

# A klimatikus természeti erőforrások hasznosulása a hazai növénytermesztésben

Szász Gábor

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

## ÖSSZEFOGLALÁS

- 1. Több évtizedes kutatómunka során megállapítást nyert, hogy a hazai szántóföldi növénytermesztés bár jelentős fejlődést mutatott, amely a termékek növekedésében nyilvánult meg, azonban a terméshozadékok nagyságát és viszonylagos értékét elsősorban a klimatikus tényezők okozzák.*
- 2. A szántóföldi növénytermesztés egy olyan agroökológiai rendszer, amely óriási mennyiségű energiát használ fel és egyidejűleg átalakít, és biológiai energiát szolgáltat. A modern magyar szántóföldi növénytermesztés keretében a főbb termesztett növények energia-hasznosítása, illetve hatékonysága eléri a főtermékre vonatkoztatott energiamegtértség 10-11%-át. Ez utóbbi érték jelentősen meghaladja az általánosan ismert 1,5-2,5% értéket.*
- 3. A termelés növekedése a szén beépülése jelentős arányú. Főbb szántóföldi növényeink (búza, kukorica) évszámra 20 t/ha bruttó termelés esetén közel 30 t szén-dioxid mennyiséget hasznosít, amelyet legnagyobb hányadában a légtérből von el.*
- 4. A növényi termelés növekedésével a vízhasznosulás egyre kedvezőtlenebbé válik. Míg a múlt század elején 5-6 kg képződését engedte meg 1 mm-es csapadékmennyiség, jelenleg a vízhasznosulási tényező 15-30 kg/mm közötti, de szélső esetekben elérheti a 40 kg/mm értéket is. Ez azt jelenti, hogy 100 év alatt a vízhasznosulási tényező a termelés megtízszereződését fejezi ki.*
- 5. A talajok vízháztartási tulajdonságai a vízhasznosulási értéket jelentős módon befolyásolják: a talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak romlásával az egységnyi vízmennyiségből előállítható növényi szárazanyag-termék mennyisége csökken.*

## BEVEZETÉS

A szántóföldi növénytermesztés lényegében a természeti erőforrások hasznosításának egyik formája. Az éghajlatnak erőforrásként, a talajnak megújítható erőforrásként és a vetőmag biológiai erőforrásként betöltött szerepe felbecsülhetetlen jelentőségű az emberi életben. A köztük kialakuló kölcsönhatás megszámlálhatatlan megnyilvánulása közül kiemelkedő fontosságú az élet fenntartásának biztosítása. Az élőszervezetek környezetükkel fajspecifikus igényeket támasztanak, melyeket a természeti erőforrások eltérő súllyal és mértékben elégítenek ki. A növényi élet alapvető energiát és anyagigényt támaszt a légtérrel szemben. A fotoszintézis fenntartásához víz és CO<sub>2</sub> tömegét a légtérben folyamatok szabályozzák, amelyet a Föld vegetációs zónáinak elrendeződése is bizonyít.

Bár a légtér eredetű erőforrások jelentősége évezredek óta ismert, azonban hatásmechanizmusukról még napjainkban sem

alkothatunk maradéktalanul ismert képet. Az említett szoláris energiát és légtér anyagokat az élőszervezetek rendkívül változatos rendszerei – az ökoszisztémák – igen sokféle módon hasznosítják, és alakítanak át azzá és olyanná, melyeket az ember saját céljaira fordít. Az ökológiai rendszerek ember által befolyásolhatók, sőt létesít olyan ökoszisztémákat, amely az emberi élet feltételét biztosítja: megteremtette az élemlánc alapját a növénytermesztés formájában. A biológiai ismeretek gyarapodására, a technikai előrehaladás eredményeire támaszkodva egyre erőteljesebbé válik erőforrásaink kihasználása, helyenként már káros mértékben. Az alábbiakban annak bemutatása a cél, hogy a hazai növénytermesztésben milyen mértékben változott meg az említett erőforrások kihasználásának mértéke, és miként alakultak azok trendjei, milyen ökológiai következményekkel kell számolnunk.

