
Az évjárat hatásának vizsgálata kumulált hőmérsékleti és csapadékgörbék alapján

Piskolczi Miklós

Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum,
Mezőgazdaságtudományi Kar,
Agrometeorológiai Observatórium, Debrecen

ÖSSZEFOGLALÁS

A kedvező és kedvezőtlen időjárási feltételek különbözőségének számszerű megismerése céljából, vizsgálataink a Hajdúsági termőtáj kukoricatermés (t/ha) 29 éves adatsorára (1961-1989) támaszkodnak, amelyekből két alacsony (1964, 1976) és két magas termésű (1969, 1975) évet választottunk ki. Az évek kiválasztását az idősorra illesztett lineáris trend alapján becsült és a tényleges termések arányosítása szerint végeztük el. A kumulált hőmérséklet- és csapadéértékekből számított görbék, az egyes évek április 1. és szeptember 30. közötti időszakára vonatkoznak. Viszonyítási alapul pedig a terület sokéves napi átlagértékeinek kumulált értékeit tekintettük. A jó és a kedvezőtlen termésű évek csapadék- és hőmérséklet görbéit a sokéves átlagokéival együtt, azonos skálán ábráztuk. Ahhoz, hogy az eltéréseket számszerűen is megadjuk, havi bontásban kiszámoltuk a különbségeket. Ezek alapján egyértelműen elkülöníthetővé vált az évjáratok sajátsága. Így az általunk használt módszer lehetőséget biztosít az időbeli típusok elkülönítéséhez. Megállapítást nyert, hogy ezen a termőtájon a csapadéknak döntő szerep jut a termés kialakításában, és a hőmérséklet csak másodlagos szerepet játszik.

SUMMARY

In order to get to know the numerical differences of favourable and unfavourable weather conditions, our research lean to 29-years-data (1961-1989) of maize yield of productive area of Hajdúság from which we chose two low (1964, 1976) and two high (1969, 1975) yield yerars. Choosing the years we fitted a linear trend to the time series and the valued data was divided by the realised crop. From the cumlative temperature- and rainfall data calculatd curve concern the period between 01. April and 01. September. The basis was the cumulative value of many years daily average value. The temperature- and rainfall curve of favourable and unfavourable yield with the many years average data was represented on the same scale. In order to numericate the differences we count the differences monthly frequency. Based on it became sunder the feature of years. The method used by us ensure possibility to separate the temporal types. It was found that informing the yield the rainfall has main role in this productive area and the temperature has only second role.

BEVEZETÉS

A kukorica termések az egyes évjáratok időjárásának megfelelően jelentős mértékben ingadoznak. Az idősorok elemzéseiből kitűnik, hogy az évek múlásával Magyarország különböző termelési körzeteiben a kukorica termésátlagok nőttek. Ez a tendencia egészen a '90-es évekig megfigyelhető (Szász, 1982). Az 1960-tól 1989-ig

terjedő időszakban, a tendencia egységesnek mutatkozott, ami a termesztési technológia folyamatos fejlődésével és a biológiai alapok minőségének fokozódásával magyarázható. A fejlődés a termések trendjével fejezhető ki, az ingadozások pedig a komplex ökológiai paraméterek együttes hatását mutatják. A kukorica termésének alakulásában felismerhető az a törvényszerűség is, hogy a jó termékenységű talajokon nagy abszolút termésszámok mutatkoznak, míg a kedvezőtleneken kis mértékűek. Ez alapján a tervezhetőség és becsülhetőség szempontjából, a kedvező termőhelyi adottságok ellenére is nagy kockázat rejlik a termelésben. A komplex agroökológiai rendszeren belül a tenyészidőszak időjárásának alakulása az egyik, talán legfontosabb ható tényező. Ennek a hatásnak a felderítésére alkalmasnak mutatkozik a napi hőmérséklet és csapadéértékek kumulált görbéinek elemzése.

A VIZSGÁLATOK CÉLKITŰZÉSE, ANYAGA ÉS MÓDSZERE

A kedvező és kedvezőtlen feltételek különbözőségének számszerű megismerése céljából vizsgálataink a Hajdúsági termőtáj kukoricatermés (t/ha) 29 éves adatsorára (1961-1989) támaszkodnak, amelyekből két alacsony és két magas termésű évet választottunk ki, feltételezve, hogy ezek reprezentálják legjobban az agroökológiai különbözőségeket. Az évek kiválasztását az idősorra illesztett lineáris trend alapján becsült és a tényleges termések arányosítása alapján végeztük el. A 29 év alatt bekövetkező termésátlag növekedés a Hajdúsági körzet területén 0,2 t/ha/év volt, ami a trendegyes meredeksége. Az arányosítás útján a jellemző termesztéstechnikai különbözőségeket küszöböltük ki. Mivel a talajok szerkezete, minősége évente nem mutat lényeges eltérést, a terméssor ingadozásainak magyarázatát az egyes évek időjárási sajátságaiban kell keresnünk. Meg kell említeni, hogy a terméssorokra a lineáris trendillesztés mellett a másodfokú is kielégítő illesztési pontosságot mutat. E két lehetőség közül, Szász (1982) és Nagy (1999) munkájára hivatkozva a lineáris illesztést alkalmaztuk.

A kumulált hőmérséklet- és csapadéértékekből számított görbék az egyes évek, április 1. és szeptember 30. közötti időszakra vonatkoznak. Viszonyítási alapul pedig a terület sokéves napi átlagértékeinek kumulált értékeit vettük. Ehhez rendelkezésünkre állt a Debreceni Egyetem Agrometeorológiai Observatórium adatbázisa.

