt az oka, hogy a kukorica esetében az augusztus hónap csapadék mennyisége az egyik legmeghatározóbb a termésmennyiségének alakulásában, így a kukorica esetében az SPI-3 értékek alakulása tükrözi a termés kiesést.

1. ábra: SPI-3 aszályindex értékei Debrecen területére

■ SPI-3



Forrás: Net2

Figure 1: Values of SPI-3 in Debrecen

Source: Net2

2. ábra: Búza és kukorica termésátlagok (t/ha) és az SPI-3 összehasonlítása (2003–2012 április és augusztus)

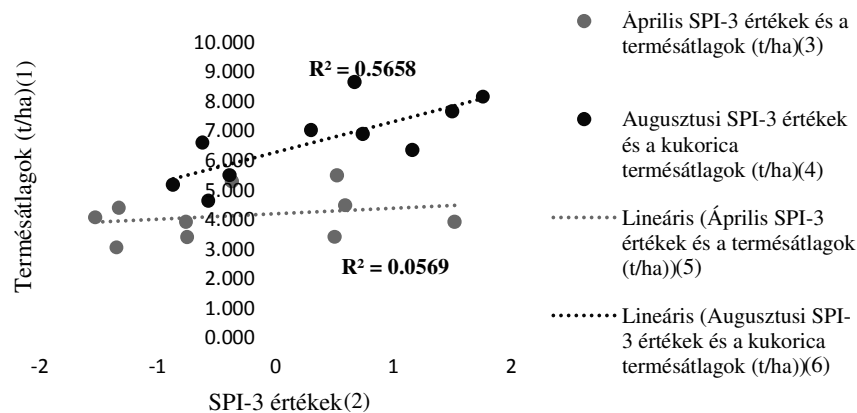


Figure 2: Comparing of SPI-3 and average yield of wheat and maize between april and august 2003–2012

Average yield ( $t\ ha^{-1}$ )(1), SPI-3 values(2), Values of SPI-3 and average yield ( $t\ ha^{-1}$ ) in April(3), Values of SPI-3 and average yield of maize ( $t\ ha^{-1}$ ) in August(4), Linear (Values of SPI-3 and average yield ( $t\ ha^{-1}$ ) in April)(5), Linear (Values of SPI-3 and average yield of maize ( $t\ ha^{-1}$ ) in August)(6)

### Talajnedvesség adatok értékelése

A vizsgálataink egyik fő célja volt, hogy aszályindexek adatait talajnedvesség értékekkel is kiegészítsük, mivel az SPI-3 egy valószínűségi index, amely csak a csapadék mennyiségét veszi figyelembe (McKee et al., 1993). A napi talajnedvesség adatok segítségével a talaj felső rétegében található víztartalom akutális helyzetét lehet jellemezni, a hosszú távú átlagos napi talajnedvesség értékekkel összehasonlítva. Ez az összehasonlítás egy normalizált talajnedvesség értéket ad, hogy a jelenlegi helyzet és a klimatikus átlag összevethető legyen. Az értékek -3 és 3 között mozognak, amelyek egész Európa területére elérhetőek. A talajnedvesség alakulása jól szemlélteti, hogy melyik év volt csapadékosabb (pl. 2005, 2010) és melyikre volt inkább az aszály (pl. a 2007. és 2012. évben jelentősebb, míg a 2009-es évben mérsékeltébb aszály volt) jellemző. Az adatokat tíz naponként jelölték, tehát minden hónapban három mérést hajtottak végre. Ezeket az értéket

összevetettük az SPI-3 értékeivel, mivel az feltételeztük, hogy összefüggés van a két adatsor között. Ennek bizonyítása érdekében korrelációs vizsgálatot végeztünk a két adatsor között az április és augusztus hónapok esetében (2003–2012), mivel már korábban kimutattuk, hogy ezekben a hónapokban volt összefüggés az aszályos időszak és a termés kiesés között. A átlagos talajnedvesség adatokat vettük figyelembe áprilisban és augusztusban 2003–2012 között.

A fenti adatok alapján korrelációs vizsgálatot végeztünk az SPI-3 és a talajnedvesség anomália esetében az április és augusztus hónapra az általunk kiválasztott 10 éves időszorban, amelynek az eredménye a 3. ábrán látható.