## AZ ELEMZÉSEK ADATBÁZISA ÉS MÓDSZEREI

A rendszeres műszeres meteorológiai megfigyelések hazánkban 1870-ben indultak meg, így a mindenkori klimatikus feltételekről részletes ismeretek állnak rendelkezésre. Lényegesen szerényebb a főbb termesztett növények termésére vonatkozó adattár, ám a Statisztikai Évkönyvek mintegy 100 évre visszamenően áttekintést adnak a termékek évszámra területi eloszlásáról. Ezen túlmenően a különböző kutatóhelyekről származó kiadványok adatai alapján nyomon követhetők azok az eredmények, melyek a termelés korszerűsítése és a termelés növelése érdekében folytak. Ily módon lehetőség nyílt egy olyan adatbázis összeállítására, amelynek alapján a hazai növénytermelés eredményességének idő szerinti változása részletesen megismerhető. Ez az adatbázis lehetőséget biztosít arra, hogy részletes vizsgálatot folytathassunk annak érdekében, hogy a különböző légtér eredetű természeti erőforrásokat, és azoknak a termésre és a termelésre kifejtett hatásának dinamikáját feltárhassuk. A vizsgálati módszerek részletes ismertetésétől e helyen eltekintünk, elsősorban az energia, a csapadék-ellátottság, a szénfelhasználás és energiahasznosulás kérdésének taglalására szorítkozunk. Ezeknek a jellemző paramétereknek alapján következtethetünk arra, hogy a klíma, mint természeti erőforrás, miként hat a termékek nagyságára és ingadozására, illetve milyen mértékben engedte meg, vagy gátolta a növénytermesztés fejlődését. A továbbiakban a vizsgálatok rövid összefoglalására szorítkozunk.

## A VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

### 1. A szoláris energia hasznosulása a szántóföldi növénytermesztésben

Évszázadunk második felében az emberiség egyik kardinális kérdése az energia-ellátottság, az energia-felhasználás és az energiaigény alakulása. A problémát lényegében az okozza, hogy az ellátottság, a felhasználás és az igény egyensúlya globálisan sem, de még viszonylag kedvező arányú területeken sem áll fenn. A szántóföldi növénytermesztés az egyik legtekintélyesebb energiát szolgáltató rendszer, ugyanis a fotoszintézis során a növényi tömeg kialakulása tekintélyes energiát vesz igénybe. Korábbi vizsgálatok alapján megállapítást nyert, hogy 1 kg szénhidrát mintegy 16-17 MJ energiát tartalmaz, illetve felépítéséhez ekkora energia szükséges, melynek forrása a Nap. A szoláris energia hasznosulását az efficiencia fejezi ki, amely a globál- illetve a fotoszintetikusan aktív sugárzás (G illetve PhAR) különböző növényállományba való beépülési aránya százalékban kifejezve, s ennek nagysága:

$$\varepsilon_G = 100 \frac{\text{termék energiája } J / m^2}{\text{globálsugárzás energiája } J / m^2} \%$$

$$\varepsilon_G = 100 \frac{\text{termék energiája } J / m^2}{\text{PhAR energiája } J / m^2} \%$$

A fotoszintetikus sugárzás összege közelítően a globálsugárzás felének veendő. Ha feltételezzük az efficiencia állandóságát, továbbá azt, hogy a talajt borító levélfelületi index: LAI = 4,0, vagyis amikor a sugárzás legnagyobb hányadát a növényzet nyeli el, akkor kifejezhető egy adott efficiencia értékre vonatkozó energetikailag lehetséges produkció nagysága:

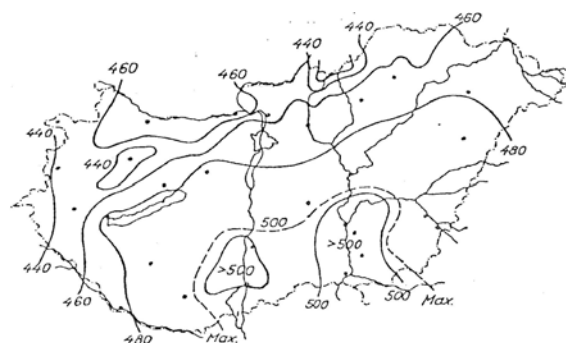
$$P_E = \varepsilon_{PhAR} \sum_0^F \sum_0^t \frac{(1-a)bG}{\eta} \quad [t / ha]$$

ahol t: időtartam, a: a felszín reflexiós együtthatójának értéke (0,8), b: a fotoszintetikus sugárzás aránya, η: a szénhidrát energia-konverziós faktora.

Az energetikailag lehetséges produkció területi eloszlását Magyarországon az 1. ábra mutatja be (ε = 0,04). Ez az efficiencia-állandó viszonylag magas, de sem fizikai, sem biológiai értelemben napjainkban nem tekinthető irreálisnak. Az energetikailag lehetséges produkció átlaga Magyarországon: 44-50 t/ha/év. Ha a valósághoz közelebb álló efficiencia-értékkel számolunk (ε = 0,03), akkor a területi különbség 30-34 t/ha/év közötti. A legalacsonyabb értékek az Északi-Középhegységben, valamint a Délnyugat-Dunántúl sugárzásban szegény területén alakulnak ki. Hangsúlyozni kell, hogy az említett értékek jelentős fitomassza produkcióra utalnak, amely a természetben valójában teljes egészében nem

alakulhat ki, ugyanis az éghajlati elemek egyidejű hatása sok esetben gátló tényezőként nyilvánul meg.

