

AZ ÖNTÖZÖTT NÖVÉNYÁLLOMÁNYOK VÍZIGÉNYE

PETRASOVITS IMRE

a mezőgazdasági tudományok doktora

Agrártudományi Egyetem, Gödöllő

A mezőgazdasági vízgazdálkodás fejlesztése egyre inkább feltétele és segítője az élelmiszergazdaság fejlesztését szolgáló agrárpolitikai és termelés-politikai célkitűzéseknek.

A vízzel való okszerű gazdálkodás és hasznosulásának javítása a növény-termesztésben azért is fokozódó jelentőségű, mert az ország vízkészletei korlátozottak és csak egyre növekvő ráfordításokkal biztosítható, hogy a kívánt helyen, időben és mennyiségben rendelkezésre álljanak.

A fentiek igazolják, hogy hazánkban a következő évtizedben is a mezőgazdasági vízgazdálkodás minden ágában — a sík és dombvidéki vízrendezésben, a talajvédelemben és az öntözésben — egyaránt további nagymértékű beruházásokra és fejlesztésre kerüljön sor. Az öntözésfejlesztés várható üteme esetén az öntözésre berendezett terület 1980-ban eléri a 800 000 ha-t.

A vízgazdálkodás fejlesztése világméretekben is feltétele a mezőgazdasági termelés növelésének. Sok országban nem kielégítő a természetes vízháztartási helyzet. A javítás érdekében a Föld jelenlegi 150 millió ha öntözési kapacitása az ezredfordulóra előreláthatólag 300—320 millió ha-ra növekszik. Hozzávetőlegesen 200 milliárd dollár értékű mezőgazdasági vízgazdálkodási beruházásokra kerül sor, melyek nagyobb része az öntözések fejlesztését fogja szolgálni.

A mezőgazdasági vízgazdálkodás rendszeres fejlesztése általában nagy és hosszú időre szóló beruházásokat, költséges üzemelést jelent. A gazdaságosságra, a kockázat ésszerű csökkentésére való törekvés világszerte igényli és hazánkban is megköveteli a vízgazdálkodási létesítmények tervezése és üzemelése természettudományi megalapozottságának szüntelen javítását.

A disszertáció az öntözés vonatkozásában az 1957—1969. időszakban végzett kutatásaink nagyobb részének rendszerezésével és szintetizálásával — lehetőségeihez mérten — ehhez kíván hozzájárulni.

A kitűzött feladatok összefoglalása

A mezőgazdasági üzemekben tervezett és megvalósított legtöbb vízgazdálkodási beavatkozásnak főcélja a termesztett növényállományok víz-

igényének — a korábbinál teljesebb, kedvezőbb — kielégítése, a szélsőséges vízháztartási helyzetek kialakulásának megelőzése, vagy káros hatásuk csökkentése. Az öntözéssel a növényállományok vízigényének folyamatos és harmonikus kielégítésére törekszünk, olyan mértékben, hogy a termést ne a víz korlátozza.

E gyakorlati-gazdasági célok érdekében feladatunknak tekintettük:

- a) a témakörrel kapcsolatos fogalmak pontosabb meghatározását és új fogalmak kialakítását,
- b) a növényállomány vízigényének újszerű értelmezését,
- c) a növényállományok vízigényére ható tényezők (meteorológiai, biológiai) és kölcsönhatások vizsgálatát,
- d) a vízigény dinamikus értékeinek mérés útján való meghatározását,
- e) módszer kialakítását a vízigény közelítő számításához.

A vizsgálatok módszere

A vizsgálataink tárgya és közege — mint vízháztartási egység — a növényállományok voltak. A makroklímatis tényezők mérése a „standard” előírások szerint történt. A szabadföldi állományokban rövid időtartamú ún. ökológiai „pont” vizsgálatokat végeztünk, főként kukorica- cukorrépa- és rizs-állományokban

a talajfelszín — illetve vízfelszín és

a levélfelszín párolgásának mérésére.