A búza esetében az  $r$  értéke 0,38 volt, amely gyenge lineáris korrelációnak mondható. Ennek alapján alacsony összefüggés van az a búza termésátlagok és a talajnedvesség anomália értékek között áprilisban. A lehetséges okok szétválasztása még további elemzéseket igényel.

3. ábra: SPI-3 és a talajnedvesség alakulása (április és augusztus)

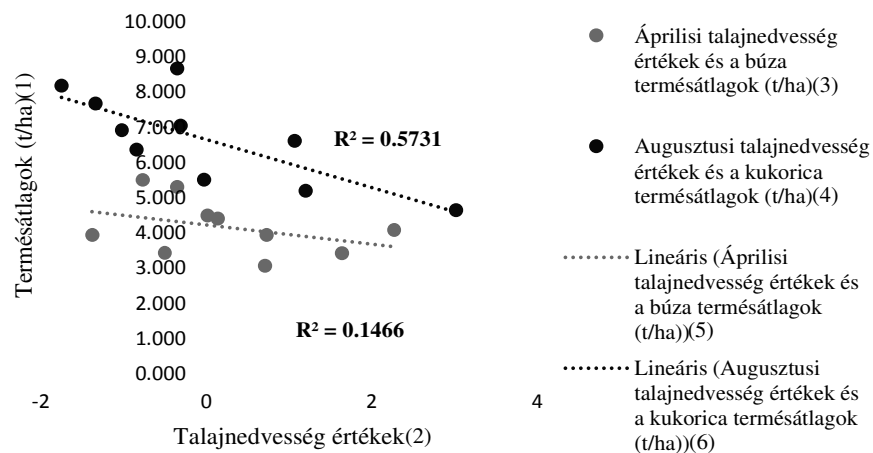


Figure 3: Development of SPI-3 values and soil moisture anomalies

Average yields ( $t\ ha^{-1}$ )(1), Values of soil moisture anomalies(2), Values of average yields of wheat and soil moisture anomalies in April ( $t\ ha^{-1}$ )(3), Values of average yields of maize and soil moisture anomalies in August ( $t\ ha^{-1}$ )(4), Linear (values of soil moisture anomalies and average yields of wheat in April) ( $t\ ha^{-1}$ )(5), Linear (values of soil moisture anomalies and average yields of maize in August) ( $t\ ha^{-1}$ )(6)

A második esetben az  $r$  értéke 0,75 volt, amely erős lineáris korrelációnak mondható, így szoros összefüggés van a kukorica termésátlagok (t/ha) és a talajnedvesség anomália értékek között augusztus hónapban is.

#### Aszályosság értékelése PAI adatok alapján

A vizsgálat során az egyik alapvető célkitűzés volt, hogy összehasonlítsunk egy hazai és egy nemzetközi gyakorlatban használt aszályindexet. A hazai indexek közül a Pálfi-féle aszályindexre esett a választásunk, mert főként Magyarországon és a Kárpát-medencében való használatra, az arid helyzetek (szárazság) súlyosságának jellemzésére alkalmas. Debrecen és környékére vonatkozó általunk kiszámolt PAI értékek a 4. ábrán láthatóak, a vízszintes pontozott vonal a küszöbértéket jelöli (Pálfi-féle Ariditási Index küszöbértéke 6,0). Ezen érték alatt nedves évekről beszélhetünk, míg a 6 feletti értékek esetén a szárazság különböző fokozatairól.

Az adatok alapján a 2003–2012 közötti időszakban mindegyik év küszöbérték felett helyezkedik el, így mindegyik év aszályosnak tekinthető. A 2010-es év PAI értéke 6,4, ez extrém csapadékos évnak számított, de ez az érték még így sem küszöbérték alatti. A többi évben a szárazság különböző fokozatait figyelhetjük meg, amelyek közül kiemelkedik a 2003-as, 2007-es, 2009-es és a 2012-es évek, hiszen ekkor a PAI érték elérte 12 fölötti értéket, tehát ezekben az években különösen erős szárazság volt jellemző. A legnagyobb aszály a 2009-es évre volt jellemző a PAI szerint. A kapott értékek alapján arra a megállapításra jutottunk, hogy a PAI és SPI-3 esetén is az értékek meghaladják a küszöbértékeket, így a 2003-as, 2007-es, 2009-es és a 2012-es években erős aszályt figyelhetünk meg. A PAI alkalmasabb lehet a helyi jelenségek nyomon követésére, míg az SPI-3 a regionális léptékű lekérdezések esetében nyújt átfogó képet. Ennek igazolása érdekében összevetettük a PAI értékeket a termésátlagokkal, hogy megvizsgáljuk a Pálfi-féle aszályossági indexek mennyire tükrözik vissza a termés kiesést (5. ábra).