A különböző évekből származó kumulált idősorok közötti különbségek elemzése azért célszerű, mivel a napi időjárási folyamatok, illetve azok különbözősége, halmozott formában jelenik meg. A kumulált összegek azokat a tartamhatásokat fejezik ki, amelyekre a növény valamilyen formában reagál. Egy-két nap szélsőséges hőmérséklete, csapadékhiánya még nem befolyásolja jelentősen az egyedfejlődést, ha a hatások tartóssá válnak, a növények növekedése lelassul, ami döntően befolyásolja a termés képződést. A csapadék és a hőmérséklet egymást követő napi, havi változásának hatása halmozottan mutatkozik meg a termés mennyiségi és minőségi paramétereiben. Bár a napi, havi átlagok önmagukban is jelentős információt hordoznak a növény számára, a növényi növekedés dinamikus folyamatával csak nehezen vethető össze. Az egyes elemek, valamely időszakra vonatkozó kumulált érték sor emelkedésének mértéke, utal egy hosszabban tartó sajátos ökológiai helyzetre.

Vizsgálataink célja az volt, hogy a hajdúsági termesztési körzet klimatikus adatai alapján egyértelműen elkülönítsük egymástól a kedvező és kedvezőtlen évjáratokat kialakító időjárás típusait. Az általunk alkalmazott megközelítés új, hatékony jellemzést ad a termést befolyásoló időjárási hatásokról.

A KUKORICA TERMŐHELYI KLIMATIKUS IGÉNYEI

A kukorica termőhelyi igényeit elsősorban a hőmérséklet és a csapadékellátottság határozza meg, mivel ezek egyidejű alakulása egyértelműen szabályozza a kukorica termésének nagyságát.

Hőmérsékleti igényeit tekintve a kukorica a csírázásához 9-12°C-ot igényel, de további fejlődéséhez legalább 12-14°C hőmérséklet szükséges. A fejlődés optimális körülmények között 20-30°C hőmérsékleten megy végbe (Surányi, 1957). Az ország legjobb kukorica termő vidékeit a július havi 22°C fokos izotermával határolhatók körül. A termés nagyságát leginkább a július, augusztus havi időjárás dönti el, de a korai fajtáknál már a júniusi is fontos szerepet játszik. A legtöbb fajtánál a szárbaszökés fázisában a csapadékon kívül főként a hőmérsékleté, virágzást követően pedig leginkább a csapadéké a fő szerep. A kései fajtáknál a csapadékban gazdagabb augusztus siettet a termést (Surányi-Villax, 1932).

A kukorica fejlődésének üteme nagyban függ a hőmérséklettől, viszont 23°C fokon felüli átlagos hőmérséklet a címerhányást követő 20 nap alatt látszólag árt a kukoricának. Az átlagos hőmérséklet a kukorica vetését követő 50-60 nap alatt befolyással van a címerhányás idejére. A rendkívül magas hőmérséklet (35°C fokon felül) elfonnyasztja a bibéket, a pollent kiszóródása után 1-2 órával, és így rossz lesz a megtermékenyülés, hiányos lesz a cső. A relatív hőhiány erősen csökkenti az eredményes kukoricatermesztés esélyeit, a relatív hőtöbbleten viszont öntözéssel segíthetünk. Általánosan elmondható, hogy a kukorica – bár hőigényes és

melegkedvelő növénynek tartjuk – az extrém magas hőmérsékletet, főleg ha az kis légnedvességgel társul, már nem szereti (Menyhért, 1985).

A fagy annál inkább veszélyezteti a kukoricát minél fiatalabb, de már a 2-3 levelű állapotban az egymásra boruló levelek megvédik az öblükben fejlődő szárkezdeményt, és ekkor a kukorica csak mérsékelten sérül, és kb. egy hét alatt regenerálódik (Surányi, 1957). Ha a hőmérséklet -1, -2°C fokra süllyed csak a levelek károsodnak, a növény nem pusztul el. Ha nagyobb mértékű a lehülés (-3, -6°C) a talajfelszín alatti részek is megfagyhatnak és kipusztulhat a növény.

Minden csapadék a talajon keresztül érvényesül (Berényi, 1945), így hasonló csapadékellátottság mellett eltérő terméseredmények mutatkoznak. Berényi (1945) szerint a csapadékmennyiségek bizonytalanul értékelhetők, mivel a kezdeti fejlődési fázisban a szemfejlődésig a kukorica a talaj vízkészletét fogyasztja. Berényi (1945) továbbiakban megemlíti, hogy a csapadék a termés mennyiségét, a hőmérséklet pedig az érést befolyásolja. Megállapítja, hogy a legjobb terméseket a meleg, esős, míg a legrosszabbakat száraz, meleg nyarakon érhetjük el. Szász (1988) számításai szerint hazánkban a száraz-meleg nyarak gyakorisága százalékban kifejezve 34%, a csapadékos hideg és a száraz-hideg egyaránt 25-25%, a csapadékos-meleg pedig 16%, ami éghajlatunk szárazsági hajlamát bizonyítja.

A júniusi szárazság és meleg után – ha az júliusban és augusztusban nem folytatódik tovább – csúcstermés várható. Ezt az is magyarázza, hogy a kukorica a címerhányása előtt igényli a szárazságot. A júliusi csapadék az említettek miatt is lényeges, és azért is, mivel az augusztusi bő csapadék már nem képes kompenzálni a július hónap szárazságát (Surányi, 1957). Az augusztusi csapadéktöbblet meggyorsítja a kukorica fejlődését, megrövidíti a tenyészidőt. Ha az augusztusi szárazságot csapadékos szeptember követi, akkor bizonytalanná válik a késői fajták beérése. Az augusztustól októberig terjedő száraz periódus jelentős terméscsökkenést okoz (Surányi-Villax, 1932).