Különböző lég- és különböző talajnedvességek kölcsönhatását tenyész-edényekben, kondicionált növényházban — fiatal kukoricaállománnyal vizsgáltuk. A rizsállományok ET vizsgálatát 1957—1960 között az ÖRKI keretében Szarvason végeztük, majd 1968 és 1969-ben dr. VAMADEVAN indiai állampolgár — aspiránsként — a Mezőtúri Állami Gazdaságban folytatta tovább.

Az öntözött szántóföldi növényállományok ET vizsgálatával Gödöllőn, 1963—64-ben kezdtünk el foglalkozni. 1965-ben tett javaslatunkra az Országos Vízügyi Hivatal országos hálózat létesítését határozta el. Az öntözött növényállományok folyamatos gözalakú vízleadásának — az evapotranszspirációnak — a mérésére szabadföldi állományokba helyezett evapotranszspirométereket alkalmaztunk.

E mérési módszer elvileg THORNTHWAITE, C. W. majd hazánkban ERDŐS LÁSZLÓ által alkalmazott módszerhez áll közel. Az elrendezési és technikai részletekben PETE ZOLTÁN munkatársammal több fejlesztő módosítást hajtottunk végre.

A kapott adatok egy részét számítógépeken dolgoztuk fel. Ennek során az ET és egyes tényezők közötti kapcsolatok leírására és közelítő számítására CSEKŐ GÉZA irányításával a matematikai statisztika alábbi módszereit alkalmaztuk:

szignifikancia számítás,

korreláció és regresszió számítás, továbbá egy, két- és háromváltozós, lineáris — és hatványfüggvény vizsgálatok.

Az új tudományos eredmények összefoglalása

A növényállomány vízigényének értelmezése

Adott növényállomány vízigényét (V_i) azzal a vízmennyiséggel lehet kifejezni, ami a növénytermesztési térben, a közvetlen bioszférában ahhoz szükséges, hogy a víz ne legyen minimumban levő termesztési tényező.

A növénytermesztési tér két zónára, a gyökérzónára és a transzspirációs zónára osztható. Az élő növényi szervezet egységéből is következik, hogy a növényállomány vízigényét nem lehet külön-külön, csak a gyökérzóna talajának, vagy csak a transzspirációs zóna levegőjének kívánatos nedvességállapotára korlátozni. A növényállomány vízigényének meghatározása és kielégítése érdekében a növényállományt *olyan vízháztartási egységnek* kell tekinteni, amelynek két részében — a transzspirációs (szár és levél zóna) és a gyökérzónában — külön-külön bekövetkező bármilyen vízháztartási változás visszahat a másikra.

Az öntözés növényökológiai kölcsönhatásai

Párolgató felületek a növényállományban

A szántóföldi öntözött növényállományok *ET-ját — közelítésként — különböző minőségű felületek páraleadásának összegeként is* felfoghatjuk. Az összetett felületek párolgása azonban nemcsak saját fizikai, illetve biofizikai törvényeik, hanem egymást befolyásoló kölcsönös és önszabályozó rendszerek hatása alatt áll.