1. ábra: Az energetikailag lehetséges produkció tömege 4%-os szoláris energia beépülés esetén



Ezzel kapcsolatban kell megjegyezni, hogy végül a kedvező időjárás nem termést növelő hatást fejt ki, hanem megengedi a mindenkori genetikai potenciálnak valamilyen mértékű kibontakozását, vagyis az időjárás mindig csökkentő tényezőként helyezkedik el a produkció kialakulásának folyamatában. Az energetikailag lehetséges produkció lényegében véve egy felső határ, azt azonban hozzá kell tenni, hogy ez nem biológiai határérték, hanem elsősorban a biológiai anyag mindenkori genetikai potenciáljától függ. Minél nagyobb a genetikai potenciál, a maximálisan lehetséges termés egyre nagyobb energiahányadot használ fel.

Az utóbbi években végzett vizsgálataink alapján megállapítást nyert, hogy a szántóföldi növénytermesztésben az energia-felhasználásnak a mértéke messze meghaladja a korábban említett arány-értékeket. Ennek bizonyításaként bemutatunk egy búza és egy kukorica évjárat produkciós energiaforgalmának vázlatát. Az alábbi táblázatban feltüntetjük a tenyészidőszak hosszát és az idő alatti globálsugárzás, illetve fotoszintetikus sugárzás összegét GJ/ha egységben. Ezt követően közöljük a sugárzás t/ha-ban kifejezett szárazanyag egyenértékét, valamint a gazdasági és melléktermék nagyságát t/ha értékben kifejezve. A táblázat harmadik alsó része a tényleges fő- és melléktermék energia egyenértékét tartalmazza, végül ezeknek összegét.

Paraméter	Búza	Kukorica
Tenyészidőszak	III. 15.-VII. 15.	IV. 15.-IX. 31.
Globálsugárzás	2500±180 GJ/ha	3000±200 GJ/ha
PAR (400-700 mm)	1250± 90 GJ/ha	1500±100 GJ/ha
0,2 PAR	250± 20 GJ/ha	300± 20 GJ/ha
PAR t/ha	73,5 t/ha	88,2 t/ha
0,2 PAR t/ha	14,7 t/ha	17,6 t/ha
P <sub>G-max</sub>	10,0 t/ha	12,0 t/ha
P <sub>M-max</sub>	4,0 t/ha	6,0 t/ha
P <sub>0</sub> =P <sub>G-max</sub> +P <sub>M-max</sub>	14,0 t/ha	18,0 t/ha
P <sub>G-max</sub>	170 GJ/ha	204 GJ/ha
P <sub>M-max</sub>	68 GJ/ha	102 GJ/ha
P <sub>0</sub>	238 GJ/ha	306 GJ/ha

Ha az utóbbi értéket kifejezzük a globálsugárzashoz viszonyítva, mintegy 9%-os energia-kihasználás mutatható ki a búza esetében, míg a kukoricánál ugyanez az arány 10% érték. Ez azt jelenti a szántóföldi növénytermesztésben a kedvező évjáratok esetén az energia-kihasználás mértéke meghaladja minden más természetes ökoszisztémában kialakult hasznosulási arányt. Véggövetkeztetésként vontuk le, hogy tulajdonképpen a szántóföldi növénytermesztés intenzifikálásával a szoláris energia felhasználása olyan nagy mértékben növekedett meg, hogy a polgári életben használt természeti energetikai számítások során nem hanyagolható el. Ezen túlmenően azt is hangsúlyoznunk kell, hogy az általános szakirodalmi hivatkozások e vonatkozású megállapításai a valóságnál lényegesen kisebb értékeket mutatnak be (1,5-2,5%).

A fenti bemutatott példa, valamint számos további vizsgálat eredményeként arra a végkövetkeztetésre jutottunk, hogy a genetikai potenciál, bár termőhelytől függő érték, de csakis oly módon állapítható meg növény-specifikus értelemben, ha minden esetben a teljes produkció energia-egyenértékét viszonyítjuk a szoláris energia nagyságához a kiemelkedően magas produkciójú évjáratok alapján. Összefoglalva a következtetéseket, a leglényegesebb megállapítás tartalma az, hogy manapság a köztermesztésben álló búza- és kukoricafajták genetikai potenciálja megközelíti a globálsugárzashoz viszonyított 10%-os értéket, illetve a fotoszintetikus sugárzashoz viszonyítva pedig a 20%-os efficiencia-értéket. Ilyen értelemben vett vizsgálatok mindeddig a hazai növénytermesztés eredményeire vonatkozóan nem folytak, így elemzéseink szerint a szántóföldi növénytermesztés egy olyan energiát kihasználó termelési folyamatnak tekintendő, amely vetekszik számos más termelési folyamat energiaigényével.