4. ábra: A PAI eredményei (2003–2012)

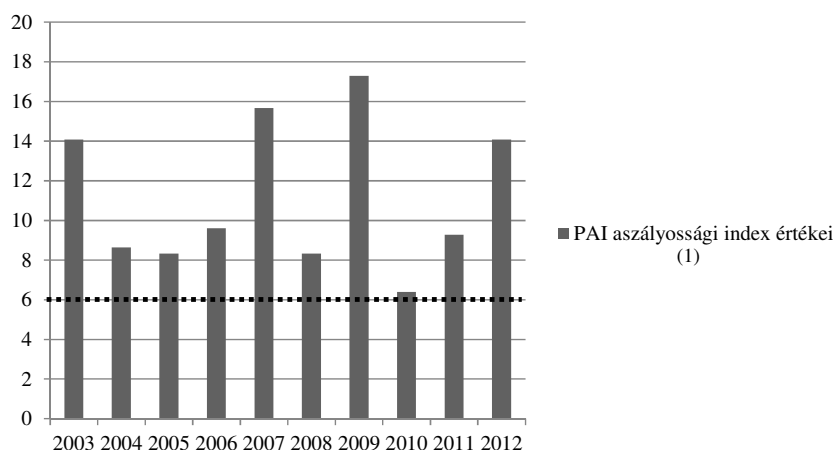


Figure 4: Results of Pálfi Aridity Index (2003–2012)  
Values of Pálfi Aridity Index(1)

5. ábra: A PAI aszályossági index és termésátlagok (t/ha) összehasonlítása (2003–2012)

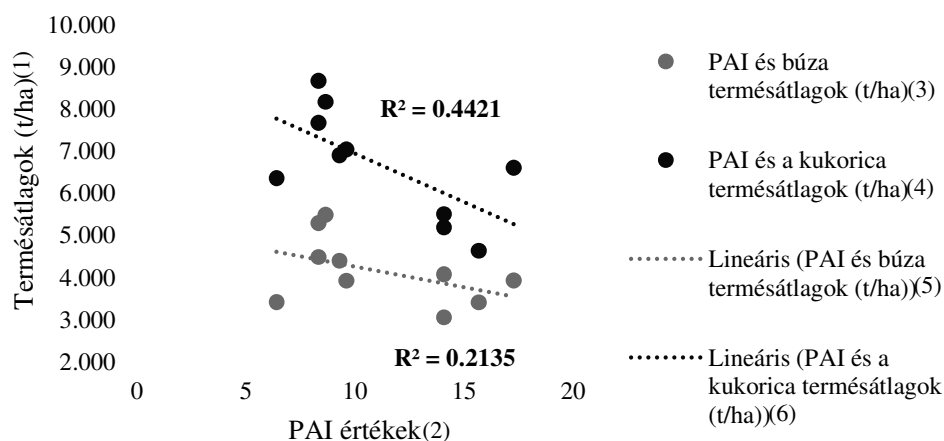


Figure 5: Comparing of PAI and average yields ( $t\ ha^{-1}$ ) between 2003–2012  
Average yields ( $t\ ha^{-1}$ )(1), Values of PAI(2), PAI and average yields of wheat ( $t\ ha^{-1}$ )(3), PAI and average of maize ( $t\ ha^{-1}$ )(4), Linear (PAI and average yields of wheat,  $t\ ha^{-1}$ )(5), Linear (PAI and average yields of maize,  $t\ ha^{-1}$ )(6)

A búza esetében az  $r$  értéke 0,46 volt, amely közepes lineáris korrelációnak mondható. Ennek alapján közepes összefüggés van az a búza termésátlagok és a PAI értékek között.

A kukorica esetében az  $r$  értéke 0,66 volt, amely közepes lineáris korrelációnak mondható, így ebben az esetben is közepes összefüggés van a kukorica termésátlagok (t/ha) és a PAI értékek között.

