

Szélsőséges évjáratok vízháztartásának vizsgálata kukoricaállományban

DÓKA LAJOS FÜLÖP

Debreceni Egyetem AGTC, Növénytudományi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Polifaktoriális tartamkísérletben, két aszályos évjáratban (2007. és 2009.) vizsgáltuk a talaj nedvességekészlete és a kukorica terméseredménye közötti összefüggéseket. A vízhiányértékekből látszik, hogy a kukorica számára a bikultúrás vetésváltás a legkedvezőbb, az egész tenyészidőszakot vizsgálva itt kaptuk a legkisebb értékeket. A 2007. év alacsony terméseredményei a magas vízhiányértékeknek tulajdoníthatóak, ezzel szemben a 2009. év ugyancsak kedvezőtlen csapadékelátottsága ellenére a terméseredmények jóval nagyobbak voltak. Ez a jelentős mennyiségű júniusi csapadék következtében alakult így. A 30 éves átlagtól is több csapadék jó hatással volt a kukorica virágzási-termeszkötési időszakában megnövekvő vízigényének kielégítésére, ezáltal a magasabb terméseredmények kialakulására, „termésmentő” szerepe volt. Az öntözött parcellák esetében a májusi vízutánpótlás a kukoricának még egyenletesebb vízellátást biztosított a tenyészidőszak első felében, így erőteljesebb vegetatív fejlődés, még nagyobb terméseredmények realizálódtak. A vizsgálatok alapján bebizonyosodott, hogy aszályos évjáratokban a megfelelő agrotechnikai elemek alkalmazásával enyhíthetünk a csapadékhiány által generált stresszhelyzeteken, a nagyobb mérvű termésdepresszióon.

Kulcsszavak: évjárat, kukorica, termés, vízhiány, öntözés

Examination of water balance in extreme crop years in maize

L. F. DÓKA

University of Debrecen, Centre for Agricultural and Applied Economic Sciences,
Institute for Plant Sciences, Debrecen

Summary

Correlations between the moisture content of the soil and maize yield in two drought crop years (2007 and 2009) were examined in a multifactorial long-term experiment. It can be seen from the water shortage values that bicultural crop rotation is the most favourable option, as the lowest values were obtained in relation to this method when examining the entire growing season. The low yield in 2007 can be attributed to the high water shortage values, whereas despite the similarly unfavourable precipitation supply in 2009, yields were significantly higher. This yield was a result of the amount of rainfall in June. The amount of precipitation which was even higher than the 30 year average satisfied the increased water demand of maize during the flowering-yield set period of maize; therefore, it caused higher yields, thereby "saving yield". As for the irrigated plots, water replenishment in May provided an even more balanced water supply in the first half of the growing season; therefore, a more powerful vegetative growth and higher yields were obtained. Based on the examinations carried out, it was shown that the stress and more significant yield depression generated by precipitation shortage in drought crop years can be eased by applying proper agrotechnical elements.

Key words: crop year, maize, yield, water shortage, irrigation

Исследование водохозяйства чрезвычайных лет в кукурузном насаждении

Л. Ф. ДОКА

Центр Агро-Экономических Наук Дебреценского Университета,
Институт Ботаники, Дебрецен

Резюме

В полифакторном продолжительном опыте, в два засушливых года (2007 и 2009) исследовали связи между запасом влаги почвы и результатом урожая кукурузы. Из величины дефицита воды видно, что для кукурузы бикультурный севосмен – самый благоприятный, исследовав весь вегетационный период здесь получили самые малые величины. Низкие результаты урожая 2007 года можно присвоить высоким величинам дефицита воды, но в противоположность этому в так же неблагоприятно обеспеченном осадками 2009 году результаты урожая были намного больше. Это получилось так вследствие значительных июньских осадков. Больше, чем среднее за 30 лет количество осадков, оказало хорошее влияние на удовлетворение возросшей в период цветения-завязи плода кукурузы потребности в воде, этим способствовало формированию более высокого урожая, сыграло роль “спасителя урожая”. В случае орошаемых парцелл майское пополнение воды обеспечило кукурузе ещё более равномерное водообеспечение в первой половине вегетационного периода, так более сильное вегетативное развитие, результаты урожая получились ещё более высокими. На основе исследований подтвердилось, что в засушливые годы применением соответствующих агротехнических элементов смогли ослабить стрессовые ситуации и большую депрессию урожая.

Ключевые слова: год выращивания, кукуруза, урожай, дефицит воды, орошение

Bevezetés, irodalmi áttekintés

A több éve megkezdődött „makroklimatikus” változás többek között hazánk klímáját is kimotozította a tipikus kontinentális éghajlat jellemzőiből. A globális felmelegedésnek hatása van a hidrológiai ciklusra, a csapadékra, a vízellátásra.