## 2. Szénhasznosulás

Az elmúlt évtizedekben a levegő CO<sub>2</sub> tartalma jelentős mértékben megnövekedett. Az 1800-as évek végén, illetve a századforduló táján az ún. háttér-koncentráció 280-300 ppm volt. A század folyamán bekövetkezett rendkívül gyors technológiai fejlődés nyomán a levegő szén-dioxid tartalma jelentős mértékben növekedett, aminek következtében a jelenlegi koncentráció már közelíti a 380 ppm értéket hazánkban is. Bár hazánkban a szén-dioxid koncentráció mérése nem tekint hosszú múltra vissza, az első rendszeres légköri CO<sub>2</sub> méréseket Debrecenben végeztem az 1950-es évek közepén, amikor a légkör alsó rétegeiben – mintegy 3000 m magasságig – 300 ppm körüli mérési eredményhez jutottunk. Később a CO<sub>2</sub> koncentráció regisztrálásának lehetősége útján folyamatos mérésekbe kezdtünk, s ma már közel húszéves megfigyelési sorral rendelkezünk. Részben a korábbi, részben a nagyszámú nemzetközi, továbbá az újabb saját méréseink alapján részletesen ismerjük a talajközeli légterben kialakuló koncentráció-

értékeket, azoknak napi és évi dinamikáját, továbbá ismertté váltak a különböző földrajzi területekről érkező légtömegekben uralkodó koncentráció-értékek is (óceán, kontinens).

A növénytakaró igen tekintélyes szén-dioxid tömeget hasznosít a fotoszintézis során, mivel a szén-dioxid jelenléte esetén képes a fotoszintetikus folyamat megindulása. A fotoszintézis egyenletének részletes megoldása, valamint annak szabadföldi mérési eredményének alapján vált ismertté, hogy 1 kg szénhidrát képződéséhez mintegy 1,5 kg CO<sub>2</sub> mennyiség szükséges. Figyelembe véve a szántóföldi növények termésének trendjét, érthetővé válik a légköri CO<sub>2</sub> dúsulás ellenére egyre nagyobb a légkörből felhasznált és a növénytakaróba beépült szén mennyisége. Ha csupán azt az arányt vesszük figyelembe, hogy az 1800-as évek végén a főbb szántóföldi növények gabonaegységben kifejezett teljes produkciója alig haladta meg az 1 t/ha értéket, a múlt század végére hazánkban is a főbb termesztett növényekre számított produkció elérte, vagy meghaladta a 10 tonna bruttó produkció értéket. Ez azt jelentette, hogy a légkörből kivont szénmennyiség megtízszereződött, miközben a koncentráció növekedett, vagyis az emisszió ennél is lényegesen magasabb szintre emelkedett. A CO<sub>2</sub> növekedés a szántóföldi növények ökofiziológiai folyamataiban fontos szerepet játszik, ugyanis – miként azt később említeni fogjuk – a növények vízforgalmát némileg mérsékelte. Minden esetre egyértelműen bizonyítható, hogy a légköri szén-dioxid koncentráció nagyobbodása nem fékezi a növénytakaró produkciójának fokozódását, sőt egy bizonyos tekintetben kedvező ökológiai következményeket is okoz, bár hangsúlyozni kell, hogy összességében súlyos globális károsodást kell ebben a folyamatban látnunk. Elsősorban az üvegház-hatás fokozódása, illetve az éghajlat megváltozásának kérdése merül fel, egyebek mellett a szén-dioxid koncentráció eddig nem tapasztalt gyors ütemű növekedése kapcsán.

## 3. Vízhasznosulás

A korábbiakban több alkalommal bizonyítottuk részletes vizsgálatra támaszkodva, hogy a természeti tényezők közül a vízellátás tölti be a legfontosabb szerepet a termések ingadozásában. A termelési kockázat egyik legkritikusabb paramétere a víz rendkívüli hiánya, vagy bősége. Kétségtelen tény, hogy a talaj is nagyon fontos szerepet tölt be az agroökológiai rendszerben, azonban igen szerény időbeli változékonysága folytán ez inkább a termések térbeli variabilitásának az okozója. Azt is meg kell említeni, hogy a talajnak viszont rendkívül fontos szerepe van a hulló csapadékvíznek a növényhez való eljuttatásban, mivel a talajok fizikai tulajdonságai révén igen változó vízvisszatartó-képességgel rendelkeznek. Ennek következtében tehát a csapadék és a termés közötti kapcsolat alakulását jelentősen módosítja a talajnak az említett szerepe és hatása. Az agroökológiai rendszer összetevőinek mérlegelése után megállapítható, hogy a termések idő- és térbeli

szórását elsősorban a csapadék általi vízellátottság nagy változékonysága okozza.