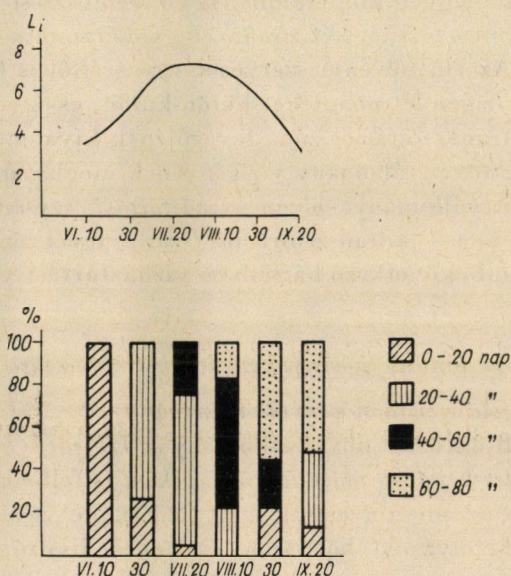
Párolgató növényfelületek

A növényállományokban végbemenő párolgási folyamatokban a növényzet teljes földfeletti felülete résztvesz. Nagyságuk és arányaik tenyészdíó alatti menetét vizsgáltuk. A *levélfelület* nagysága az ET-t és a termést egyaránt befolyásoló tényező. Értékét a levélindex fogalmával — 1 m^2 talajfelszínre jutó egyszeres levélfelülettel — fejezzük ki. A levélfelület illetve a *levélindex nagysága függ*: növényfajtól illetve fajtától, a fejlődési szakasztól, tőszámától, talajtermékenységtől, az alkalmazott agrotechnikától (trágyázástól stb.), klimatikus viszonyoktól (hőmérséklettől) stb.

A *termés nagyságával* nem az 1 növény levélfelülete, hanem a levélindex, tehát az 1 m^2 talajfelületre eső levélfelület nagysága van szorosabb kapcsolatban. A levélfelületek nagyságának — a levélindexnek — a növekedésével nem lineárisan nő a növényzet össztranszspirációja, mert a levélfelületek növekedése fokozatosan mérsékli az egységnyi levélfelület vízleadását, a transzspiráció intenzitását. A levélfelületek párolgási törvényszerűségeinek vizsgálata során

főleg cukorrépa és kukorica állományokban végeztünk *levélélettartam* vizsgálatokat és mértük transzspirációjukat.

A cukorrépa állomány átlagos levélindexének tenyészidő alatti menetét és ezen belül a *különböző korú levélfelületek* arányát tünteti fel az 1. ábra. A cukorrépa és kukorica állományban végzett, idevonatkozó méréseink szerint az öregebb levelek ugyanakkora felületről azonos légköri viszonyok között kevesebbet párologtatnak, mint a fiatalabb levelek. A levélfelületek párolgására még jelentős hatással lehet *magassági elhelyezkedésük az állományban*.



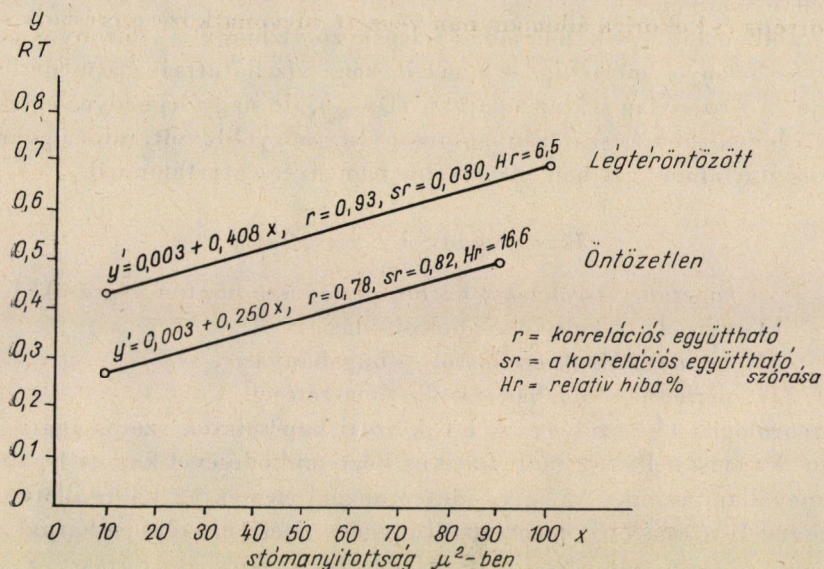
1. ábra. A cukorrépa növényállomány levélfelületének tenyészidő alatti változása és a különböző korú levelek felületének %-os aránya

Relatív transzspiráció és a stóma nyitottságának vizsgálata

A növény és környezete vízháztartási összhangjának szántóföldi jellemzésére — mind öntözött, mind száraz viszonyok között — jól alkalmazhatónak találtuk az állomány légkörében, a levélfelület párologás (T) és a levegő párologtató képessége (E_p) hányadosaként számított (T/E_p) *relatív transzspiráció (RT) értékét*.

