

Walkovszky Attila:

NÉHÁNY LÁGYSZÁRU NÖVÉNY INTERCEPCIÓJA, ÉS ENNEK JELENTŐSÉGE
A VIZFORGALOMBAN

Budapest, 1982

A dolgozatban előforduló jelölések jegyzéke

A	a teljes állományterület	m ²
a	konstans	
b	-"-	
C	a növényen lévő vízmennyiség	mm
d	a harmat	mm
E	a párolgási sebesség	mm/h
e	a párolgás	mm
É-e	a telítési hiány	mbar
F	a levélterület	m ²
f	az evapotranspirométer vízfogyasztása	mm
h	a levélhossz	mm
I	az intercepció	mm
K	a növényvel fedett állományterület	m ²
k	szorzó, a boritottság arányszáma	
l,(i)	a levélszélesség	mm
n,m	esetszám	
P, P _t /	az állományon kívül mérhető/tényleges/ csapadék	mm
P _a	a keresztülhullás	mm
P _A	az állománycsapadék	mm
P _C	a növényekről csepegő vízmennyiség	mm
P _l	a száron lefolyó vízmennyiség	mm
P _p	a szabad áthullás	mm
p	a szabad áthullási együttható	
PE	a potenciális evapotranspiráció	mm
r	a diffúziós ellenállás	sm ⁻¹
R	a csapadékintenzitás	mm/h
S	a csapadékfelfogó, vagy csapadéktároló kapacitás	mm
T	a hőmérséklet	°C
TR	a transpiráció	mm



t	a csapadék időtartama	h
V	a szélesség	km/h
v	az evapotranspirométer visszafolyása	mm
w	a vízszintmagasság az evapotranspirométerben	mm

ELŐSZÓ

Az MTA által kimutatott mezőgazdasági potenciál a jelenlegi termés hozamok másfél, kétszeresére való növelését teszi lehetővé Magyarországon.

A terméseredmények növelését nagyrészt az öntözött területek bővítésével, illetve célszerűbb öntözéssel kell elérni, mert gazdasági és környezetvédelmi okok miatt nem kívánatos a műtrágyázás szintjének emelése. Az öntözés viszont élőmunkaigényes, megfelelő költséges technikai berendezéseket is megkövetelő eljárás, ezért egyre kevésbé nélkülözheti a célszerű és gazdaságos üzemeltetést.

A gazdaságos öntözés sokféle tényezőtől függ, amelyek pontos és részletes feltárása még sokirányú tudományos kutatások feledata. Bővithető ismereteink közé sorolhatjuk az intercepciós jelenségek részletesebb tanulmányozását. A permetező, továbbá a frissítő öntözésnél szükséges az intercepciós veszteségek ismerete. Általában nem mérik, és így nem veszik figyelembe az intercepciót a természetett növények vízháztartásának számításánál, valamint az öntözési normák megállapításánál sem. Ez az elhanyagolás, érthető módon különböző tévedésekre, illetve téves következtetésekre vezethet. Ha pedig a hidrológiai körfolyamatban az intercepciót is tárgyalják, leginkább csak az erdő kerül szóba,

mint csapadékvisszatartó növényállomány. A többi állományt, - így a mezőgazdaságban termesztett növényeket is elhanyagolják. Figyelemre méltó lenne pedig az a tény, hogy például a tölgyesek 3,4-5,2 közötti levélterületindexe/SZŐNYI 1967/ nem nagyobb, mint egy átlagos kukoricaállományé, és ebből következően a csapadéktároló kapacitásuk is lehet hasonló.

Jelen disszertációval kettős célunk volt. Mint-hogy Magyarországon eddig összefoglaló munka nem jelent meg az intercepcióról, egyrészt ezt a hiányt kíséreltük meg szerény mértékig enyhíteni. Másrészt tisztázni kívántuk azt az alapkérdést, hogy a levélen és a száron felfogott vízmennyiséget érdemes-e számításba venni a mezőgazdaságban termesztett növények vízháztartásában.

Az intercepcióval kapcsolatos általános ismereteket csak olyan mélységig foglaljuk össze, hogy vezérfontalat adjunk a légyszárú növények intercepciójának megértéséhez. Bár az intercepció kutatása alapvetően az erdő hidrológiái és meteorológiai viszonyainak vizsgálatából indult ki, az erdő intercepcióját csak érintjük, általában olyankor, ha a szóbanforgó téma ezt megköveteli, vagy ha párhuzamba állítjuk a légyszárú állományokkal.

Az intercepció nemcsak az erdőben /főként az örökzöld állományokban/, hanem bizonyos mértékig a légyszárú növényeknél is egész évben tartó folyamat. Gondolunk itt

elsősorban a többé-kevésbé fagytűrő pázsitfű-félékre/Grami-
neae/, kiemelve ezek közül is azokat, melyek kiszáradva
gyakran télen is a termőhelyen maradnak/nád, kukorica/. Ezek
az erdőhöz hasonlóan, -bár kisebb mértékben- részt vesznek
a hó intercepcióban. A disszertációban azonban csak a vege-
tációs időszak intercepciójával foglalkozunk, és méréseink
is erre az időszakra korlátozódnak. Intercepció méréseket
csak néhány lágyszárú növényfajjal végeztünk, némelyikkel
inkább csak kísérleti jelleggel. Adataink ezért csak rövid
időszakot ölelnek fel, - eltekintve a nádtól - melynél több-
éves mérési sorozattal rendelkezünk.

1. BEVEZETÉS

Az intercepciót magyarra az elfogás, felfogás szóval szokták fordítani, de azok más fogalmakat is jelölnek, ezért talán célszerűbb az idegen kifejezést használni. Az angol nyelvű szakirodalomban a csapadék intercepció mellett elvétve olvashatunk sugárzás, sőt szilárd részecskék /por, pollen/ intercepciójáról is. Az intercepció szó többértelműségének tulajdonítható, hogy eleinte gyakrabban használták a csapadék intercepció kifejezést. Napjainkban a csapadék jelzőt többnyire elhagyják, és intercepciónak a csapadék intercepcióját nevezik.