A vízhasznosulási tényező (WUE: water use efficiency) lényegében a víz és a képződött termés egymáshoz viszonyított mennyiségi arányát fejezi ki. A vízhasznosulás mértékének becslése az alábbi leegyszerűsített összefüggés alapján történhet:

$$WUE_V = P_H / \left( \sum C_s + \Delta R \right) \approx P_H / \sum C_s + 50$$

Ez az összefüggés alkalmazható a tenyészidőszak egyes szakaszára is az alábbiak szerint:

$$WUE_S = P_T \left( \sum C_s + \Delta R \right) g / m^2$$

A vízellátottság szezonális változásának pontosabb értéke az alábbi összefüggés alapján követhető:

$$\left( 1 - \frac{P_s}{P_{\max.s}} \right) = k \left( 1 - \frac{ET}{ET_0} \right)$$

ahol  $P_H$ : a hasznos termék,  $C_s$ : csapadék,  $\Delta R$ : a tenyészidőszak raktározott vízkészletben beálló változás,  $P_s$ : a szezonális produkció,  $P_{\max.s}$ : a vizsgált időszak alatt lehetséges maximális produkció,  $ET$ : az aktuális evapotranszpiráció,  $ET_0$ : potenciális evapotranszpiráció (mm),  $k$ : a vízhasznosulási együttható, amely dimenzió nélküli érték;  $k \geq 1,0$ . Természetes vízhasznosulási tényező a növény fajtától, fajtajától, a talaj vízgazdálkodási tulajdonságaitól, valamint a növény fejlettségi állapotától és a mindenkorai agrotechnikai tényezőktől függ.

A vízhasznosulás hosszú időtartamra vonatkozó elemzése elsősorban a termések alapján végezhető el. A termések nagysága – mint egyéb fejlett mezőgazdasággal rendelkező országokban – hazánkban is sajátos trendet mutat. A századfordulón és az azt követő évtizedekben – kb. az I. világháborúig – a termések szintjében lényeges változás nem állapítható meg. Ezekben az évtizedekben a különböző termesztési körzetekben az országos termésátlag 1-2 tonna körül volt a fő- és melléktermékkel együtt, így a vízhasznosulás messze alatta maradt a 10 kg/mm értéknek. Csapadékos évszám esetében 3-4 kg/mm természetes vízhasznosulással lehetett számolni. Az I. világháborút követően a termések átmeneti csökkenése állapítható meg, majd egy emelkedés következett be a harmincas években, míg a II. világháború előtt a termések stagnáltak. A II. világháborút követő mezőgazdasági átszervezés termések újabb csökkenésével járt, amely a negyvenes évek végén érte el mélypontját, innentől kezdve a magyar mezőgazdaság egyik legsajátosabb időszaka következett be: az 1950-es évek közepétől 1990-ig a termések közel lineárisan növekedtek, és az 1980-as évekre a termések megduplázódtak. 1960-1980 között az ország legnagyobb területén 0,1-0,2 t/ha/év termésnövekedés következett be. A

legnagyobb értékek a Dél-Tiszántúlról származnak: 0,2 t/ha/év, míg a legalacsonyabb értékek kistermékenységű talajokon alakultak ki: 0,06-0,09 t/ha/év. A legmagasabb értékek általában a löszhátakon bontakoztak ki. Az említett adatok a búzára vonatkoznak, azonban vele csaknem azonos tendenciák ismerhetők fel a kukorica termésalakulásában is. A maximális érték a békéscsanádi löszháton volt megfigyelhető: 0,24 t/ha/év. Mivel a kukorica hőigényes növény, ezért a termésnövekedés üteme a déli területeken a legerőteljesebb, a hűvös DNY-Dunántúli területek termésnövekedése a csapadék bőségének ellenére szerényebb volt. Hangsúlyozni kell, hogy hazánk e két növényének százéves terméstrendje megegyezik a fejlett mezőgazdasággal rendelkező országok trendjeivel, a különbség csupán annyi, hogy a század elején a hazai termésátlagok lényegesen a nyugat-európai átlagok alatt maradtak, később azonban ezek a különbségek fokozatosan csaknem teljesen kiegyenlítődték.