A magasabb hőmérséklet és a kevesebb csapadék miatt a talaj nedvességtartalma csökken, azaz egyre gyakoribb és nagyobb mérvű szárazságra számíthatunk, mely kihat a növények vízellátására is (Vágó *et al.* 2006, Stekauerová és Nagy 2006). Ennek eredményeként a növénytermesztés jövőbeni lehetőségeit nagy valószínűséggel a klimatikus változásokhoz való alkalmazkodás szintje fogja bővíteni, vagy korlátozni. Az utóbbi 6 év időjárási jelenségei az előrejelzéseket igazolják. Az aszálykárok elsődleges oka a csapadékhiány, nem csak a szárazabb vagy a csapadékosabb időszakok gyakoribbak, de egyre több a szélsőséges időjárási jelenségek előfordulási valószínűsége, illetve e jelenségek negatív hatásainak erőssége, akár egy éven vagy egy tenyészidőn belül is (Keszthelyi 2005, Sárvári 2005, Birkás 2006, Jolánkai és Birkás 2009, Anda 2008, Láng *et al.* 2007). A globális klímaváltozás hatásai erőteljesen érzékelhetők régiókban, hazánk keleti részén is. Petrasovits (1988) megállapítása szerint Magyarországon az összes lehulló csapadékból 90–92% kerül a növénytermesztési térbe, melynek 60–90%-a marad ott, ezzel gazdálkodhatunk. Ez a vízmennyiség, hogy milyen mértékben hasznosul, az egyes alkalmazott agrotechnikai elemektől, azok színvonalától, minőségétől, végrehajtásuk gondosságától nagymértékben függ. Aszályos évben a vízstressz hatására a fotoszintézis és a transzspiráció intenzitása visszaesik, a termésmennyiség egy csapadékos évjáráthoz viszonyítva akár a felére is csökkenhet (Hegyi *et al.* 2008, Jambrovic *et al.* 2008, Ceská *et al.* 2008, Hoffmann *et al.* 2007). Ha a talajból felvett vízmennyiségnek nincs utánpótlása (csapadék, öntözővíz), akkor a talajban lévő nedvesség szintje csökkenni fog, a növény egyre nehezebben veszi fel a vizet. Ezért érdemes a talajból felvett vizet folyamatosan pótolni. A generatív szervek kialakulásának időszakában a növények vízigénye és a vízhiánnyal szembeni érzékenysége egyaránt nő. Ezért nevezzük a fejlődésnek ezt az időszakát kritikus időszaknak. Ha a kritikus időszak nagy gyakorisággal száraz, meleg hónapra pl. júliusra, augusztusra esik, a növények aszályérzékenysége megnő, a termésingadozás nagy lesz. Jól példázza ezt a kukorica (Ruzsányi 1996). Az évjáratnak jelentős a hatása a kukorica termésmennyiségére, ha a tenyészidőszakban kedvező a csapadékelátottság, kimagasló terméseredmények érhetők el. Bradford (1994) szerint tartós vízhiány hatására a növény termésének tömege jelentősen csökken, különösen akkor, ha a vízstressz virágzáskor, illetve közvetlenül utána jelentkezett. A talaj képes a természeti környezet szélsőségeit – bizonyos mértékig – kiegyenlíteni és biztosítani a növények – bizonyos szintű – víz- és tápanyagellátását a raktározott készletekből rövidebb-

hosszabb ideig (Vad *et al.* 2007, Várallyay 2006, Varga-Haszonits *et al.* 2008). Pepó *et al.* (2008) az öntözés egyértelmű termésnövelő hatása mellett kihangsúlyozza, hogy ezt a hatást jelentősen befolyásolja a vetésváltás, szoros összefüggés állapítható meg az évjárat, a vízellátás és az agrotechnikai tényezők (vetésváltás, trágyázás és tőszám) között.

Vizsgálati anyag és módszer

A vizsgálatokat Ruzsányi László professzor által 1983-ban beállított, 2004-től Pepó Péter professzor által vezetett polifaktoriális tartamkísérletben végeztük 2007. és 2009. években, a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén. A kísérleti terület talaja mészelepedékes csernozjom, vízbefogadó képessége közepes. A talajművelés, a növényvédelem és a betakarítás egységesen történt. Az alkalmazott hibrid a Reseda (PR37M81) volt. A vízforgalom vizsgálatára 2007-ben és 2009-ben 6 alkalommal (vetés előtt, betakarítás után és a főbb fenológiai fázisokban) vettünk talajmintát 20 cm-es rétegenként, 0–200 cm talajszelvényben, három vetésváltási rendszer [kukorica monokultúra, bikultúra (búza-kukorica) és trikultúra (kukorica-borsó-búza)], nem öntözött és öntözött kezeléseinek, a 60 000 tő/ha állománysűrűségű, $N_{120}+PK$ tápanyagkezelésű parcelláiból. Megmértük az eredeti talajminták tömegét, ezután szárítószekrényben 105 °C-on súlyállandóságig szárítottuk. A kiszárított talajmintákat visszamértük és a nedves és száraz tömegadatokból tömegszázalékot számoltunk. A talajjellemzők felhasználásával a talajnedvesség értékekből számítottuk adott mérési időben a talajszelvény vízhiányának értékét, melyet mm-ben fejeztünk ki.