Általában intercepción a csapadék, vagy az öntözőviz intercepcióját, azaz azt a vízmennyiséget értik, amit a növényállomány felfog és nem jut le a talajfelszínre, hanem az állomány felszínéről közvetlenül elpárolog/HORTON 1919/. Pontosabban ezt az elpárolgó csapadékhányadot intercepciós veszteségnek hívjuk. Van egy másik, tágabb értelmezés is, /Hamilton-Rowe 1949 (ZINKE 1967) /, amely szerint az intercepció maga a folyamat, melyben az állományra hulló csapadék egy része fennmarad a növényeken, más része lecsepeg, vagy lefolyik a száron. Miután végeredményben az utóbbiak is a talaj vízbevitelét növelik, ez kevésbé pontos értelmezés, de a gyakorlatban külön mérhető mennyiségek. Az intercepció folyamatában jelentőséggel bír, hogy a növény-

társulások, - főként az erdők - tulajdonképpen állományrendszereket alkotnak, melyek több fokozatban fogják föl a csapadékot. Ennek utolsó lépcsőjét a talajt borító elhalt növényi részek alkotják. Az állományrendszerek által megosztott csapadék sokféle útja, és az hogy a csapadékkomponensek - így az intercepció is - végső soron mennyire jelentenek veszteséget, vagy nyereséget a növények vízháztartásában, hosszú idő óta folyó kutatások tárgyát képezi.

E kutatásokkal kapcsolatban változatos terminológiák alakultak ki a nemzetközi szakirodalomban. Ezek közül néhánynak megkíséreltünk megfelelő magyar kifejezést találni olyan módon, hogy a magyar megfelelő is fedje a fogalom fizikai lényegét. Más részükkel nem foglalkozunk, mert a dolgozat keretein kívül állnak. Az áltlunk is használt terminológiákat a megfelelő fejezetben definiáljuk.

Az előszóban kifejtett célkitűzések szem előtt tartásával, először az intercepcióval kapcsolatos néhány általános kérdéssel foglalkozunk, majd a téma gyakorlati jelentőségét hangsúlyozva, néhány lágyszárú növény intercepcióját, és meghatározásának lehetőségeit ismertetjük.

1.1 Az intercepció-kutatások történeti áttekintése.

Az első közlemények az intercepcióval kapcsolatban a múlt század végén jelentek meg az erdészeti szakirodalomban. Az első összefoglaló munkában HORTON/1919/, a különféle, erdőalkotó fafajok, aljnövényzet, sőt néhány mezőgazdasági növény intercepciójával is foglalkozott. Horton irányadó munkája nyomán a kutatás és a publikációs tevékenység kibővült. Az intercepciónak ma már kiterjedt irodalma van. E közlemények mérési anyaga azonban mind a mai napig, - viszonylag kevés kivételtől eltekintve - erdőállományból származik. Napjainkig az intercepcióról megjelent közlemények sokoldalúan és részletesen elemezték a csapadék és az intercepció viszonyát. A vizsgálatok eredményeként általában azt adták meg, hogy a különféle fafajok valamely időszakra /tenyészidő, év, stb./ vonatkozó csapadéknak hány százalékát tartják vissza.

Több ilyen mérési eredményt közöl ZINKE/1967/, az amerikai intercepciókutatásokat összefoglaló tanulmányában. Ezekből mutat be néhány jellemző, közepes adatot az I. táblázat. A csapadék százalékában kifejezett intercepció így általánosságban meglehetősen durva közelítést ad, mert az állomány morfológiai sajátosságai, így a felfogófelület nagysága, az állomány kora, sűrűsége alapvetően meghatározza az intercepciót, és ezek változása jelentős intercepció-különbsé-

geket eredményez. Erre vonatkozó adatokat is ^Simerttet Zinke.

I. táblázat. Néhány erdőalkotó fa intercepciója a csapadék százalékában.

Fenyő/Pseudotsuga/ éves intercepció	20-34 %
nyári félév	30-51 %
Tölgy/Quercus/	15 %
Bükk/Fagus/	24,7 %

Például, amíg egy húsz-harminc éves fenyőállomány intercepciója 35 százalék, a hatvan-nyolcvan évesé már 59 százalék. A

II. táblázat különböző sűrűségű állományok intercepcióját mutatja be.

II. táblázat. Az állomány alatt mérhető csapadék/ P_a /, az állományra érkező százalékában, különböző sűrűségű állományokban /a fa hektáronkénti térfogatával jellemezve/.

fatérfogat	69	47	24	12	m ³ /ha
P_a	69	80	85	86,5	%

Befolyásolja az intercepciót a csapadékmennyiség is. Erre vonatkozó adatokat mutatunk be a III. táblázatban.

III. táblázat. Az intercepció egy fenyőállományra/Pinus/ hulló csapadék százalékában.

P	0-1,3	1,3-12,7	12,7-25,4	25,4-33	34-50	mm
I	100	32	23	21	19	%

Az amerikaiakhoz hasonló intercepciók kutatásokat több helyen végeztek. Így megemlíthetjük például EITINGEN /1951/ szovjét,

GEIGER/1957/ német, SLAVIK/1965/ csehszlovák kutatók nevét, akik úgyszintén az erdő intercepcióját tanulmányozták.

Az intercepció matematikai megfogalmazása is fejlődésen ment át az idők folyamán. Kezdetben változatos alakban, különféle regressziós egyenletekkel fejezték ki, melyek olykor a fák törzsén lefolyó csapadékmennyiséget, vagy a párolgást is figyelembe vették. A különféle empirikus összefüggések felállítása, és néhány részletesebb fizikai, matematikai elemzés után [ZINKE/1967/, LEONARD/1967/], 1972-ben RUTTER és társai megalkottak egy komplex matematikai modellt. Ennek segítségével már többé-kevésbé valóságúen lehetett szimulálni a különféle meteorológiai tényezők összjátékaként kialakuló intercepciót - erdőállományban. Ezt követően több, lényegében a Rutter-modellen alapuló matematikai modellt dolgoztak ki.