A vízhasznosulás vizsgálata során nem lehet eltekinteni a csapadék szélsőséges voltától. Vizsgálataink alapján megállapítást nyert, hogy az 1881-1990. 110 éves időszor valószínűségi eloszlása szerint a nyári csapadék az eseteknek 25%-ában bizonyult csak elegendőnek, azzal a feltevéssel, hogy a káros víztöbblet mindössze 5%-os gyakoriságú. Az alábbi táblázat áttekintést nyújt a szélsőségesen kis csapadékok gyakoriságának alakulásáról.

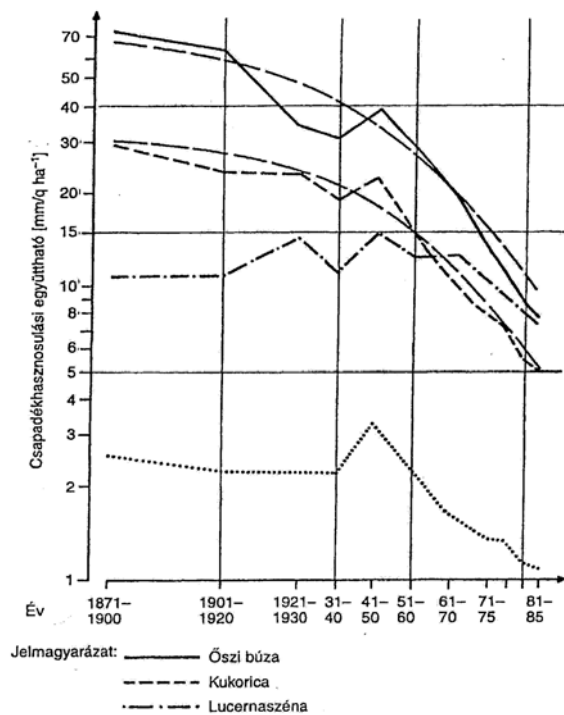
állomás	Cs<225 mm	állomás	Cs<225 mm
Magyaróvár	72%	Baja	73%
Sopron	44%	Kalocsa	76%
Szombathely	42%	Kecskemét	82%
Zalaegerszeg	43%	Szeged	84%
Keszthely	55%	Szarvas	84%
Pápa	63%	Túrkeve	78%
Pécs	62%	Debrecen	67%
Budapest	79%	Nyíregyháza	65%

A táblázat a 225 mm-nél kisebb nyári csapadékösszegek valószínűségét tartalmazza az 1881-1990. évek alapján (Pearson III. eloszlás szerint). A fenti adatok tartalmát akkor ítéltük meg igazán reálisan, amennyiben ezeket az értékeket szembeállítjuk a nyári növények vízigényével. Így pl. a kukorica optimális nyári csapadéka 350-380 mm, a cukorrépaé 450 mm körüli, a lucernáé pedig még ennél is nagyobb, így érthetővé válik, hogy a 225 mm-es nyári csapadékösszegek súlyos termés-csökkenő tényezőnek bizonyulnak. Ugyanakkor a Nagyalföldön csaknem kivétel nélkül messze meghaladja e csekély csapadékösszeg a 60%-os gyakorisági értéket. Ily módon tehát bizonyítottan tekintjük, hogy Magyarországon, elsősorban a szántóföldi növénytermesztés legnagyobb területén súlyos csapadékhiánnyal kell számolni. Azt is tudnunk kell, hogy a csapadékhiány csaknem kivétel nélkül a rendkívül magas hőmérséklettel társul, amely a felszín energiamérlegének a következménye.

A száraz meleg, ún. aszályos nyarak gyakorisága 30%-ra tehető a Nagyalföldön, amely azt jelenti, hogy csaknem minden harmadik évben szárazság okozta termés kieséssel kell számolnunk. A csapadéknak ez a szeszélyes ingadozása világossá teszi azt a következtetést, hogy a vízhasznosulás időjárási okok folytán igen tág intervallumok között váltakozik. A vízhasznosulási tényező átlagos termések alapján számított értékei arra utalnak, hogy hazánkban a csapadék minden körzetben terménynövelő hatást fejt ki, eltekintve az igen kis gyakoriságú rendkívüli csapadékos évjáratoktól. Az elmúlt 120 év alatt a természetes vízhasznosulás jelentősen módosult, amely jól jellemzi a hazai növénytermesztés fejlődését.

A 2. ábra a termesztés általános értelemben vett együttes hatásainak következményeit fejezi ki.