A fent említett hőmérsékleti és csapadék értékek alapján jól tájékozódhatunk a kukorica általános klimatikus igényeiről, de ekkor nem vesszük figyelembe az együttes időjárási hatásokat. Bár az általunk vizsgált négy év időjárási évjárat típusainak elemzése még nem elégséges egy komplex agroökológiai értékeléshez, mégis a szélsőségek révén lehetőségünk nyílik a növény-időjárás dinamikus függésének területi számszerűsítésére.

AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A kiválasztott évek terméseredményeit, az arányszámokat és az eltéréseket az 1. táblázat tartalmazza. Az 1964. és az 1976. év kis termésű, az 1969. és 1975. év pedig nagy termésű évek számít. A Hajdúsági termesztési körzet termésátlaga 29 év adata alapján $6,5 \pm 2,0 t/ha$.

1. táblázat

Nagy és kis termésű évek terméseredményei

Évek(1)	Termés (t/ha)(2)	Becsült (t/ha)(3)	Trend-arány(4)	Különbség (t/ha)(5)
Kis termésű évek(6)				
1964	3,0	4,5	0,67	-1,5
1976	5,4	6,7	0,8	-1,3
Nagy termésű évek(7)				
1969	6,6	5,4	1,21	+1,2
1975	8,8	6,6	1,35	+2,3

Table 1: Favourable and unfavourable maize yield years(1), yield(2), estimated value(3), trend relation(4), difference(5), low yield years(6), high yield years(7)

A napi hőmérsékleti átlagok és csapadékmennyiségek halmazott összegzésével egyrészt egy monoton növekvő, másrészt egy szakaszosan növekvő görbét kaptunk. A függvénytípus kiválasztásához megvizsgáltuk azok illesztési pontosságát és a maradvány („residuals”) értékét. Ezek alapján megállapítást nyert, hogy az összegzett hőmérsékleti görbére ($r^2=0,9995-0,9999$) és a sokévesre ($r^2=1$) is legpontosabban egy

harmadfokú polinomiális függvény, míg a csapadékok esetében a sokévesre egy lineáris ($r^2=0,9991-0,9992$), az adott évekre pedig szintén egy harmadfokú polinomiális függvény ($r^2=0,971-0,9889$) illeszhető legnagyobb pontossággal. Mint látható a sokéves hőmérsékleti adatsor kumulált értékeire 100%-osan illeszkedett a harmadfokú függvény.

A Hajdúsági termesztési körzet területén, a tenyészidőszak ideje alatt a hidrotermikus arány $5,0-10,2$ °C/mm, amit a sokéves hőmérsékleti és csapadék napi átlagok összegzett értékeiből számoltunk ki. Az arány értékei az mutatják, hogy az áprilistól szeptemberig terjedő időszakban az 1 mm csapadékösszegre jutó hőmérsékleti összeg értéke tág határok között változik.

A kumulált görbéket az 1-4. ábrán tüntettük fel. A jó és a kedvezőtlen termésű évek csapadék- és hőmérséklet görbéit a sokéves átlagokéival együtt, azonos skálán ábrázoltuk. Ahhoz, hogy az eltéréseket számszerűen is megadjuk, havi bontásban kiszámoltuk a különbségeket. Ezeket oszlopdiagramon ábrázoltuk (5-8. ábra), és ezek alapján a következő megállapításokat tehetjük.

1. ábra: Kis termésű évek kumulált csapadékgörbéi
Hajdúsági termesztési körzet (IV. 1.-IX. 30.)