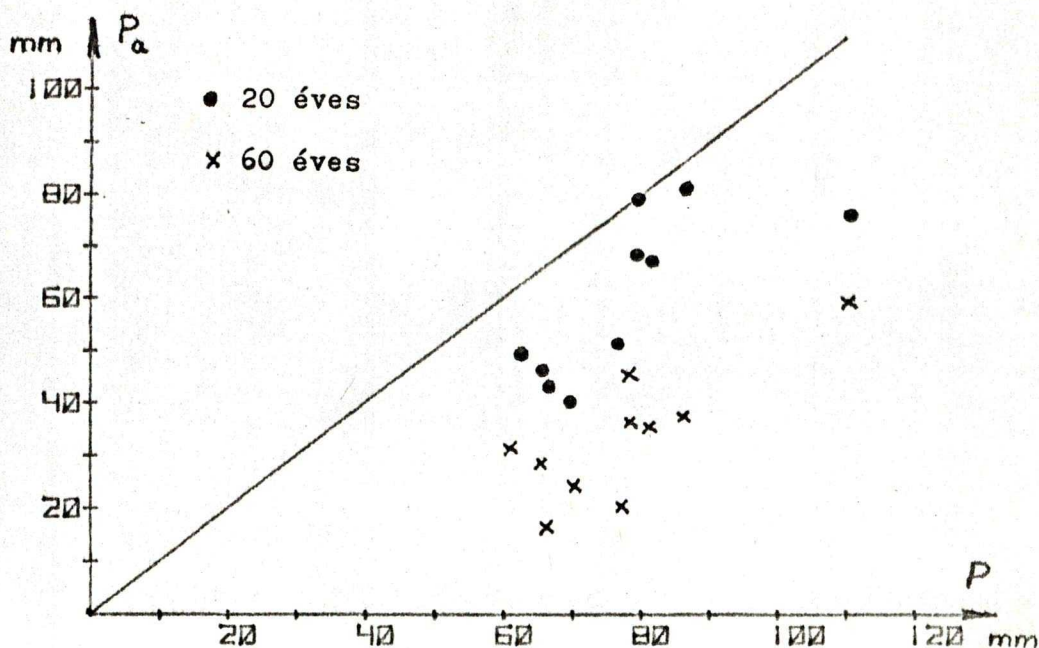
Az intercepcióval kapcsolatos elméleti kutatások napjainkra új irányt vettek. Az intercepciót nemcsak mint csapadékvesztéséget vizsgálják, hanem a növények vízfogyasztására gyakorolt hatását is. Ezt a kutatási irányzatot BURG-Y-POMEROY/1958/ alapozták meg laboratóriumi kísérletekkel, majd a kérdés kutatása egyre inkább előtérbe került /MONTEITH 1975, LARSSON 1984/.

A lágyszárú növények intercepciójáról alig található irodalom. Hörtont követően a kérdés kutatása

feledésbe merült, és csak az utóbbi időben kezdődött el újra/BURGY-POMEROY 1958, VINOGRADOV 1964/. A lágyszárú növények intercepcióját valószínűleg nem tartották jelentősnek, továbbá mérés technikai nehézségek is hátráltathatták a kutatását, mert erdőben sokkal egyszerűbb feladat a csapadék mérés, mint például egy búzaállományban.

Hazánkban az első, a maga idejében nemzetközi viszonylatban is úttörő jelentőségű publikáció Hortont megelőzve 1901-ben jelent meg. Szerzője Bencze Gergely m. kir. erdőtanácsos, a selmeczbányai akadémia rendes tanára volt. Anélkül, hogy e néven nevezné az intercepciót, az erdő és a csapadék kérdésének tanulmányozása során intercepció méréseket folytatott az erdő, és az erdőtalaj vízforgalmának meghatározásával kapcsolatban. A kisiblyei kísérleti telepen különböző korú lucfenyő állományba csapadékmérőket helyezett ki, és a törzsön lefolyó csapadékvizet is felfogta a törzsre erősített gallérokkal. Kimutatta, hogy az intercepció függ az állomány korától/1.ábra/. Felismerte, hogy állományban csapadékot csak nagy számú csapadékmérő felhasználásával lehet pontosan mérni. E költséges, továbbá idő és munkaigényes mérések helyett a kísérleti utat választotta. Valószínűleg a világon elsőként olyan készüléket állított össze, "mely által az eső csalódásig hűen nemcsak után-ozható, hanem tetszés szerint változtatható..."/BENCZE 1902/. Sajnos az előzetes közlemény után nem publikálta sem a ké-

szülék leírását, sem a további eredményeket.



1. ábra. A fák alatt mérhető csapadék/ P_a /, különböző korú lucfenyő állományokban, az állományra érkező csapadék/ P / függvényében [BENCZE 1901/adatai alapján].

Zárt helyiségben, tülevelű és lombos fákkal végzett előzetes kísérletei alapján a következő törvényszerűségeket határozta meg "1. A koronán átmenő esőmennyiség ennek intenzitásával mind abszolút/mm/, mind pedig reletiv%/ nagyobbodik.

2. Az ágakon és a törzsön leszivárgó víz mennyisége az eső intenzitás abszolút mértékével nő, ellenben reletive fogy. 3. Az elpárolgó víz is a 2. pont alatti törvényszerűséget mutatja."

A kísérlet táblázatban közölt adataiból hozzávetőlegesen kiolvasható néhány fafaj víztároló kapacitása/ 87.old./ . Ben-
czét követően hazánkban az intercepcióval hosszú ideig nem
foglalkoztak, és az utóbbi évekig nem is jelent meg e témá-
ban közlemény.

KESSLER/1956/, FEKETE/1957/, SZÓNYI/1967/, LÁSZLÓFFY/1959/
egy-két mondat terjedelemben csak emliti az erdő vizgazdál-
kodásával kapcsolatban. HAZSLINSZKY/1976/ már a hidrológi-
ai körfolyamat lényeges elemeként ír róla az erdő hidroló-
giáját tárgyalva. Alapvető tévedése azonban, hogy az inter-
cepciót azonosítja az evaporációval.

" Az intercepció meghatározását célzó csapadék-
méréseket az utóbbi években WÁGNER/1957/ végzett szabványos
csapadékmérővel a Bükk-fennsík/Hosszúbérc/. Három év
/1953-55/ május-augusztusi időszakában bükkösben 7-10 száza-
lékkal kevesebb csapadékot mért. Az erdőszegélyen, a lombko-
rona peremén különböző intenzitású esők alkalmával 20 száza-
lékkal több csapadékot fogott föl, mint az erdő belsejében,
a koronáról csurgó esővíz miatt. Ezt a csapadéktöbbletet ame-
rikai mérések is kimutatták/ZINKE 1967/.