A vizsgálatokkal az egyes agrotechnikai elemek (vetésváltás, trágyázás, tőszám, öntözés) a talaj vízháztartására és a kukorica termésére gyakorolt hatásainak az elemzését tűztük ki célul.

Az 1. táblázatból megállapítható, hogy 2007-ben egészen augusztusig a 30 éves átlagtól jóval kevesebb csapadék hullott. A 2009. tenyészév még ettől is szárazabb volt (összesen 168,8 mm), június hónap kivételével ugyancsak minden hónapban a 30 éves átlag alatt maradt a csapadék mennyisége. Már a tenyészidőszak kezdetén (vetés, kelés és kezdeti fejlődés) sem volt kielégítő a természetes vízellátás. Ez a tendencia a nyári hónapokban tovább folytatódott. A csapadékhiányhoz a 30 éves átlagot meghaladó havi átlaghőmérsékletek párosultak, súlyosbítva a vízhiány káros következményeit.

1. táblázat. *Fontosabb meteorológiai adatok*
(Debrecen-Látókép, 2007, 2009)

Csapadék [mm] (1)	Ápr. (2)	Máj. (3)	Jún. (4)	Júl. (5)	Aug. (6)	Szept. (7)	Összesen (8)
2007. év (9)	3,6	54	22,8	39,7	77,6	86,1	283,8
2009. év (10)	9,9	20,1	96,6	9,2	11,3	21,7	168,8
30 éves átlag (11)	42,4	58,8	79,5	65,7	60,7	38,0	345,1
Különbség (2009) (12)	-32,5	-38,7	17,1	-56,5	-49,4	-16,3	-176,3
Hőmérséklet [°C] (13)	Ápr. (2)	Máj. (3)	Jún. (4)	Júl. (5)	Aug. (6)	Szept. (7)	Átlag (14)
2007. év (9)	12,6	18,4	22,2	23,3	22,3	14,0	18,8
2009. év (10)	14,9	17,4	19,8	23,4	22,6	18,9	19,5
30 éves átlag (11)	10,7	15,8	18,7	20,3	19,6	15,8	16,8
Különbség (2009) (12)	4,2	1,6	1,1	3,1	3	3,1	2,7

Table 1. Main meteorological data (Debrecen-Látókép, 2007, 2009). (1) Precipitation [mm], (2) April, (3) May, (4) June, (5) July, (6) August, (7) September, (8) Total, (9) Year 2007, (10) Year 2009, (11) 30 year average, (12) Difference (2009), (13) Temperature [°C], (14) Average.

Vizsgálati eredmények értékelése és következtetések

Vizsgálatainkat polifaktoriális tartamkísérletben végeztük, három vetésváltási rendszerben (mono-, bi- és trikultúra), 60 000 tő/ha tőszámnál és N₁₂₀+PK tápanyagszinten. Megvizsgáltuk a 2009. tenyészidőszakban lehullott csapadék, az öntözés és a talaj vízforgalma közötti összefüggéseket (*1. ábra*). A három vetésváltási rendszer közül monokultúrában tapasztaltuk a legnagyobb vízhiányt, a legnagyobb értékeket itt kaptuk. Az átlaghőmérséklet emelkedésével és a lehullott csapadék mennyiségének csökkenésével párhuzamosan a talaj vízkészlete is csökkenni kezdett, ennek megfelelően egyre nagyobb vízhiányértékeket kaptunk. Mindhárom vetésváltási rendszerben tapasztalható a júniusi csapadék talaj vízkészletére gyakorolt kedvező hatása. Április végétől május végéig a vízhiány rohamosan emelkedésnek indult, ez az ütem azonban júniusra lelassult, a talaj vízkészletében jóval kisebb mértékű csökkenés volt tapasztalható.