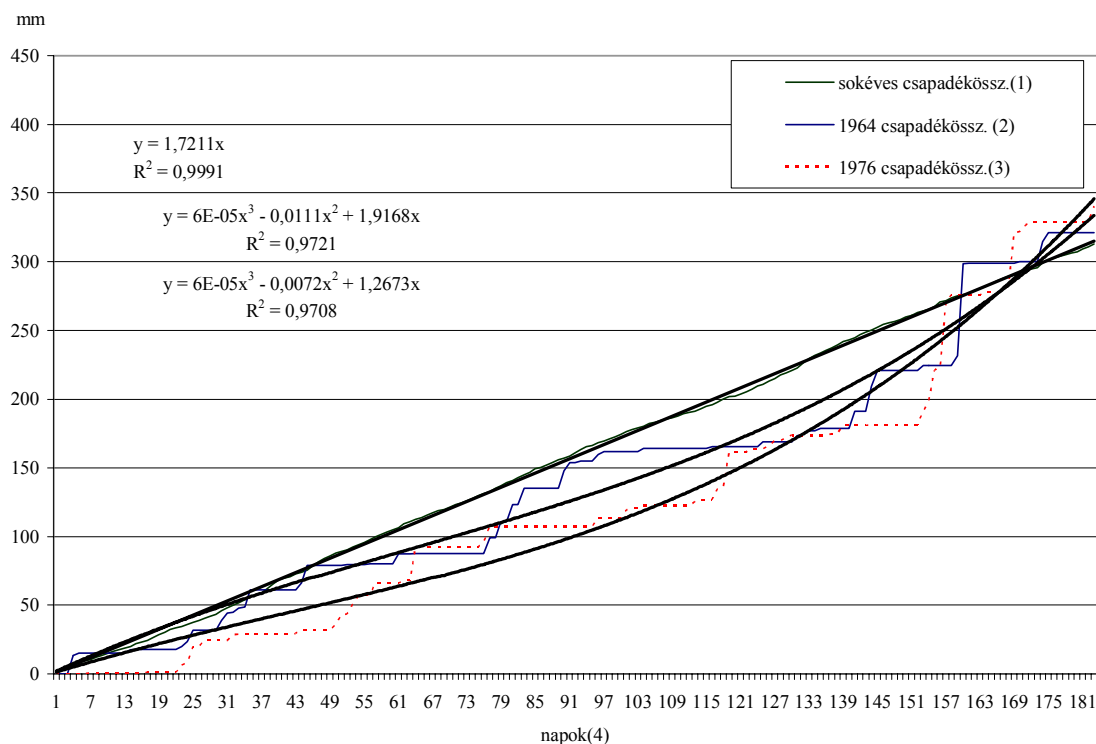


Figure 1: Cumulate rainfall curve of low yield years of productive area of Hajdúság (IV. 1.-IX. 30.)
cumulative rainfall value of many years(1), cumulative rainfall value(2)(3), days(4)

2. ábra: Nagy termésű évek kumulált csapadékgörbéi
Hajdúsági termesztési körzet (IV. 1.-IX. 30.)

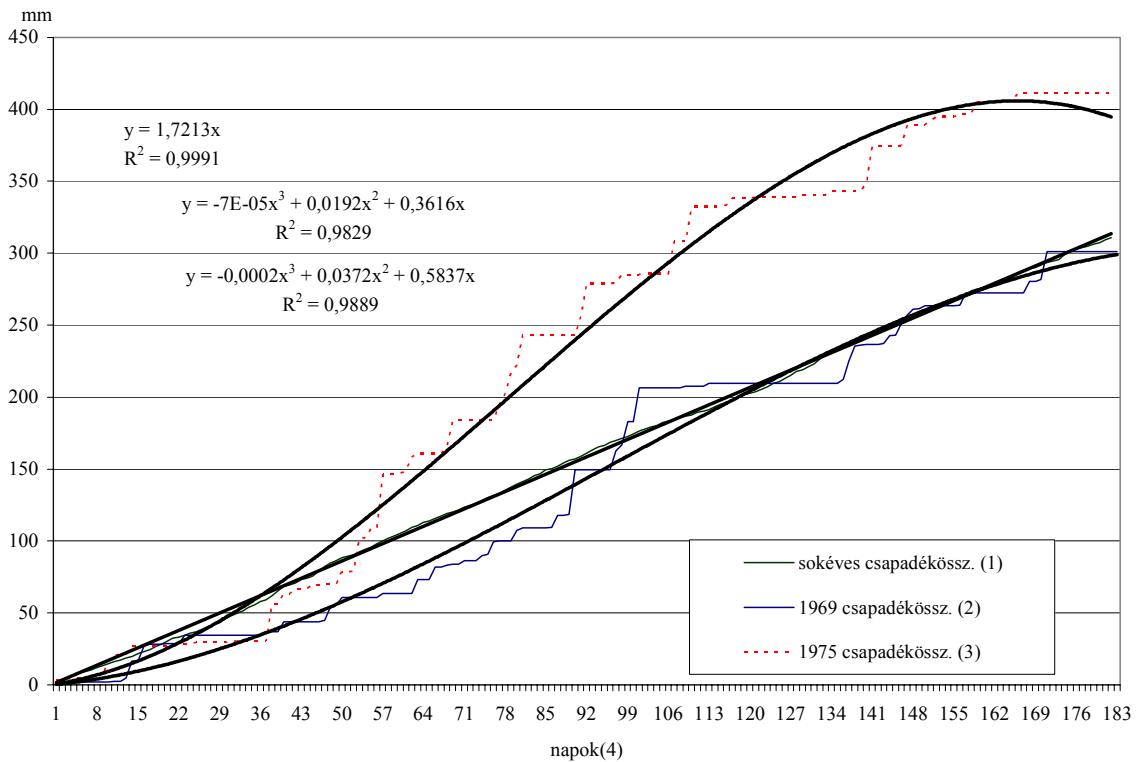


Figure 2: Cumulate rainfall curve of high yield years of productive area of Hajdúság (IV. 1.-IX. 30.)
cumulative rainfall value of many years(1), cumulative rainfall value(2)(3), days(4)

3. ábra: Kis termésű évek kumulált hőmérsékleti görbéi
Hajdúsági termesztési körzet (IV. 1.-IX. 30.)