BÉLA MÁRIA és BUCSAI TERÉZIA munkatársaim által végzett vizsgálatok minden esetben kimutatták, hogy az öntözött állományban a relatív transzspiráció értéke mindig közelebb volt az 1-hez, mint a nem öntözötté. Ugyanakkor a relatív transzspiráció — mint az állomány vízháztartását jellemző mutató — elég érzékeny a légnedvesség dúsító (frissítő) és a talajnedvesség gyarapító öntözések hatáskülönbségének jelzésére is.

A relatív transzspiráció nagysága és a stómák nyitottsága között pozitív összefüggés van. Öntözés esetén ez az összefüggés még kifejezettebb. Ezt mutatja az itt bemutatott 2. ábra.



2. ábra. Kapcsolat a relatív transzspiráció (RT) és a stóma nyitottságának átlagos nagysága között. Cukorrépa (Beta poly 4) levélszínén 2—24^h között végzett mérések alapján

Légnedvesség és talajnedvesség kölcsönhatások

A növényállományok vízigényének kielégítése a talaj- és légnedvességtartalom együttesen kedvező szintjét igényli. Tenyészedényben vizsgáltuk a két zóna nedvességtartalmának az ET-ra és a növényzetre gyakorolt kölcsönhatását a kezdeti fejlődésű kukorica állományban. A talaj és relatív légnedvesség eltérő szintjének hatása a napi átlagos ET-re, az alábbiak szerint alakult (mm/1 nap):

Az állományt körülvevő légtér relatív légnedves- sége %-ban	Talajnedvesség a rendelkezésre álló víztartó- képesség %-ban		
	40	60	80
52—64	3,6	5,2	7,2
83—88	1,6	2,5	2,8

A hőmérsékleti középérték napi átlaga 24—25 C° volt. A növényállomány átlagos levélindexe 1—2 között váltakozott.

Az ET nagysága és az állomány feletti (2 m) levegő páratartalma közötti kapcsolat a kisebb relatív légnedvesség esetében határozottabb. Tehát minél kisebb a levegő relatív nedvességtartalma, az ET annál inkább függ tőle.

A levélfelület és az ET közötti kapcsolat annál szorosabb, minél kedvezőbb a talajnedvesség állapot, másszóval ez azt jelenti, hogy a levélfelületnek az ET nagyságára gyakorolt hatása kifejezettebb, ha zavartalanabb a növény vízfelvétele a talajból.

Az állomány egyik zónájában jelentkező vízhiányt — bizonyos határok között és bizonyos mértékig — a másik zóna vízellátottsága átmenetileg pótolhatja. A viszonylag száraz talajban ($Dv_{40\%}$), de nagy légnedvességtartalom esetén a levélfelület és szárazanyag mennyiség nagyobb volt, mint ugyanolyan nedvességtartalmú talajban, de kisebb légnedvességtartalomnál.

Rizsállomány ET vizsgálatok

A kapcsolt vizsgálatokat három periódusra bontva végeztük:

- I. periódus: keléstől — bokrosodásig,
- II. periódus: bokrosodástól — bugahányásig,
- III. periódus: bugahányástól — viaszerésig.

A meteorológiai tényezők és az ET közötti kapcsolatok szorosságára vonatkozóan WELLISCH PÉTER matematikus közreműködésével kapott legáltalánosabb megállapításaink: Az egyes meteorológiai elemek az ET-re illetve összetevőire (az E-re és a T-re) fenofázistól függően eltérő mértékben hatnak.