2. ábra: A főbb növények természetes vízhasznosítása 1870-1985 között



A termések növekedésével egyre kedvezőbben alakul a transzspiráció/evaporáció aránya, vagyis a növény által elpárologtatott víz hányada növekszik a talajpárolgással szemben. Napjainkban a kifejlett növényállományokban (búza, kukorica, cukorrépa) ez az arány 0,9:0,1 körüli. A részletektől eltekintve az áttekinthetőség könnyítése céljából e helyen utalunk az 1. táblázatra, amely négy növényfaj átlagos természetes vízhasznosulási tényezőit foglalja össze a különböző termőtípusokon az 1960-79. évek termésátlagai alapján. A körzetek földrajzi elhelyezkedését a 3. ábra szemlélteti.

Az 1. táblázat alapján megállapítható, hogy az átlagos termés nagysága és a vízhasznosulási tényező egymással fordított arányban áll.

A legkedvezőbb értékek a nagy termékenységgű – jó vízgazdálkodású – talajokra számíthatók, a termésátlagok kisebbedésével egyre nagyobb csapadékmennyiség jut 1 tonna főtermékre. Ez a megállapítás nemcsak a különböző termékenységi szintekre, hanem egy térség, táj idősorára is bizonyítható.

Adott helyen a termések ingadozását az időjárás kedvező vagy kedvezőtlen volta alakítja. Megvizsgálva a rendelkezésre álló terméssorokat, újlag bebizonyosodott, hogy időbelileg is igaz az a felismerés, mely szerint a csapadék növekedéséhez mérten általában a terménynövekedés erőteljesebb. Különválasztva a nagy- és kistermésű éveket, következetesen nagyobb az egységnyi csapadékmennyiségre jutó főterméktömeg, vagyis a terménynövekedés kedvező, a termés csökkenés pedig kedvezőtlen vízháztartási és vízellátottsági helyzetre utal.

1. táblázat

Átlagos természetes vízhasznosulási tényezői a különböző termőtípusokon az 1960-79. évek termésátlagai alapján

Körzet	Búza (kg/mm)	Kukorica (kg/mm)	Cukorrépa (kg/mm)	Lucerna (kg/mm)
1	21,0	14,7	11,0	16,6
2	16,4	12,5	9,4	11,5
3	15,9	11,2	8,5	11,1
4	16,9	13,0	8,7	12,2
5	15,2	11,6	8,5	10,5
6	17,2	11,8	9,6	11,5
7	20,0	12,3	10,0	11,5
8	25,6	12,0	8,2	9,6
9	11,0	7,3	5,3	8,7
10	12,7	7,3	5,3	9,5
11	12,8	8,5	6,2	8,8
12	12,2	8,1	7,8	9,9
13	14,3	10,0	6,8	8,8
14	13,8	-	-	-
15	15,2	-	-	-
16	14,7	9,2	6,5	9,8
17	11,8	7,1	5,1	9,4
18	16,1	8,1	6,0	9,8
19	11,4	7,1	-	9,5
Átlag	14,7	9,6	7,2	10,3

Ebből az is következik, hogy nemcsak a tenyészidőszak vagy annak egy része alatti csapadék mennyisége, hanem annak időbeli eloszlása is módosítja a vízhasznosulási tényező értékét. Fennállhat az a szélsőséges helyzet, hogy a csapadék mennyisége azonos, de a hasznosulási tényező aszerint különbözik, hogy annak eloszlása a növény vízigényéhez mérten milyen mértékben illeszkedett. Az a körülmény, hogy a csapadék mennyisége és időbeli eloszlása csaknem egyenlő fontosságú a vízellátottság mértékének megítélésében, igen bonyolulttá teszi a termés nagysága és a csapadék közötti reprezentatív statisztika kidolgozását.

3. ábra: A mintakörzetek földrajzi eloszlása



E mellett ismét utalni kell a talajnak a szerepére, hiszen a talajnedvesség dinamikája sztohasztikus folyamat, ugyanis a rendszer nedvességi állapota függ a korábbi vízbevételi és -vesztéségi tényezőktől, tehát a vízmérleg korábbi alakulásától is. Ez a függés különösen a jó vízgazdálkodású talajoknál nagyfokú, mivel az ilyen talaj nagy hasznosvíz-tárolásra képes, de ebben fontos szerep jut a növényzet gyökérmélységének is.

A fenti problémakör számszerű tisztázása végett a húszéves termésorból kiemeltünk 3-5 rekordtermésű évet és ugyanannyi feltűnően kistermésű évjáratot, a hozzájuk tartozó csapadékatok alapján meghatároztuk az említett tényezőket abból a célból, hogy megállapítható legyen a szélsőséges időjárású évjáratoknak a vízhasznosulási tényezőre kifejtett hatása. Mivel a szóban forgó értékek lényegében az egységnyi tömegű főtermékre redukált csapadékösszeg arányát fejezik ki, ezért a különböző jellegű évjáratokból származó értékek egymással összehasonlíthatók. Az alábbiakban néhány növény vízhasznosulási együtthatóját mutatjuk be, amelyek kedvező és kedvezőtlen évjáratokból származnak.