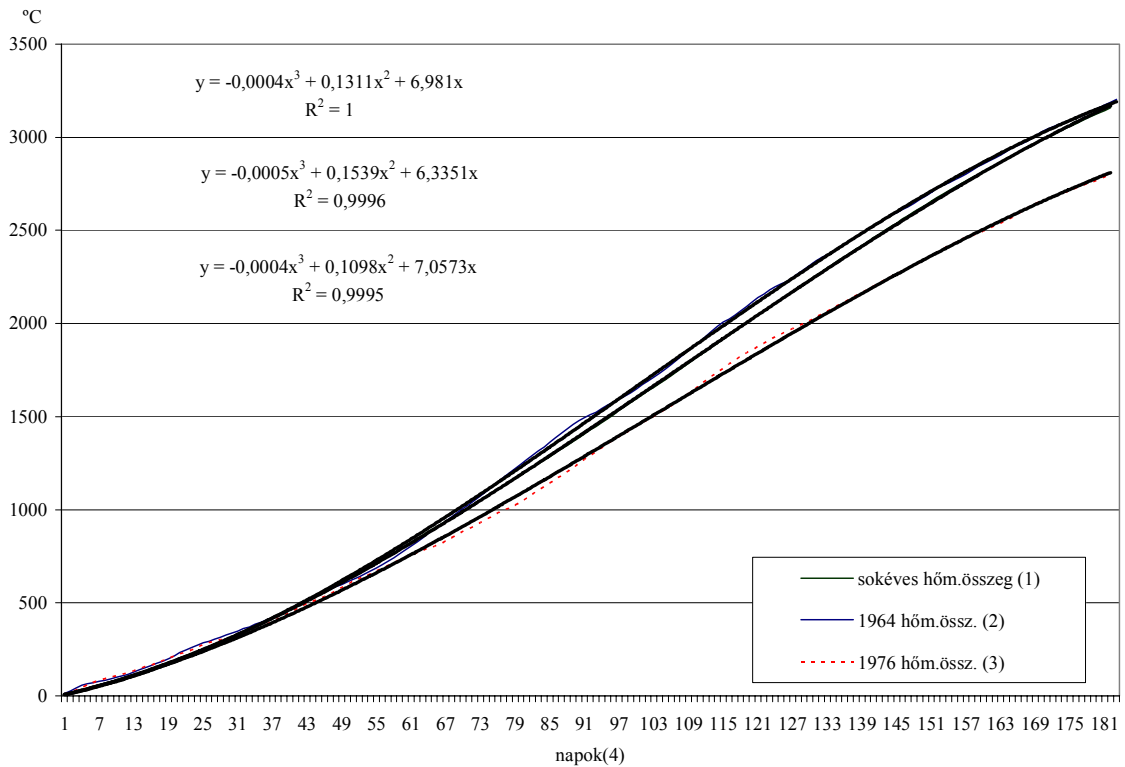


Figure 3: Cumulate temperature curve of low yield years of productive area of Hajdúság (IV. 1.-IX. 30.)
cumulative temperature value of many years(1), cumulative temperature value(2)(3), days(4)

4. ábra: Nagy termésű évek kumulált hőmérsékleti görbéi
Hajdúsági termeszési körzet (IV. 1.-IX. 30.)

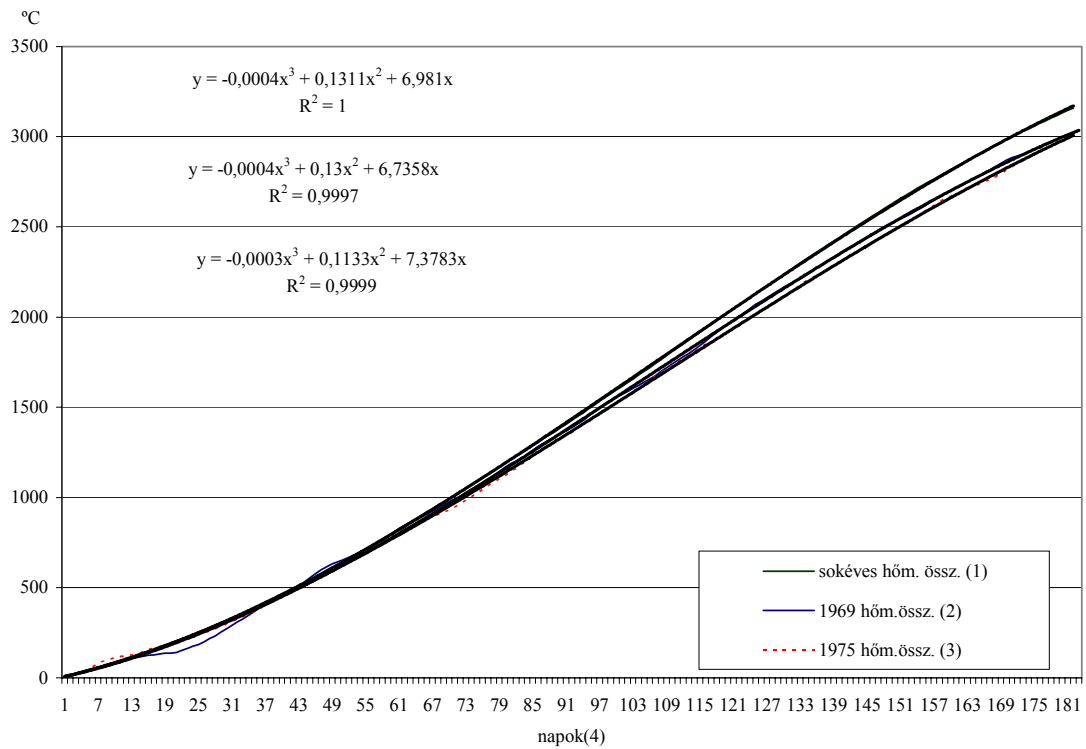


Figure 4: Cumulate temperature curve of high yield years of productive area of Hajdúság (IV. 1.-IX. 30.)
cumulative temperature value of many years(1), cumulative temperature value(2)(3), days(4)

5. ábra: 1964 csapadék- és hőmérsékleti többletei, hiányai, kumulatív görbék alapján