1. ábra. Vízhányértékek és az öntözés összefüggései eltérő vetésváltási rendszerekben (Debrecen-Látókép, csernozjom talaj, 2009)

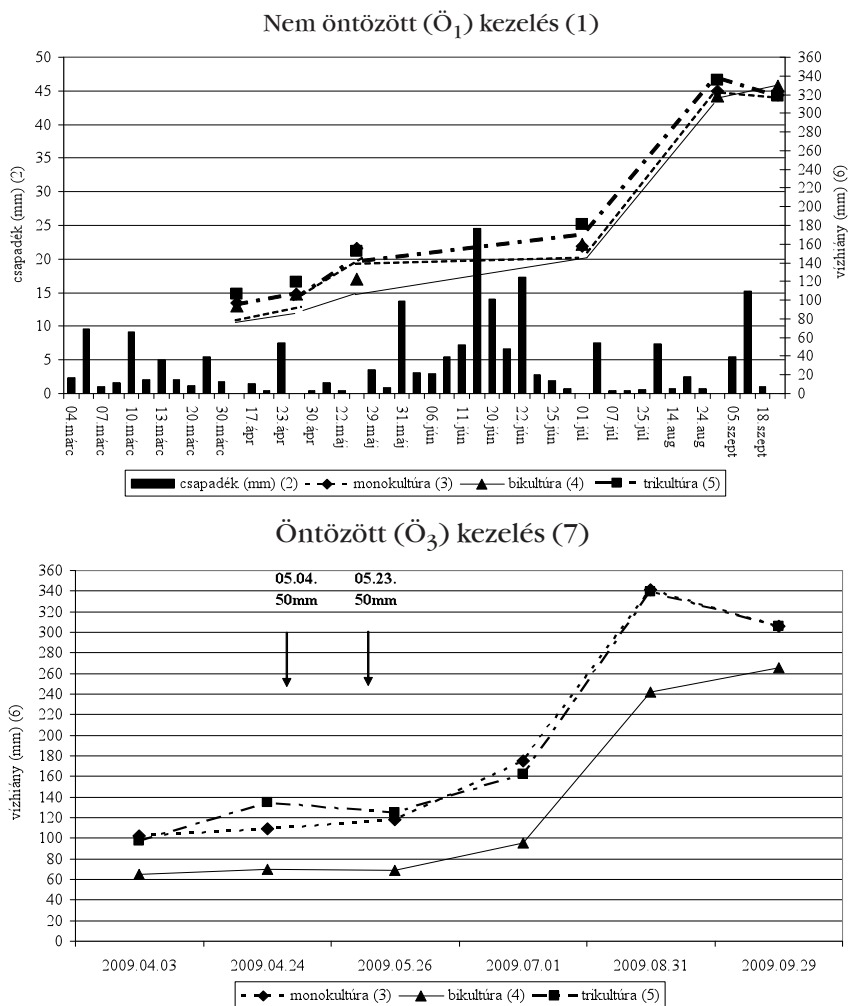


Figure 1. Correlations of water shortage values and irrigation in different crop rotation systems (Debrecen-Látókép, chernozem soil, 2009). (1) Non-irrigated (\ddot{O}_1) treatment (2) Precipitation (mm), (3) Monoculture, (4) Biculture, (5) Triculture, (6) Water shortage, (7) Irrigated (\ddot{O}_3) treatment.

Július végétől a nagyfokú párolgás és a növényállomány fokozódó vízfelvételeként a talajban raktározódó víz mennyisége erőteljesen

csökkent, és ez az állapot megmaradt egészen a tenyészidőszak végéig. A tenyészidőszak legnagyobb vízhiányértékeit is augusztusban (monokultúrában 324 mm, bikultúrában 318 mm és trikultúrában 336 mm), és szeptemberben (mono- és bikultúrában 329 mm, trikultúrában pedig 318 mm) mértük. Az öntözött kezelésekben az április vége június eleje közti időszakban a diagram vonalai az öntözés pozitív hatásáról tanúskodnak. Míg az öntözetlen kezelésekben a vízhiányértékek ebben az időszakban megugrottak, addig a májusban kijuttatott öntözővíz hatására a talaj vízkészletében nagymértékű csökkenés nem következett be, a vonalak megközelítőleg vízszintesen futnak. Az öntözés megfelelő időpontját bizonyítja, hogy a vízhiányértékek ebben az időszakban stagnáltak. A kukoricaállomány a növekedési fázisában kapta a vízutánpótlást, így azt maradéktalanul fel tudta használni vegetatív fejlődéséhez.

Összehasonlítottuk az egyes vetésváltási rendszerek nem öntözött (\ddot{O}_1) és öntözött (\ddot{O}_3) parcelláiban a talaj vízkészletének alakulását 200 cm-es talajszelvényben, 2007. és 2009. évben, a gyakorlatban alkalmazott állománysűrűség (60 000 tő/ha) és tápanyagellátottsági szint ($N_{120}+PK$) mellett. Az elemzésben a tenyészidőszak kezdeti talajnedvességi állapota, másodikként a kukorica virágzás-termékenyüléskori, amikor a vízfelvétel a legnagyobb, valamint a betakarítás utáni – tenyészidőszakot követő, az állomány lekerülése után visszamaradt – vízkészlet alakulása szerepel. Az eredmények azt mutatják, hogy a talaj vízkészlete mindhárom vetésváltási rendszerben, és mindkét évjárat esetében a tenyészidőszak végére jelentősen lecsökkent a talaj holtvíz-tartalmának értéke alá, tehát a növényállomány számára a talajban nem állt rendelkezésre a gyökerei által felvehető vízmennyiség. A nem öntözött parcellák esetében a vízkészlet csökkenése már július elejére elérte a növények által nem hasznosítható (holtvíz) mennyiségét mono-, bi- és trikultúrában egyaránt. Az öntözéssel ez az állapot nem, vagy csak kisebb mértékben következett be.