Méréstechnikailag megalapozottabb intercepci-
ómérések a nemzetközi biológiai program keretében kezdőd-
tek Ujszentmargitán 1971-72-ben /NAGY 1974/, Jelenleg Sik-
főkúton folyik adatgyűjtés egy komplex ökoszisztéma vizsgá-
lat keretében az erdő vízforgalmáról is. A csapadékmérésen

kívül a fák törzsén lefolyó vízmennyiséget is felfogják műanyaghab gallér segítségével. NAGY/1974/ a síkfőkúti ötven évnél idősebb tölgyesben három szabványos csapadékmérő adatait átlagolva számította ki az intercepciót. Mérései szerint 1971 tenyészidőszakában átlagosan 23 százalék volt az intercepció. Kimutatta, hogy abban az esetben ha a csapadék 2,5 mm-nél kevesebb volt, az intercepció ennek 50 százalékát is elérte. A fák alatt mérhető/ P_a /, és a szabad terület csapadéka/ P / között a következő összefüggést találta:

$$P_a = 0,9P - 0,74.$$

Az intercepció elméletével és számítási lehetőségeivel kapcsolatban néhány kérdést KOVÁCS/1974/ ismertetett résztémaként egy nagyobb terjedelmű összefoglalójában. Ebben lényegében a Rutter-modell alapján kifejtett intercepció függvényre keres matematikai megoldásokat. Ezzel a 2. fejezetben részletesebben is foglalkozunk.

A lágyszárú növények intercepciójáról a Fertő tó vízháztartásának kutatásához kapcsolódva jelent meg először közlemény hazánkban/WALKOVSKY 1974/. A nádas vízforgalmát kutatva intercepció méréseket végeztünk nádasba kihelyezett evapotranszirométerekkel. Meghatároztuk az evapotranszirométer, illetve a nádas vízforgalmának egyéb összetevőit is, az evapotranspirációt, a transpirációt, és az evaporációt is. A mérési módszereket és az eredményeket a disszertációban ismertetjük.

2. AZ INTERCEPCIÓ ELMÉLETE

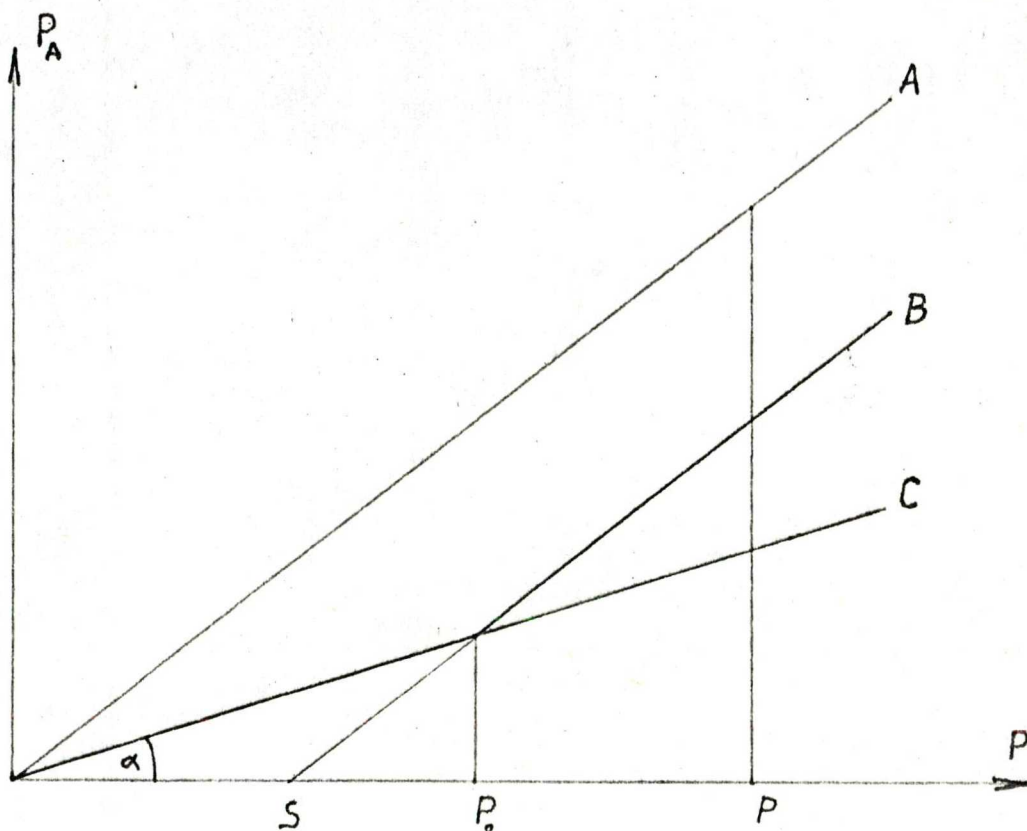
A növényállományban a csapadékot nem lehet egyszerű tényezőnek tekinteni, hanem több tényezős csapadékmérleget kell értelmezni. Az intercepció a csapadékmérleg egyik tagja. A csapadékmérleget, és így az intercepciós tagot felírhatjuk egy zápor esetre, vagy valamilyen hosszabb időszakra pl. dekád, hónap, stb. Az előbbi úton inkább a folyamatok fizikai mechanizmusát tudjuk szemléltetni, az utóbbi pedig a statisztikai jellemzést szolgálja.

Az intercepció legismertebb elméleti modelljét RUTTER-KERSHAW-ROBINS-MORTON(1971/1972) fogalmazta meg kb. tíz évvel ezelőtt. Voltaképpen egy előrejelzési modellről van szó, amely azt célozza, hogy megfelelő külső feltételek /növényi és meteorológiai/ ismeretében az intercepciós veszteséget kiszámíthassuk. A szakirodalomban ennek a modellnek az ismertetése és többféle alkalmazása sokfelé megtalálható. Itt először egy olyan modellt ismertetünk, ami egy zápor esetre van értelmezve.

2.1 Az intercepció egy elkülönült csapadékesetben

A folyamat lehetséges határeseteit a 2.ábrán mutatjuk be/BRINGFELT-HÄRSMAR 1974/. Ezen az A egyenes az a szélsőséges eset, amikor még nincs növényállomány, ekkor $P_A = P$. A másik határesetben az állomány teljesen zárt /ilyen pl. a kifejlett oukorrépa állomány/.

Ha feltételezzük, hogy ebben az esetben egy P_0 csapadékérték után a növényekről csak azután indul meg a lefolyás a talajra, ha előbb megtelik a teljes csapadékfelfogó kapacitásuk/S/, akkor ennek befejeződése után a B egyenes jellemzi a kapcsolatot: $P_A = P - S$.



2. ábra. Az állomány alatt mérhető P_A , és az állományra érkező P csapadék összefüggésének néhány esete.

Csapadékfelfogó kapacitáson azt a maximális vízmennyiséget értjük, ami a növényállomány felületén meg képes tapadni.

Közelítő értéke meghatározható pl. a vízbe bemártott

és a száraz felszínű növény tömegkülönbségéből.