### KÖVETKEZTETÉSEK

A kutatásunk fő célkitűzései alapján elvégeztük egy hazai és nemzetközi aszályindex összehasonlítását a 2003–2012-es időszakra Debrecen és térségére, továbbá összehasonlító vizsgálatokat végeztünk búza és kukorica termésátlagok, valamint SPI-3, talajnedvesség anomáliák és PAI értékek között.

A búza és kukorica termésátlagok valamint az SPI-3 összehasonlító vizsgálata esetén, elmondható, hogy a búza esetében  $r$  értéke 0,23 volt, amely gyenge lineáris korrelációnak mondható. A lehetséges okok szétválasztása még további elemzéseket igényel. A kukorica korrelációs vizsgálata során az  $r$  értéke 0,75 volt, amely erős lineáris korrelációnak mondható, tehát ebben az esetben van összefüggés a kukorica termésátlaga és az SPI-3 között. Valószínűleg ennek az volt az oka, hogy a kukorica esetében az augusztus hónap csapadék mennyisége az egyik legmeghatározóbb a termésnyiségének alakulásában, így a kukorica esetében az SPI-3 értékek alakulása tükrözi a termés kiesést.

A talajnedvességi anomáliák esetében leolvashattuk, hogy 2003. és 2012. között melyik év volt nedves, illetve aszályos. A termésátlagok és a talajnedvesség-anomáliák összehasonlító vizsgálata alapján megállapítható, hogy a búza esetében az  $r$  értéke 0,38 volt, ez gyenge lineáris korrelációnak mondható. Ennek alapján alacsony összefüggés van az a búza termésátlagok és a talajnedvesség anomália értékek között áprilisban. A lehetséges okok szétválasztása még további elemzéseket igényel. A kukorica esetében az  $r$  értéke 0,75 volt, amely erős lineáris korrelációnak mondható, így szoros összefüggés van a kukorica termésátlagok (t/ha) és a talajnedvesség anomália értékek között augusztus hónapban is.

A PAI esetében éves értékeket számoltunk (2003–2012 közötti időszakra), a küszöbérték 6, és szinte minden év 6-os érték feletti, tehát aszályosnak tekinthető. Mindkét általtunk vizsgált index esetén a 2003., 2007., 2009. és a 2012. évek erősen aszályosnak minősültek. Összehasonlítottuk továbbá a PAI és a termésátlagok közötti értékeket. A búza esetében az  $r$  értéke 0,46 volt, amely közepes lineáris korrelációnak mondható. Ennek alapján közepes összefüggés van az a búza termésátlagok és a PAI értékek között. A kukorica esetében az  $r$  értéke 0,66 volt, amely közepes lineáris korrelációnak mondható, így ebben az esetben is közepes összefüggés van a kukorica termésátlagok (t/ha) és a PAI értékek között.

### IRODALOM

- McKee, T. B.–Doesken, N. J.–Kleist, J. (1993): The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints Eighth Conf. on Applied Climatology. Anaheim. CA. Amer. Meteor. Soc. 179–184.
- McKee, T. B.–Doesken, N. J.–Kleist, J. (1995): Drought monitoring with multiple time scales. Proceedings of the Ninth Conference on Applied Climatology. Amer. Meteor. Soc. Boston. 233–236.
- Michael, J. H.–Svoboda, M. D.–Wilhite, D. A.–Vanyarkho, O. V. (1999): Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index. Bull. Amer. Meteor. Soc. 80: 429–438.
- Net1: European Drought Observatory: <http://edo.jrc.ec.europa.eu>  
Net2: KSH: [www.ksh.hu](http://www.ksh.hu)
- Niemeyer, S. (2008): New drought indices European Commission. DG Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability. T. P. 261. JRC-IES. I-21020 Ispra. VA. Italy.
- Pálfai, I. (1990): Description and forecasting of droughts in Hungary. Proceedings 14<sup>th</sup> International Congress on Irrigation and Drainage. Rio de Janeiro. Brazil. 1-C: 151-158.
- Richard, R.–Heim, J. (2002): A review of twentieth-century drought indices used in the United States. Bull. Amer. Meteor. Soc. 83: 1149–1165.
- Tsakiris, G.–Vangelis, H. (2004): Towards a Drought Watch System based on Spatial SPI-3. Water Res. Man. 18. 1: 1–12.
- Weidinger T.–Mészáros R. (2000): Pannon Enciklopédia – Magyarország földje: kitekintéssel a Kárpát-medence egészére. (6. kötet) Urbis Könyvkiadó. Budapest.