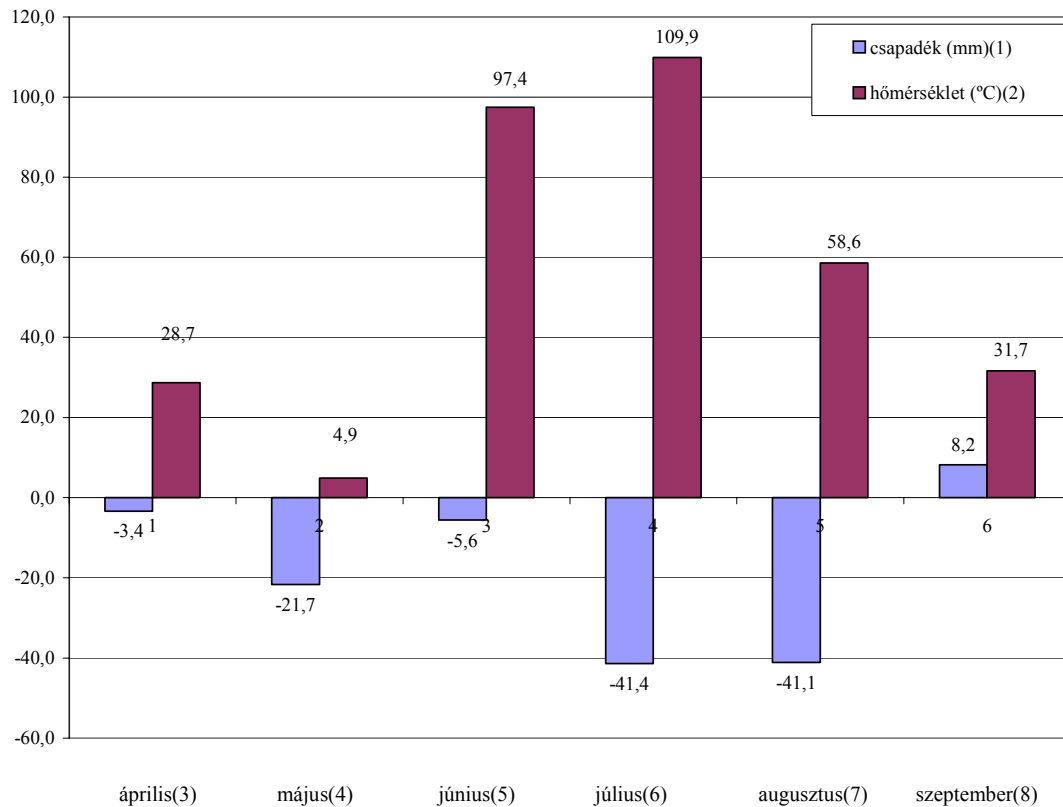


Figure 5: Rainfall- and temperature surplus and deficiency based on cumulative curve in 1964
rainfall (mm)(1), temperature (°C)(2), April(3), May(4), June(5), July(6), August(7), September(8)

6. ábra: 1976 csapadék- és hőmérsékleti többletei, hiányai, kumulatív görbék alapján

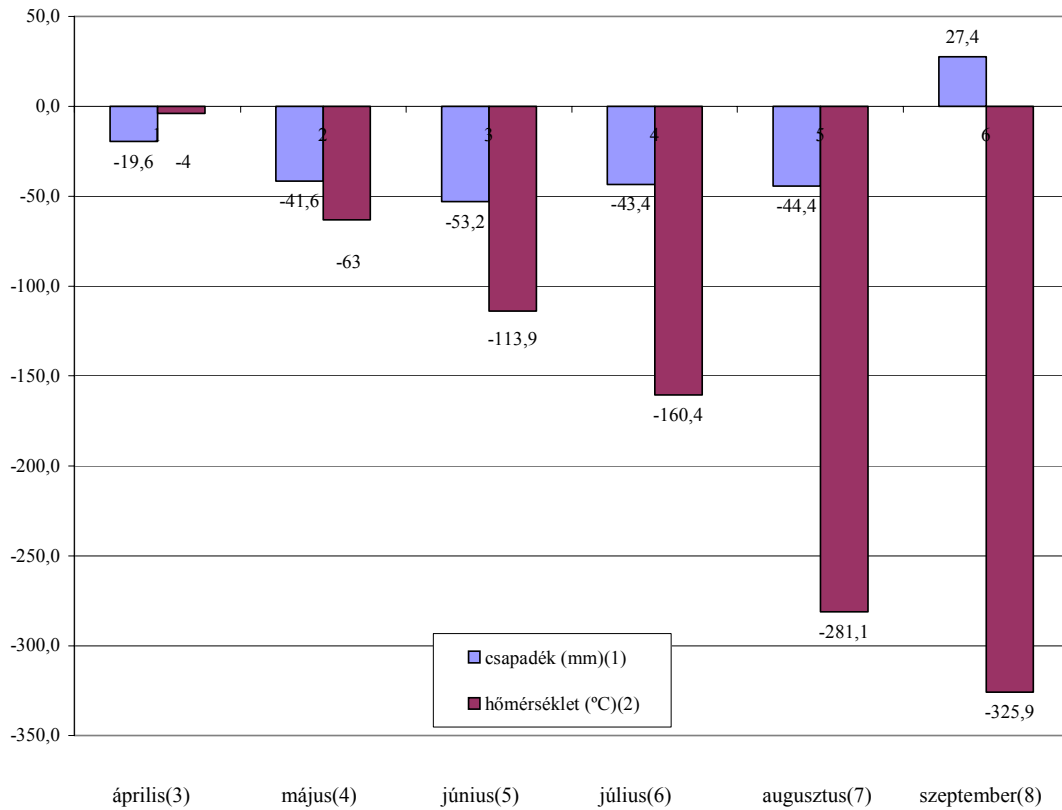


Figure 6: Rainfall- and temperature surplus and deficiency based on cumulative curve in 1976
rainfall (mm)(1), temperature (°C)(2), April(3), May(4), June(5), July(6), August(7), September(8)

7. ábra: 1969 csapadék- és hőmérsékleti többletei, hiányai, kumulatív görbék alapján