2007. és 2009. évben a talaj vetés előtti vízkészlete mind a nem öntözött, mind az öntözött parcelláknál hasonlóan alakult, a görbék lefutása megközelítőleg párhuzamos. Az aszály fokozódásával viszont a két görbe kezd távolodni egymástól, ami azt jelenti, hogy a nem öntözött parcellák talaja gyorsabb ütemben kezdett kiszáradni. A teljes talajszelvény vízforgalmát vizsgálva, megállapítható, hogy mindkét évjáratban a 100–120 cm-es szint vízvesztése volt a legintenzívebb, betakarításra a nem öntözött és az öntözött parcellák esetében is elérte vagy meg is haladta a vízhiány a kritikus holtvíz értékeket, a kukorica gyökérszónájában jelentős vízhiány alakult ki (2–4. ábra).

2. ábra. A 0–200 cm-es talajszelvény vízellátottságának alakulása öntözött (\ddot{O}_3) és nem öntözött (\ddot{O}_1) körülmények között monokultúrában (Debrecen-Látókép, csernozjom talaj, 2007, 2009)

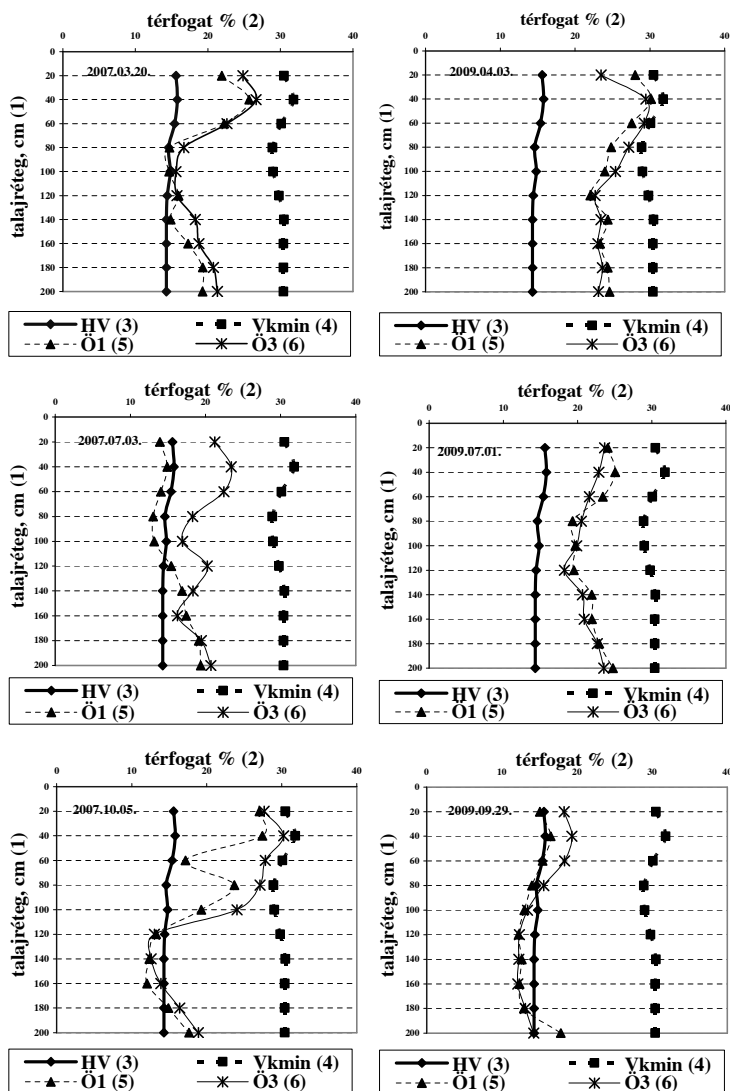


Figure 2. Correlation between the water supply of the 0–200 cm soil profile and non-irrigated conditions under irrigated and non-irrigated conditions in monoculture (Debrecen-Látókép, csernozjom talaj, 2007, 2009). (1) Soil layer (cm), (2) Volume %, (3) Water shortage, (4) Critical dead water, (5) Non-irrigated (\ddot{O}_1) treatment, (6) Irrigated (\ddot{O}_3) treatment.