Az első életperiódusban, amikor a levélindex kicsi és az árasztó vízfelület kevésbé árnyékolt, a napfényes órák száma és a levegő relatív nedvességtartalma mutatott legszorosabb kapcsolatot a vízfelület párolgásával (E) és az evapotranszspirációval (ET).

A második életperiódusban a transzspiráció a hőmérséklettel, a napfényes órák számával és a levegő relatív páratartalmával egyaránt szoros kapcsolatot mutatott. Az ET a napfényes órák számával és a levegő relatív nedvességtartalmával volt legszorosabb kapcsolatban.

A harmadik életperiódusban az ET a hőmérséklettel és a levegő relatív nedvességtartalmával függött leginkább össze.

A nem árasztott öntözött növényállományokban a meteorológiai tényezők eltérő és differenciáltabb módon befolyásolhatják az evapotranszspirációt.

Új ET számítási módszer kidolgozása

A kapott adatok és kapcsolatok további vizsgálata és feldolgozása alapján a rizsnövényállományok napi evapotranszspirációját mm-ben kifejező alábbi empirikus matematikai összefüggés mutatkozott:

$$ET_0 = k \cdot t \cdot r$$

k = biotechnikai tényező, a termesztéstechnikai és ökológiai (fajta, állomány-sűrűség, növekedés, tápanyag stb.) tényezők hatáseredője. Nagysága a levél-

felülettől függ. Ezek az általános összefüggések — sok évi kísérletekben — időbelileg az I. táblázat számszerű értékei szerint alakultak.

t = napi középhőmérséklet,

r = a napfényes órák aránya a lehetségeshez viszonyítva %-ban, melynek értékeit a I. táblázat mutatja.

I. táblázat

„ k ” értékek a rizsnövényállományok ET-jának megállapítására

Fenofázis	Idő	Átlagos Li	„ k ” érték
Keléstől — virágzásig	V. 11—VI. 10.	0,1—0,5	1,33
	VI. 11—25.	0,6—1,0	1,32
	VI. 26—VII. 5.	1,1—2,0	1,31
	VII. 6—15.	2,1—3,0	1,30
	VII. 16—23.	3,1—4,0	1,24
	VII. 24—VIII. 1.	4,1—4,5	1,16
Tejes érés	VIII. 2—21.	4,1—4,5	1,06
Teljes érés	VIII. 22—IX. 1.	4,4—3,5	0,92
	IX. 2—10.	3,4—2,5	0,71
	IX. 11—21.	2,4—1,0	0,50

II. táblázat

Az „ r ” tényezői értékei

λ : Grow. E. $16^{\circ}10' - 22^{\circ}50'$

φ : $45^{\circ}45' - 48^{\circ}30'$

Napfényes órák száma	0	2	4	6	8	10	12	14	16
„ r ”	0,01	0,05	0,09	0,14	0,18	0,23	0,27	0,32	0,36

A június 1—augusztus 31-i időszak alatt mért és a fenti képlettel számított ET értékek közötti különbség a nyolc méréssorozatban —15 és +35 mm, és —4 és +9% volt.

A rizs ET-re vonatkozó kutatásaink továbbfejlesztése

A rizsállományok evapotranszpirációjára vonatkozó magyarországi kutatásokat 1968. és 1969. években vezetésemmel VAMADEVAN indiai aspiráns folytatta tovább. A meteorológiai tényezők és az evapotranszspiráció összefüggése, az általunk korábban végzett kutatások eredményeivel közel egyezőnek mutatkozott.

Az ET mért értékeit az irodalomból ismert 10 képlettel hasonlította össze. Ennek eredményeként a legjobban közelítő értékeket IVANOV, JONNISON, CHRISTIANSON, PETRASOVITS, PENMAN (McCULLOCH) és ANTAL képletei adták.