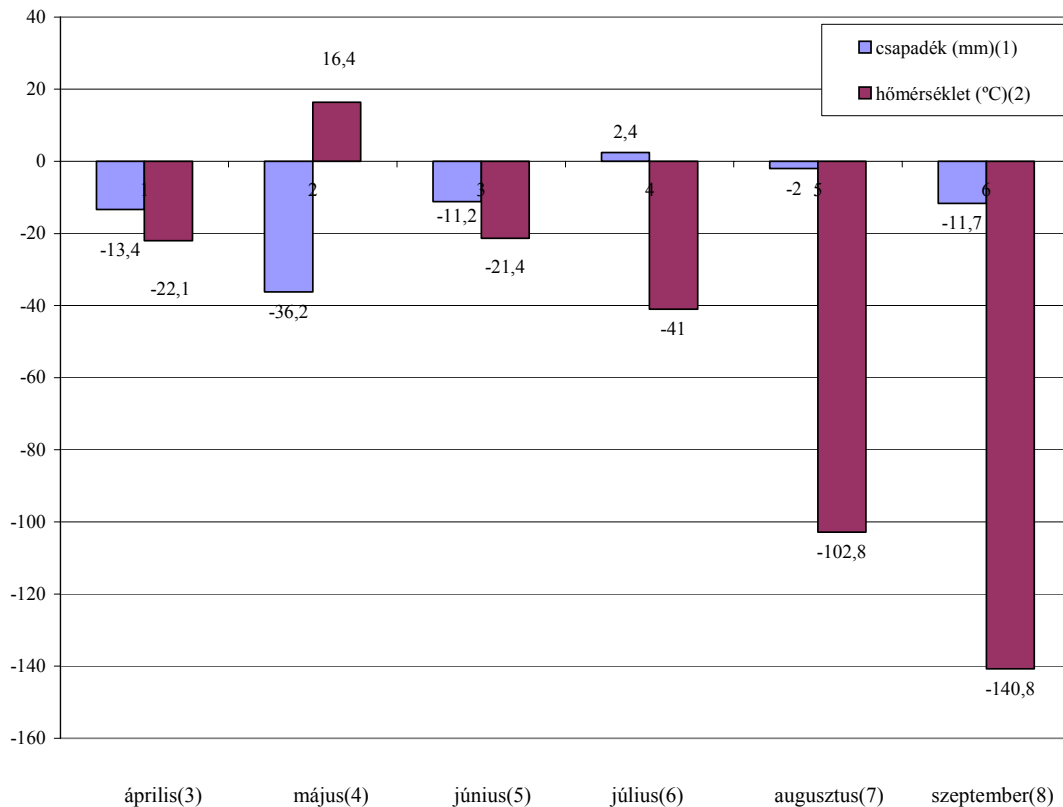


Figure 7: Rainfall- and temperature surplus and deficiency based on cumulative curve in 1969
rainfall (mm)(1), temperature (°C)(2), April(3), May(4), June(5), July(6), August(7), September(8)

8. ábra: 1975 csapadék- és hőmérsékleti többletei, hiányai, kumulatív görbék alapján

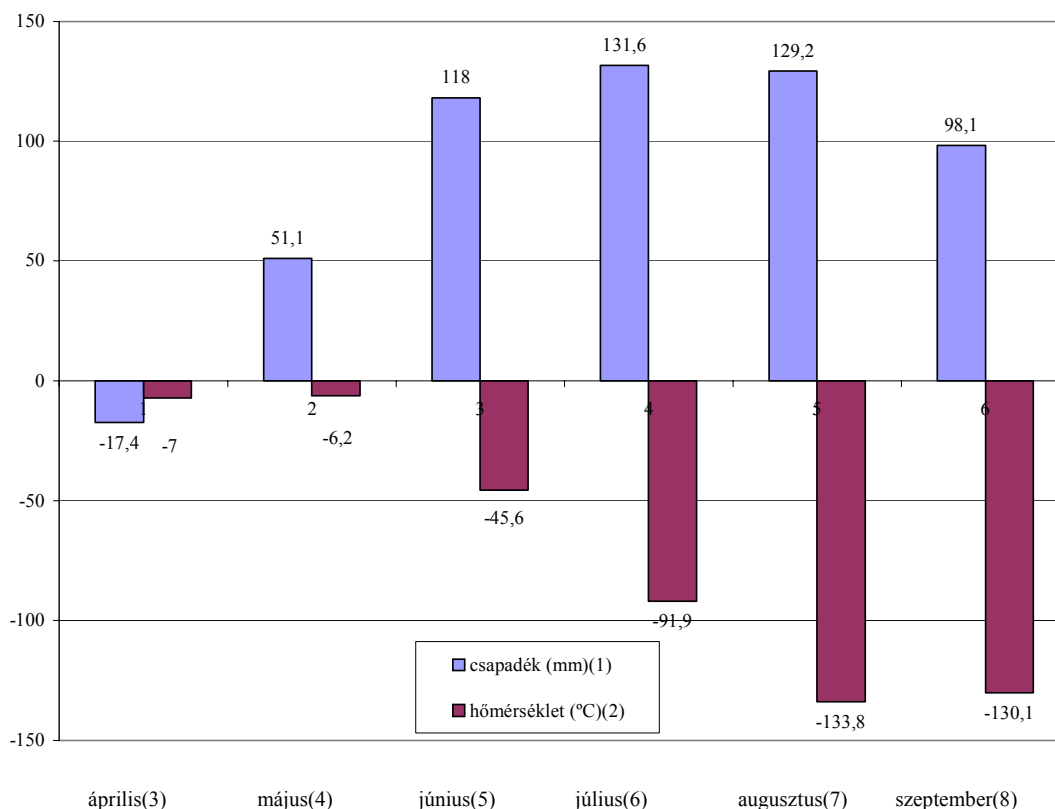


Figure 8: Rainfall- and temperature surplus and deficiency based on cumulative curve in 1975
rainfall (mm)(1), temperature (°C)(2), April(3), May(4), June(5), July(6), August(7), September(8)