3. ábra. A 0–200 cm-es talajszelvény vízellátottságának alakulása öntözött (\ddot{O}_3) és nem öntözött (\ddot{O}_1) körülmények között bikultúrában (Debrecen-Látókép, csernozjom talaj, 2007, 2009)

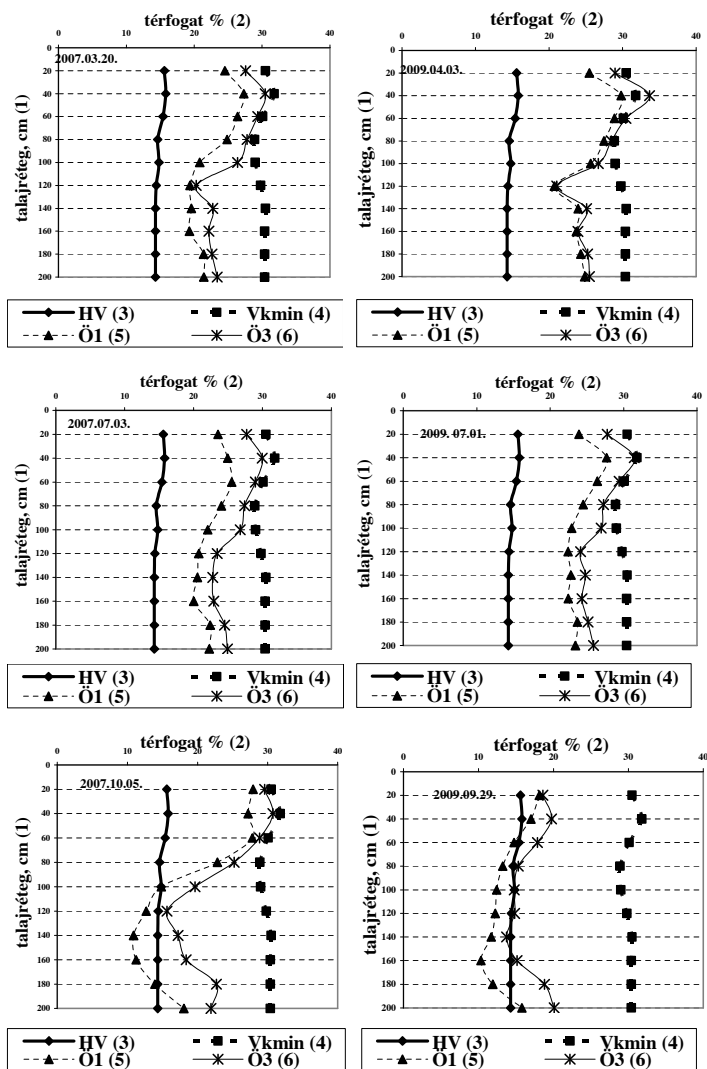


Figure 3. Correlation between the water supply of the 0–200 cm soil profile and non-irrigated conditions under irrigated and non-irrigated conditions in biculture (Debrecen-Látókép, chernozem soil, 2007, 2009). (1) Soil layer (cm), (2) Volume %, (3) Water shortage, (4) Critical dead water, (5) Non-irrigated (\ddot{O}_1) treatment, (6) Irrigated (\ddot{O}_3) treatment.

4. ábra. A 0–200 cm-es talajszelet vízellátottságának alakulása öntözött (\ddot{O}_3) és nem öntözött (\ddot{O}_1) körülmények között trikulturában (Debrecen-Látókép, csernozjom talaj, 2007, 2009)