A növények azonban nem alkotnak annyira zárt állományt, hogy teljesen eltakarják a talajt, ezért a csapadék egy része a csupasz talajra is hullik. A csapadéknak ezt a hányadát hívjuk direkt, vagy szabad áthullásnak. A talajfelszint ennél nagyobb csapadékhányad éri el, mert a növényekre hullott csapadék egy része lecsepeg, vagy a növény szárán lefolyik. Ez a három komponens együtt alkotja - a növényállományok területén - a talajfelszín csapadékbevételét. Jobb elnevezés híján, e három csapadékkomponens összegét nevezzük állománycsapadéknak/ P_A /.

Egy nem teljesen zárt állományban - ha továbbra is azt feltételezzük, hogy az eső kezdete után csak akkor indulhat meg az állományban a lecsepegés, illetve a lefolyás, ha a növények felszíne már a csapadékfelfogó kapacitásig benedvesedett, - a feltöltődést megelőző szakaszban a P_0 csapadékhatárig a C egyenes szerinti összefüggés érvényes:

$$P_A = pP \quad /1/$$

A p a szabad áthullási együttható. Magától értetődik, hogy e egy dimenzió nélküli arányszám, amely az állomány területén a növények által nem borított, tehát a szabad terület hányadát fejezi ki. Kiegészítője a boritottság arányszáma/ k /; nyilvánvaló, hogy $p + k = 1$. Az eső későbbi szakaszában, amikor $P > P_0$, a B egyenes szerinti összefüggés érvényes,

$$P_A = pP + k/P - P_0 = P - kP_0 \quad /2/$$

Az $S = kP_0$ a csapadéktároló kapacitás. Ez a csapadékhányad teljes egészében elpárolog a növényállomány felszínéről, ha elegendő idő áll rendelkezésére. A növényeken megtapadó csapadék, másszóval az intercepciós veszteség /1/ az első szakaszban az /1/ behelyettesítésével

$$I = P - P_A = kP, \text{ ha } P \leq P_0 \quad /3/$$

a második szakaszban a /2/ egyenletből:

$$I = P - P_A = kP_0, \text{ ha } P > P_0. \quad /4/$$

Az I csapadékmennyiség P_0 csapadékhatárig egyenlő a növényvel borított területre hulló csapadékkal, maximuma pedig az állomány S csapadékfelfogó kapacitása.

Az A, B, C egyenesek az összefüggés egy-egy típusát jellemzik megfelelő rögzített feltételek mellett. A valóságban már a csapadékfelfogó kapacitás feltöltődése előtt megindulhat a levelekről a csepegés, vagy a száron a lefolyás. A szél, sebességétől függő mértékben lerázza a vízcseppeket a növényről, ezzel növeli a P_A értéket. A különféle állású leveleken több-kevesebb vízcsepp marad fenn. A víz megtapadását a levél adszorpciós képessége is befolyásolja. A fiatal leveleken a viaszbevonat sértetlen és tiszta, a víz könnyen leperereg róluik. A tenyészidőszak folyamán por, vegyszer rakódik a levelekre, így

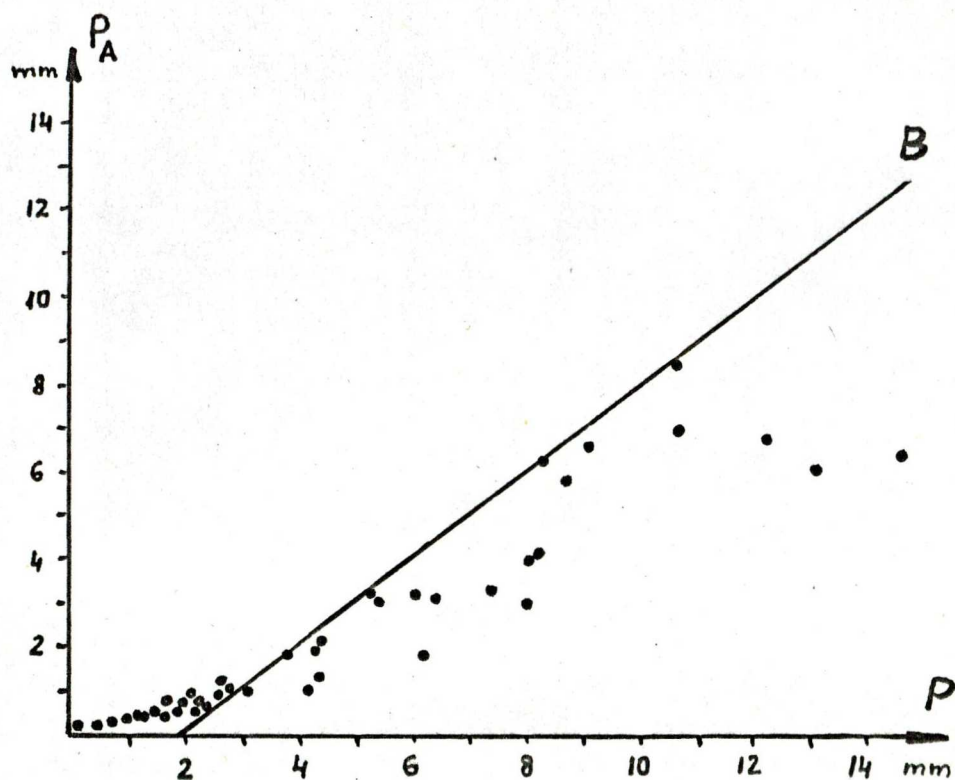
az adszorpciós képességük nagyobb lesz. Az adszorpcióra a csapadékvíz kémiai tisztasága is hatással van: a szennyeződés megváltoztatja a víz felületi feszültségét.

Míndezek következményeként az intercepció folyamatát közelítőleg egy D típusú görbeséreggel lehet leírni/KOVÁCS 1974/. A görbék kezdőpontja az origó, és a B egyeneshez aszimptotikusan közelednek. Ezek az elméleti görbemekoldások P_0 csapadékhatár fölött már nem alkalmazhatók/2.11 pont/.