1964-ben a június, július, augusztus hónapban tapasztalt jelentős hőmérsékleti többlet, és a nyári kis mértékű csapadékhiány kis termést okozott. Az 1976-ban a jelentős mértékű hőmérsékleti és csapadékhiány jelentett problémát. A kiválasztott kis termésű évek két kedvezőtlen időjárási típust képviselnek (száraz-meleg és száraz-hűvös). A kukorica klimatikus igényénél összefoglaltak alapján még egyértelműbb, miért ezek a típusok számítanak kedvezőtlennek. Egy tartós aszály, vagy túl hűvös nyár egyaránt hátráltatólag hat a csapadék bőséget és meleget kedvelő kukoricára. Az 1969-ben sem jelentősebb hőmérséklet, sem csapadékhiány nem lépett fel a nyári időszakban. Csak nyár végén,

augusztusban és szeptemberben nőtt meg a hőmérsékleti hiány. Ennek megfelelően ez az év nem kiemelkedő, de jó termésű év volt (1. táblázat). 1975-ben a hőmérséklet és a csapadék ellentétesen alakult. Nagy mértékű csapadéktöbblet, határozott hőmérsékleti hiánnyal párosult. A termés ennek ellenére kitűnő volt, ami azzal magyarázható, hogy egészen júliusig a hőmérsékleti hiány mérsékelt alakult. A kukorica fejlődéséhez így elegendő hőmennyiséget és csapadékot kapott a kritikus időszakban. Az egyes évek csapadék- és hőmérsékleti eltéréseit a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat

Csapadék- és hőmérsékleti eltérések

	Április	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember
	mm/°C	mm/°C	mm/°C	mm/°C	mm/°C	mm/°C
Kis termésű évek(1)						
1964	-3,4/+28,7	-21,7/+4,9	-5,6/+97,4	-41,4/109,9	-41,1/+58,6	+8,2/31,7
1976	-19,6/-4	-41,6/-63	-53,2/-113,9	-43,4/-160,4	-44,4/-281,1	+27,4/-325,9
Nagy termésű évek(2)						
1969	-13,4/-22,1	-36,2/+16,4	-11,2/-21,4	+2,4/-41	-2/-102,8	-11,7/-140,8
1975	-17,4/-7	+51,1/-6,2	+118/-45,6	+131,6/-91,9	+129,2/-133,8	+98,1/-130,1

Table 2: Temperature- and rainfall differences
low yield years(1), high yield years(2)

MEGÁLLAPÍTÁSOK

- Az 1961-1989. évek kukorica terméseredményei alapján 1964 és 1976 kis termésű, 1969 és 1975 pedig nagy termésű évek számít. A Hajdúsági termesztési körzet termésátlaga 29 év adata alapján $6,5 \text{ t/ha} \pm 2,0 \text{ t/ha}$ volt.
- Az összegzett hőmérsékleti görbére ($r^2=0,9995-0,9999$) és a sokévesre ($r^2=1$) is legpontosabban egy harmadfokú polinomiális függvény, míg a csapadékok esetében a sokévesre egy lineáris ($r^2=0,9991-0,9992$), az adott évekre pedig szintén egy harmadfokú polinomiális függvény ($r^2=0,971-0,9889$) illeszthető.
- A kiválasztott kistermésű évek (1964, 1976) két kedvezőtlen, száraz-meleg és száraz-hűvös

időjárási típust képviselnek. Megállapítást nyert, hogy ezen a termőtájon a csapadéknak döntő szerep jut a termés kialakításában, és a hőmérséklet másodlagos szerepet játszik.

- Az 1969-es évben sem jelentősebb hőmérséklet, sem csapadékhiány nem lépett fel a nyári időszakban, csak nyár végén, augusztusban és szeptemberben nőtt meg a hőmérsékleti hiány. Ennek megfelelően ez az év nem kiemelkedő, de jó termésű év volt.
- A termés 1975-ben kitűnő volt, ami azzal magyarázható, hogy egészen júliusig a hőmérsékleti hiány mérsékelten alakult, miközben a sokéves csapadékhöz képest bőven volt csapadék.

IRODALOM

- Berényi D. (1945): A kukorica termelése és összefüggése az időjárással. Alföldi Magvető, II. 4. Tiszántúli Mezőgazdasági Kamara, 9-33.
- Menyhért Z. (1985): A kukoricatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 59-73.
- Nagy M. (1999): Fontosabb szántóföldi növények termelésének agroökológiai modellezése. Doktori értekezés, Debrecen, 50-54.
- Surányi J. (1957): A kukorica és termesztése. Akadémiai Kiadó, Budapest, 83-93.

- Surányi J.-Villax Ö. (1932): Kukoricafajták és termesztésük. Szerzők kiadása, Magyaróvár, 138.
- Szász G. (1982): Komplex ökológiai paraméterrendszer kidolgozása a jelenlegi és potenciális termésszintek különbségének csökkentéséhez. Összefoglalás. Agrártudományi Egyetem, Debrecen, 47-59.
- Szász G. (1988): Agrometeorológia – általános és speciális. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 325-327.