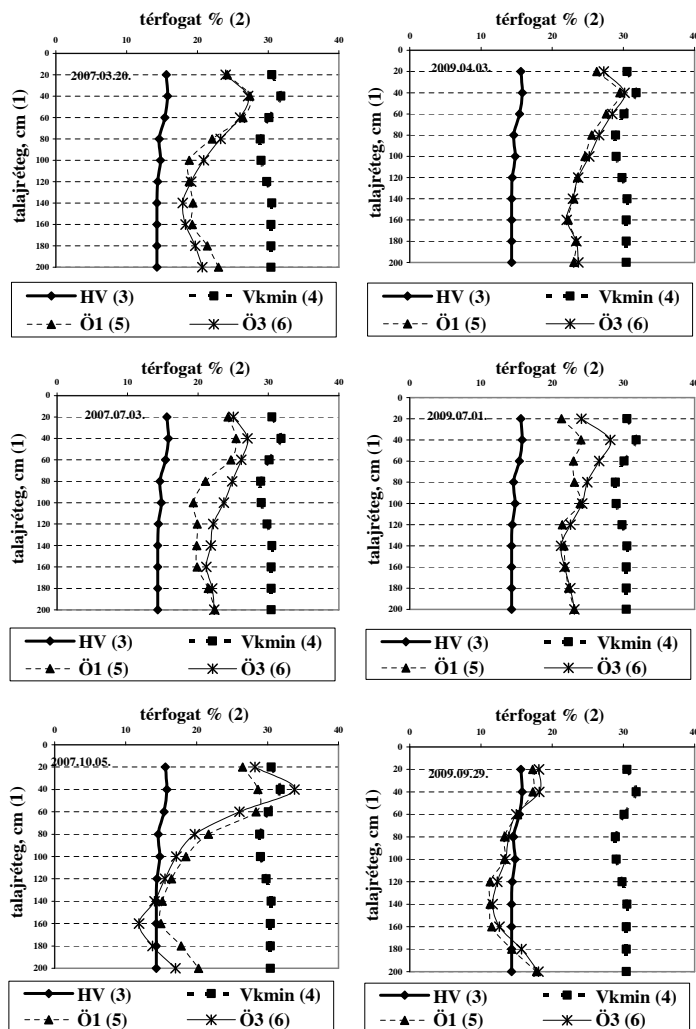


Figure 4. Correlation between the water supply of the 0–200 cm soil profile and non-irrigated conditions under irrigated and non-irrigated conditions in monoculture (Debrecen-Látókép, chernozem soil, 2007, 2009). (1) Soil layer (cm), (2) Volume %, (3) Water shortage, (4) Critical dead water, (5) Non-irrigated (\ddot{O}_1) treatment, (6) Irrigated (\ddot{O}_3) treatment.

2007. rendkívül aszályos volta következtében a kukorica legvízigényesebb időszakára már jelentős vízhiány alakult ki, kedvezőtlenül befolyásolva a generatív szakaszt, nagy károkat okozva a termésképződési folyamatokban.

A 2009. tenyészév ugyancsak száraznak mondható, mégis a talaj vízkészletében ez csak a tenyészidőszak végén érzékelhető igazán. A júniusi csapadék nagyban segített a kukorica számára megfelelő talajnedvességi állapot kialakulásához. A három vetésváltási rendszerben a talaj tenyészidőbeli vízkészletének alakulását vizsgálva megállapítható, hogy a legkedvezőbb vízellátottság és egyben a leghosszabb ideig, a bikultúrában termesztett kukoricánál figyelhető meg. Mono- illetve trikultúrás kukoricában már a kezdő vízkészlet is kevesebb a bikultúrással szemben, és ez a tendencia a teljes tenyészidőszak alatt megfigyelhető, mindkét évjáratban. Ez azt bizonyítja, hogy a kukorica számára kedvezőtlen vízellátás mellett a bikultúrás (búza-kukorica) vetésváltás a legmegfelelőbb, az erős aszály ellenére itt nagyobb mennyiségű víz állt rendelkezésre a talajban a mono- és trikultúrával szemben. Ez az elővetemények talajok vízforgalmára gyakorolt eltérő hatásával magyarázható, hiszen a búza és a borsó, a kukoricával ellentétben, jóval hamarabb betakarításra kerülnek, és kisebb vízfogyasztású növények, így a vetésváltásban utánuk következő növény számára nagyobb mennyiségű vizet hagynak vissza a talajban.

A 2007. és 2009. év terméseredményeit és a tenyészidőszak legnagyobb vízhiányértékeit összehasonlítva elmondható, hogy a vízellátottsági hiányértékek hasonlóan alakultak mindkét évben (2. táblázat). 2009-ben a kukoricaállomány fejlődése szempontjából utolsó pillanatban érkező csapadék a virágzás-terméskötés időszakát közvetlenül megelőzte, így mentve meg a termést, míg a 2007. évben az állomány a nagyobb mennyiségű csapadékot csak késve, augusztus közepén kapta, így az már nem volt hatással a termésmennyiség növekedésére.

2009-ben a nem öntözött kezelésben (\ddot{O}_1) a legnagyobb termést (12 295 kg/ha) bikultúrában kaptuk. Az \ddot{O}_3 kezelésben mindhárom vetésváltási rendszerben nőtt a termés az öntözetlen parcellákéhoz viszonyítva, a növények számára megfelelő vízellátás hatására. A nagyobb termés eléréséhez viszont a kukoricának több vízre is volt szüksége, ezzel magyarázható, hogy a vízhiányértékek az öntözött kezelésekben sem voltak kisebbek a nem öntözött parcellák értékeihez viszonyítva. A legnagyobb növekedés (2952 kg/ha) trikultúra esetében tapasztalható (\ddot{O}_1 : 9913 kg/ha; \ddot{O}_3 : 12 865 kg/ha).