	1960-1969		1970-1979	
	Nagy termés (kg/mm)	Kis termés (kg/mm)	Nagy termés (kg/mm)	Kis termés (kg/mm)
Átlag	10,3	7,2	18,5	10,2
Max.	18,8	11,0	28,8	12,3
Min.	6,5	5,1	12,4	7,4

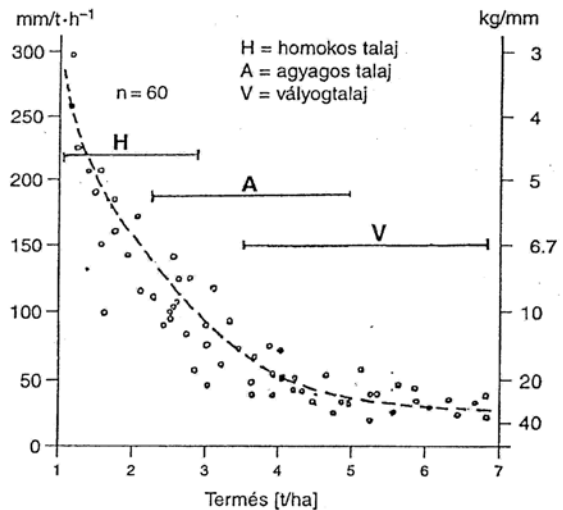
A fenti adatok egyúttal azt is kifejezik, hogy a termések növekedésével a vízhasznosulási együttható minden értéke növekedett a termések fokozódása következtében, így általánosítható az a megállapítás, hogy a termelési színvonal emelkedése biztosítja a vízhasznosulás kedvezőbbé válását, amely azt jelenti, hogy legalábbis egy bizonyos szintig az ökológiai potenciál kihasználása intenzívebbé vált a termelés fejlesztésével. A termés nagysága és a vízhasznosulás közötti kapcsolat jellege korábbi vizsgálataink szerint a termések növekedésével a  $\text{mm/t/ha}^{-1}$  egységben kifejezett vízhatás hiperbolikus egyenlettel írható le, vagyis a termés növekedésével az egységnyi tömegre

jutó csapadék aszimptonikusan a minimumhoz tart. A kérdés az, hogy mekkora a minimum értéke és ez egyben a jövő egyik legfontosabb kutatásának problémája, hogy milyen mértékig redukálható a csapadék/termés arány csökkentése. Feltételezhető, hogy létezik egy olyan minimális érték, amikor már a víz olyan korlátozó tényezővé válik, amely egyéb befolyásoló tényezővel már nem helyettesíthető.

A korábbiakban a talaj szerepét közvetett tényezőnek minősítettük. Ennek ellenére a teljesség kedvéért ennek szerepéről beszélni kell, ugyanis ebben a kérdésben igen szabályos törvényszerűség ismerhető fel, amelyet a kukorica vízhasznosítási tényezőinek az ábrázolásával mutatunk be.

A 4. ábra a búza termése és a vízhasznosítási tényezők közötti kapcsolat talajfüggését mutatja be. Az ábra egyszerű felépítése folytán egyértelműen magyarázza, hogy minél jobb a talaj vízvisszatartó-képessége, vízforgalmi tulajdonsága, annál kedvezőbb a vízhasznosulási együttható értéke.

4. ábra: A búza termése és a vízhasznosítási tényező kapcsolata



Így a vályogtalajok esetében a búzánál  $10-40 \text{ kg/mm}$  az együttható értéke, az agyagtalajoknál  $5-6 \text{ kg/mm}$ , míg a szélsőséges vízgazdálkodású homoktalajoknál a hasznosulási együttható alig haladja meg a  $4 \text{ kg/mm}$  értéket. Ebből tehát megállapítható, hogy az egységnyi tömegű vízhez teljesen más tömegű főtermék rendelhető, amely a termésszintekben ismerhető fel.

Összefoglalva megállapítható, hogy a vízhasznosítási együttható egy olyan sajátos agroökológiai paraméter, amely jól fejezi ki a termelés színvonalát, az agroökológiai feltételeket, valamint a genetikai potenciál értékét. Ez a magyarázata annak, hogy a vízhasznosulás kérdése a szántóföldi növénytermesztés kutatásának egyik olyan központi problémáját képezi, amely különösen a szárazságra hajló éghajlati területeken igen nagy érdeklődésre tarthat számot.