2.11 A felfogott vízmennyiség párolgása a csapadékhullás közben

Lucfenyő állományban végzett mérések/3.ábra/ azt mutatják, hogy a csapadéktároló kapacitást /itt körülbelül 1,9 mm/ meghaladó esőnél a mérési pontok a B egyenestől jobbra helyezkednek el. Ebből következik, hogy a D görbe a P_0 csapadékhatár fölött valahol metszi a B egyenest. Az egyenestől jobbra lévő pontok y tengely irányú szórása Robins /RUTTER-KERSHAW-ROBINS-MORTON 1972/ és LEYTON/1967/ szerint is a nedves növényfelszín párolgásának következménye. A csapadék növekedésével a szórás egyre nagyobb, ami arra mutat, hogy ez a párolgás jelentős mennyiséget érhet el. A pontokra illeszthető felső burkoló, egy görbe és egy egyenes szakaszra bontható. A görbe szakasz éppen amiatt alakul ki, hogy a csapadéktároló kapacitás teljes feltöltődése előtt már víz kerül a talajra.

A B egyenes szakasz mentén elhelyezkedő pontok által reprezentált csapadék esetekben a tároló kapacitás folyamatosan telitődik.



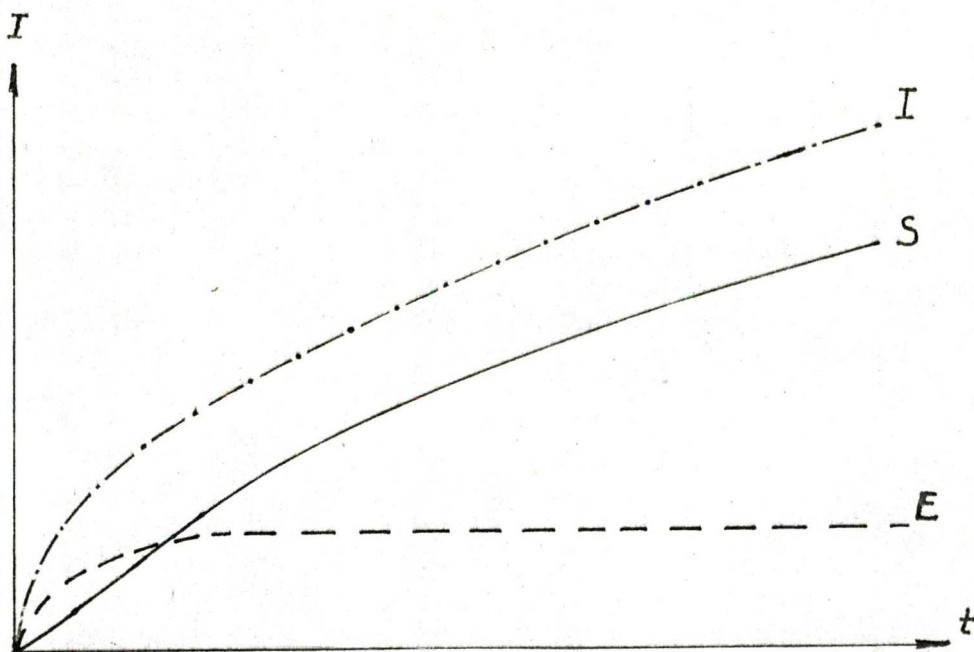
3.ábra. Összefüggés egy 22 éves lucfenyő állomány alatt P_A /, és az állományra érkező csapadék között /LEYTON 1967/.

A B egyenes egy feltételezett nulla keresztülhullásnál /teljesen zárt állomány/ az x tengelyből kimetszi a csapadéktároló kapacitás értékét.

Kis P_A érték arra utal, hogy a csapadék csökkent intenzitású volt, vagy szünetekkel hullott, melyek közben a

tároló kapacitás részlegesen, vagy teljesen akár többször is kiürülhetett a párolgás következtében Robins/RUTTER-KERSHAW-ROBINS-MORTON 1972/. Azokban az esetekben ahol a P_A érték magas, illetve eléri a B egyenest, a csapadék zápor jellegű volt, vagy folyamatosan hullott.

E párolgás figyelembevételével tehát az intercepció a csapadékhullás időtartama alatt a növényfelületről elpárolgó, valamint a csapadék után a növény felületén fennmaradó vízmenyiség összege. Egy átlagos nyári zápor folyamán elméletileg a 4.ábrán látható módon zajlik a folyamat/LEONARD 1967/.



4.ábra. Az intercepció feltételezett folyamata/LEONARD 1967/.



A csapadéktárolást kezdetben csak az állományfelszínről intenzíven végbemenő párolgás korlátozza, mivel magas a hőmérséklet és nagy a diffúzió sebessége. A növény által felfogott víz mennyisége csak viszonylag lassan növekszik. A csökkenő sugárzás hatására, továbbá a párolgás miatt bekövetkezett hőelvonás eredményeként fokozatosan lehül az állomány és a levegő. Ennek következményeként már a párolgáshoz szükséges energia lesz a minimum tényező: a párolgás sebessége egyre csökken, majd állandósul. Amint a csapadékfelfogó kapacitás feltöltődik, az intercepciót csak a csapadékhullás közben elpárolgó vízmennyiség növeli.