A vízborítás mélységének hatása az ET nagyságára eltérő volt. A 20 cm-es vízborítás esetén az ET mindig nagyobb volt, mint az 5 cm-es vízborításnál.

Öntözött szántóföldi növényállományok ET vizsgálata

Kapcsolt vizsgálatok

A 10 esztendő folyamán — egy-egy évben 3—4, összesen 9 növényfajjal — szántóföldön, az egész tenyészidő alatt folyamatosan végzett méréseink alapján a különböző öntözött növényállományok egész tenyészidő alatti és VI. 1—VIII. 31. időközre vonatkozó szántóföldi evapotranszpirációjának (ET) — az értelmezésünk szerinti állományvízigény dinamikus nagyságának (Dvi) — határértékeit a III. táblázat adatai mutatják.

III. táblázat

Az öntözött növényállományok evapotranszpirációjának határértékei

Növényfaj	Egész tenyészidő ET mm	Önt. főidény (VI. 1 — VIII. 31.) ET mm
Rizs	—	377—495
Burgonya	452—543	381—447
Dohány	388—423	322—378
Cukorrépa	499—850	352—596
Paprika	543	456
Kukorica	429—748	331—596
Lucerna	540—586	384—414
Füveshere	473—869	341—540
Hagyma	323—350	233—245

Mérési adataink feldolgozásánál a következő vizsgálatokat végeztük:

A rizsállományok ET számításánál alkalmazott empirikus képletünk adaptálása az öntözött szántóföldi növényállományok ET közelítő számítására.

Részletes matematikai vizsgálatok — számítógéppel — az ET nagysága és az egyes tényezők között.

Összefüggések az állományok vízigénye, öntözővízigénye és a termés-hozamok között.

Elvégeztük a rizsállományok ET számításánál alkalmazott képlettel számított és mért értékek összehasonlítását.

A számításhoz használt „k” tényezők az alábbiak:

Növényfaj	0,1	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0
	levélindex-nél					
cukorrépa, burgonya, dohány	0,80	0,90	0,95	1,03	1,10	1,20
kukorica, cirok	0,70	0,85	0,95	1,02	1,08	1,15
lucerna, füveshere	0,85	0,90	1,00	1,07	1,11	1,1

Összegezve megállapítható, hogy 3 növényfaj esetében 3 földrajzi helyen 48 hónapban a mért és számított értékek között legnagyobb havi eltérés $+28,9$ (23,6%) és $-38,5$ (18,7%) mm volt.

Ha az összehasonlítást nem havonként — hanem a tenyészidő alatti öntözési fő időnyre, 3 hónapra vonatkoztatva — összegezzük, akkor a mért és számított érték közötti legnagyobb eltérés még kisebb $+35,7$ (11,2%) és $-86,6$ (16,5%) mm volt.

További részletes matematikai elemzés

Vizsgálatainkra kapott válaszokat a következőkben foglalhatjuk össze: Az ET nagysága, a vizsgált növényállományokban és helyeken a legszorosabb összefüggést a hőmérséklettel mutatta.

Ha az ET változását a levélindex mellett egy meteorológiai változóval akarjuk jellemezni, akkor *cukorrépa* növényállomány esetén az ET (levélindex, hőmérséklet) függvény az ET (L_i, r) függvénnyel azonos pontossággal közelít; a *kukorica* növényállományban az ET (L_i, t) közelítés adja a legjobb becslést; míg a *fűveshere* növényállomány ET-re nem jellemezhető szignifikáns összefüggéssel, ha a kétváltozós függvény egyik független változója a L_i .

Az „A” típusú párolgásmérő kád párologtatott vízmennyisége és az ET kapcsolata az állomások 3 éves adatpárjaiból számított közelítésekre szignifikánsnak adódott, de az összefüggések általában lazábbak, mint a hőmérséklet és ET kapcsolata esetén.

Az állományok vízigénye, éghajlati vízhiánya (quasi öntözővízigény) és a vízhasznosulás mértéke közötti összefüggéseket jellemeztük statikusan, dinamikusán és változékonyságukban.