2. táblázat. Az agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére
(Debrecen/Látókép, 2007, 2009)

	Monokultúra (1)		Bikultúra (2)		Trikultúra (3)	
	Vízhiány (mm)	Termés (kg/ha)	Vízhiány (mm)	Termés (kg/ha)	Vízhiány (mm)	Termés (kg/ha)
	(6)	(7)	(6)	(7)	(6)	(7)
2007						
Nem önt. (4)	338	4316	357	7706	327	7062
Öntözött (5)	314	8449	354	10970	329	10679
2009						
Nem önt. (4)	324	9008	318	12295	336	9913
Öntözött (5)	341	10789	242	13942	339	12865

Table 2. The effect of agrotechnical parameters on maize yield (Debrecen-Látókép, 2007, 2009).
(1) Monoculture, (2) Biculture, (3) Triculture, (4) Non-irrigated, (5) Irrigated, (6) Water shortage (mm),
(7) Yield (kg ha⁻¹).

IRODALOM

- Anda A.: 2008. A kukoricaállományon belüli léghőmérséklet és légnedvesség alakulása kis vízádaggal történő öntözésnél. Növénytermelés. 57. 1: 69–84.
- Birkás M.: 2006. Lehet-e védekezni a klímaszélsőségek ellen? Mezőgazdasági technika. 47. 9: 37–39.
- Bradford, K. J.: 1994. Water stress and the water relations of seed development: a critical review. Crop Science. 34. 1: 1–11.
- Ceská, J.–Hejdnák, V.–Ernestová, Z.–Krizková, J.: 2008. The effect of soil drought on photosynthesis and transpiration rates of maize (*Zea mays* L.). Cereal Res. Commun. 36: 823–826.
- Hegyi, Z.–Pók, I.–Berzy, T.–Pintér, J.–Marton, L. Cs.: 2008. Comparison of the grain yield and quality potential of maize hybrids in different FAO maturity groups. Acta Agronomica Hungarica. 56. 2: 161–167.
- Hoffmann, S.–Debreczeni, K.–Hoffmann, B.–Berecz, K.: 2007. Grain yield of wheat and maize as affected by previous crop and seasonal impacts. Cereal Res. Commun. 35. 2: 469–472.
- Jambrović, A.–Andrić, L.–Ledencan, T.–Zdunić, Z.: 2008. Soil and genotype influences on yield and nutritional status of maize hybrid parents. Cereal Res. Commun. 36: 1015–1018.

- Jolánkai M.–Birkás M.*: 2009. Klímaváltozás és növénytermesztés. V. Növénytermesztési Tudományos Nap. Növénytermesztés: Gazdálkodás–Klimaváltozás–Társadalom. Akadémiai Kiadó. 27–32.
- Vágó, K.–Dobó, E.–Kumar Singh, M.*: 2006. Predicting the biogeochemical phenomenon of drought and climate variability. *Cereal Res. Commun.* 34. 1: 93–97.
- Keszthelyi S.*: 2005. A 2004. év klimatikus tényezőinek hatása a kukorica fejlődésére, kártevőinek megjelenésére és kártételére. *Gyakorlati Agrofórum Extra*. 10. 2005. március. 3–7.
- Láng I.–Csete L.–Jolánkai M.*: 2007. A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest.
- Pepó, P.–Vad, A.–Berényi, S.*: 2008. Effects of irrigation on yields of maize (*Zea mays* L.) in different crop rotations. *Cereal Res. Commun.* 36: 735–738.
- Petrasovits I.*: 1988. Az agrohidrológia főbb kérdései. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Ruzsányi L.*: 1996. Aszály hatása és enyhítésének lehetőségei a növénytermesztésben. [In: Cselőtei L.–Harnos Zs. (szerk.) Éghajlat, időjárás, aszály.] Akaprint. Budapest. 5–66.
- Sárvári, M.*: 2005. Impact of nutrient supply, sowing time and plant density on maize yields. *Acta Agronomica Hungarica*. 53. 1: 59–70.
- Stekauerová, V.–Nagy, V.*: 2006. Course of soil layer water content in agricultural cultivated soil during years 1999 and 2000. *Cereal Res. Commun.* 34. 1: 287–290.
- Vad, A.–Zsombik, L.–Szabó, A.–Pepó, P.*: 2007. Critical crop management factors in sustainable maize (*Zea mays* L.) production. *Cereal Res. Commun.* 35. 2: 1253–1256.
- Vágó, K.–Dobó, E.–Kumar Singh, M.*: 2006. Predicting the biogeochemical phenomenon of drought and climate variability. *Cereal Research Communications*, 34: 1. 93–97.
- Várallyay Gy.*: 2006. A talaj multifunkcionalitása és szerepe a tájökológiában. II. Magyar Tájökológiai Konferencia. Debrecen, 2006. április 7–9. Az előadások és poszterek összefoglalói. 2.
- Varga-Haszonits Z.–Varga Z.–Lantos Zs.–Enzsölné Gerencsér E.–Milics G.*: 2008. A talajok vízellátottságának hatása a gazdasági növények vízigényének alakulására. *Agrokémia és Talajtan*. 57. 1–2: 7–20.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dóka Lajos Fülöp
Debreceni Egyetem AGTC
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032