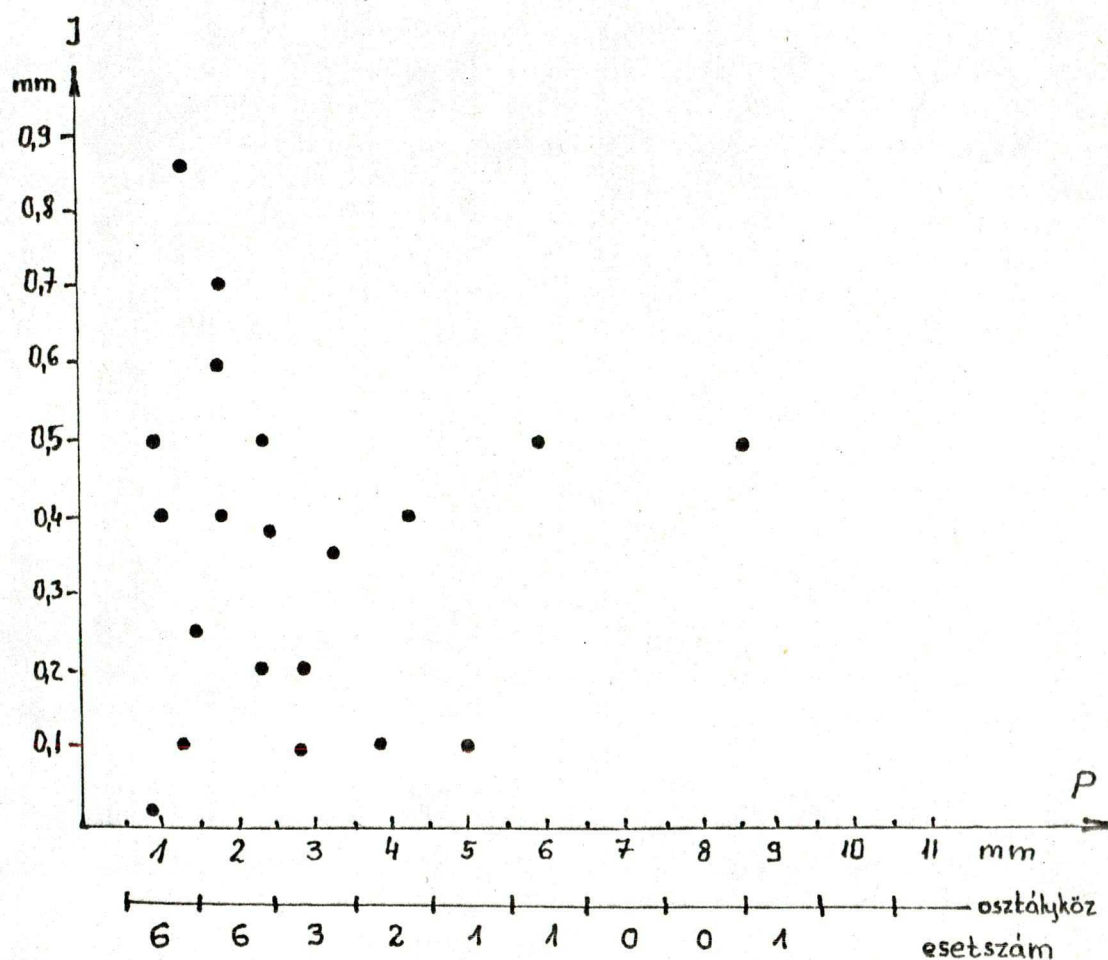
Leonard hipotéziséből következik, hogy ez a párolgás a megszakitásokkal hulló, ill. csekély mennyiségű csapadéknál jelentősebb, mint hosszantartó, és intenzív eső esetében. Ezt saját méréseinkkel is kimutattuk.

Azt, hogy csökkenő csapadékmennyiségnél a párolgás egyre jelentékenyebb hányadát teszi ki az intercepciónak, a nádállományban mért adataink alapján mutatjuk be. A vizsgálathoz azokat az eseteket válogattuk ki, melyeknél az intercepció meghaladta a csapadéktároló kapacitást. A nádas csapadéktároló kapacitásának változását a 10. ábrán bemutatott adatok alapján vettük figyelembe, havi átlagértékeket számítva. Az 5. ábrán a csapadéktároló kapacitáson felüli intercepció mennyiségeket ábrázoltuk a csapadék függvényében. A rendelkezésre álló kevés adat ellenére az ábra alapján a

következőket rögzíthetjük:

- minél kisebb a csapadék, annál jelentősebb mértékben haladja meg az intercepció a csapadéktároló kapacitást.

- másrészt, kisebb csapadéknál ez gyakrabban fordul elő. /A vízszintes tengely alatt 1 mm-es osztályközökben láthatók az esetszámok/.

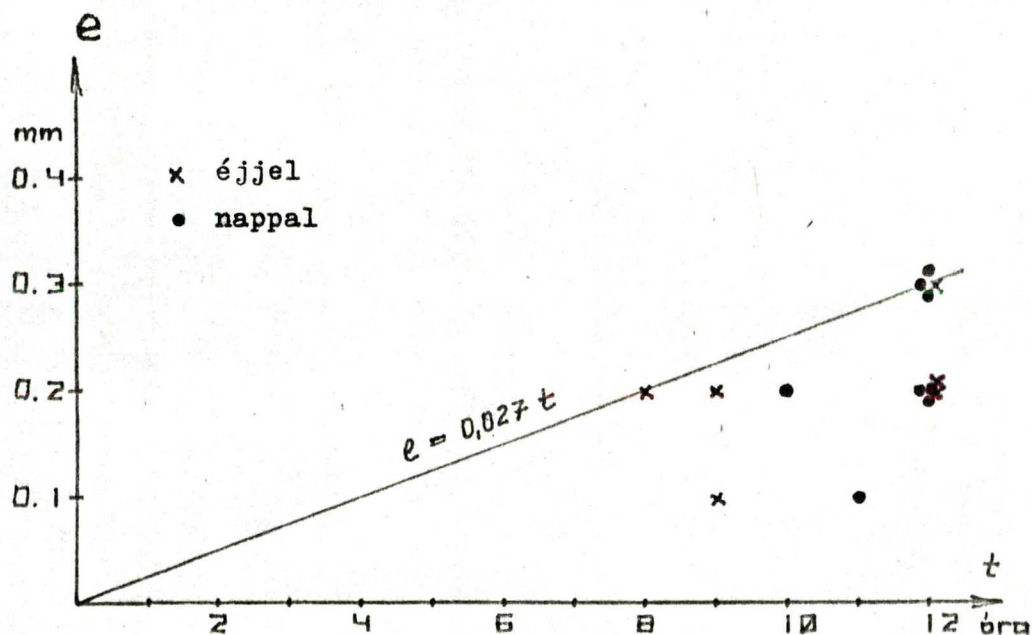


5.ábra. A csapadéktároló kapacitáson felül elpárolgó vízmenyiség összefüggése a csapadékmennyiséggel. Fertő tó 1973-79.

Következésképpen elmondhatjuk, hogy minél kevesebb, vagy minél rövidebb ideig tart az eső, annál nagyobb része párolog

el a tárolókapacitáson felül is.

Közvetett bizonyítékként megkíséreltük mérni a hosszantartó csapadék közben a párolgást. A talajfelszínre állított hőmérőházba helyeztünk ki egy Wild párolgásmérőt, és feltételeztük, hogy abból csapadék idején közelítőleg ugyanannyi víz párolog, mint a nedves növényállományról. A 6. ábrán látható összefüggéshez három év mérési anyagából tizennégy olyan csapadékos napot sikerült kiválasztani, amikor a csapadék 10-12 óráan át folyamatosan hullott, így kapcsolatba lehetett hozni a Wild párolgásmérő 7, és 19 órákor leolvasott értékeivel.



6. ábra. A Wild párolgásmérő adatainak összefüggése a csapadék időtartamával. Szarvas, 1977-79. III.-X. hó. A berajzolt egyenes a felső burkoló.