Statikus jellemzéseként a mérési helyeken mért több esztendő főidényére vonatkozó (VI. 11—VIII. 31) átlagadatokat mutatjuk be a IV. táblázatban.

IV. táblázat

Az állomány átlagos vízigénye, éghajlati vízhiány és a vízhasznosulás mértéke

Hely	Termés q/ha	Vízigény mm	Éghajlati vízhiány mm	Éghajlati vízhiány aránya%	Vízhasznosulás kg/ha/mm
<i>Cukorrépa</i>					
Gödöllő	674	446	221	49	151
Pakod	712	505	288	57	144
Palotás	631	458	308	67	135
<i>Kukorica</i>					
Gödöllő	118	384	160	41	31
Pakod	100	430	213	49	23
Palotás	99	380	231	60	25

Ezek szerint általában, ha nagyobb a főidény vízigénye, nagyobb a termés is. A kapcsolat azonban nem lineáris. A növekvő termés egységére jutó vízigény-többség csökkenő tendenciát mutat.

A nagy vízigény tartományban ha a termés növekszik, az egyre kevésbé a nagyobb vízmennyiségnek, hanem egyéb tényezőknek a következménye. Ez másképpen azt is jelenti, hogy bizonyos termés nagyság után a termések további növekedése a vízigény nagyságát már gyakorlatilag nem növeli.

A vízigény növekedése bizonyos szint után csak öntözéssel elégíthető ki. Ennek során a vízigénynek — a növekvő éghajlati vízhiány miatt — egyre nagyobb hányadát kell öntözéssel biztosítani.

A tervezés szempontjából különösen fontos, hogy az egyes tényezők és jelenségek milyen *változékonyságúak*. Minél inkább több termelési és egyéb más tényezőtől függenek, annál nagyobb az átlagtól való eltérések.

Kísérleti adataink alapján vizsgáltuk az egyes években a vízigény és az öntözővízigény mennyiségek, valamint hasznosulásuk átlagtól való eltéréseit %-ban.

Fontosabb egyértelmű összefüggések:

A vízigény, öntözővízigény és hasznosulásuk a cukorrépa állományban mérsékeltebb változékonyságot mutatnak, mint a kukoricaállományban.

A növényállományok vízigénye az egyes években és földrajzi helyek között is kisebb határok között ingadozik, mint az öntözővízigényük.

Az összes vízhasznosulási együttható változékonysága kisebb, mint az öntözővízre vonatkoztatott (indirekt), de a csapadék vízzel együttesen megvalósuló hasznosulási együtthatóé.

Az állományok vízigényének és öntözővízigényének kapcsolatát — mint az öntözés ökológiai szükségességének fokát — az *öntözésigényszélességi* indexszel fejeztük ki (I_0).

Értékét az öntözővízigény ($\bar{O}_i$) és a vízigény (V_i) hányadosából képeztük:

$$I_{(0)} = \frac{\bar{O}_i}{V_i}$$

Értéke minél közelebb van 1-hez, az öntözés annál inkább szükségesnek tekinthető és a termés mennyisége — a termelés biztonsága — annál inkább az öntözéstől függhet. Minél nagyobb termelési értékű kultúráról van szó, annál nagyobb valószínűségi vízigény (nem 2 évenkénti, hanem az 5 esetleg 10 évenkénti) teljesebb (nem 60, hanem 75, vagy 80%-os) kielégítését kell tervezni. Az értékes kultúrák termesztése tehát ökonómiai megfontolásból az öntözővízigény teljesebb kielégítésének irányában hat. Az öntözővízigény teljesebb kielégítésének tervezése azonos vízigény esetén nagyobb (I_0) értéket eredményez, tehát alkalmas lehet az öntözés szükségességének ökonómiai szempontból indokolt magasabb fokának jelzésére is.