Gyenge szélességnél $v = 1-4 \text{ msec}^{-1}$ a párolgás csapadékos óránként átlagosan 0,01 mm, azaz több órás folyamatos csapadék alatt is elhanyagolhatóan csekély.

A két adatelemzés alapján kijelenthetjük, vagy legalább is nagy mértékben valószínűsíthetjük, hogy a csapadékhullás elején, illetve kis mennyiségű, és rövid ideig tartó csapadék esetében nagyobb a párolgás. Mivel a kis mennyiségű csapadék előfordulása gyakoribb, a csapadékhullás közben a párolgás jelentősen növelheti az intercepciót.

A párolgásnak tehát lényeges szerepe van, és a párolgás miatt az intercepció veszteség végösszege sokkal nagyobb lehet, mint az állomány tároló kapacitása.

2.2 Több, egymástól elkülöníthető csapadékeset intercepciója

LEYTON már 1967-ben azon a véleményen volt, hogy hosszabb időszakra írjuk le az intercepciót, akkor a számításnak tartalmaznia kell egy "frekvencia faktort" is, azaz annak folyamatos nyomon követését, hogy hosszabb ideig tartó csapadék alatt a tároló kapacitás hányszor ürül ki és töltődik újra a párolgás következtében. Rutter és társai a matematikai modelljükben /RUTTER et al.1972/ tulajdonképpen ezt számítják ki a párolgás időbeni integrálásával. A modell hátránya, hogy óránként mért meteorológiai adatokon alapul. A következőkben egy könnyebben kezelhető modellt ismertetünk, amely elméletileg hasonló a Rutter modellhez, azzal a különbséggel, hogy néhány egyszerűsítő feltételt alkalmaz.

Az intercepciót GASH/1979/ is úgy tekinti, mint az állományról a csapadék időtartama alatt elpárolgó, és a csapadékhullás befejeződése után a növény felületén megtapadó vízmennyiség/S/ összegét:

$$I = \int_0^t E dt + S \quad /5/$$

Az egyenletben a t időpontig tartó csapadék közben E sebességgel párolog a víz a nedves növényállományról. A párolgást két részre lehet bontani; a tároló kapacitás feltöltődése előtti, és utáni szakaszára:

$$I = \int_0^{t_0} E dt + \int_{t_0}^t E dt + S \quad /6/$$

ahol t_0 a tároló kapacitás feltöltődésének időpontja. Ha egy közepes párolgási sebességet definiálunk a teljesen benedvesedett növényre, akkor ez:

$$\bar{E} = \left[1 / (t - t_0) \right] \int_{t_0}^t E dt. \quad /7/$$

Hasonlóan a közepes csapadékkintenzitás $\bar{R} = \left[1 / (t - t_0) \right] \int_{t_0}^t R dt$, mellyel a csapadékmennyiséget a következőképpen fejezhetjük ki:

$$P - P_0 = \bar{R} (t - t_0) ; \quad /8/$$

ahol P_0 az a csapadékmennyiség, ami a tárolókapacitás feltöltéséhez szükséges. Ha feltételezzük, hogy a csapadéktároló kapacitás feltöltődéséig nem csöpög víz a talajra, $P_0 - t$ kifejezhetjük a szabad áthullási együtthatóval/ p /:

$$/1 - p - p_t / P_0 = S + \int_0^{t_0} E dt \quad /9/$$

p_t az a csapadékhányad, ami a száron lefolyva kerül a talajra. A /7/-et és /8/-at /6/-ba helyettesítve az intercepció

$$I = \int_0^{t_0} E dt + \left(\frac{\bar{E}}{\bar{R}}\right) (P - P_0) + S \quad /10/$$

A /9/ egyenletből kifejezve P_0 -t és a /10/-be helyettesítve:

$$I = \left(\frac{\bar{E}}{\bar{R}}\right) P + \left(S + \int_0^{t_0} E dt\right) \left[1 - \left(\frac{\bar{E}}{\bar{R}}\right) (1 - p - p_t)^{-1}\right] \quad /11/$$

Könnyen észrevehető, hogy a /11/ egyenlet megfelel egy $I = bP + a$ alakú regressziós egyenletnek, melyben az a és b koefficiensek a következők:

$$b = \frac{\bar{E}}{\bar{R}}, \text{ és } a = \left(S + \int_0^{t_0} E dt\right) \left[1 - \left(\frac{\bar{E}}{\bar{R}}\right) (1 - p - p_t)^{-1}\right].$$

A Gash modell a következő egyszerűsítő feltételek mellett alkalmas az intercepció leírására:

1. A csapadékos esetek halmazát jellemezni lehet olyan diszkrét csapadékokkal, amelyek között elegendően hosszú idő áll rendelkezésre ahhoz, hogy a benedvesedett állomány megszáradjon. Ebben az esetben a mindenkori csapadék és párolgás intenzitás helyett alkalmazni lehet az integrálásnál ezek középértékeit.

2. A növény benedvesedése idején lényegében hasonló meteorológiai viszonyok uralkodnak, mint a csapadék szünetében, azaz a közepes csapadék- és párolgás-intenzitás feltételei alkalmazhatók.

3. A csapadéktároló kapacitás feltöltődéséig gyakor-

latilag nincs csöpögés az állományról.

Számítógépes megoldáshoz n számú csapadékesetre felírva a modellt, célszerű több szakaszra bontani az intercepciós folyamatot.

a/ Párolgás a teljesen benedvesedett növényről.

Ha n számú olyan csapadékot veszünk figyelembe ami elég nagy ahhoz, hogy benedvesítse az állományt, és ezek között elegendően hosszú idő van a teljes száradásra, akkor a /6/ egyenletet n számú záporra alkalmazva a teljes intercepció:

$$\sum_{j=1}^n I_j = \sum_{j=1}^n \left[\int_0^{t_{oj}} E dt + \int_{t_{oj}}^{t_j} E dt \right] + nS \quad /12/$$

Az \bar{E} és az \bar{R} értékét is n esetre írva:

$$\bar{E} = \frac{\sum_{j=1}^n \int_{t_{oj}}^{t_j} E dt}{\sum_{j=1}^n /t_j - t_{oj}/}, \quad \text{valamint} \quad \bar{R} = \frac{\sum_{j=1}^n \int_{t_{oj}}^{t_j} R dt}{\sum_{j=1}^n /t_j - t_{oj}/},$$

$$\text{vagy} \quad \bar{R} = \frac{\sum_{j=1}^n /P_j - P_{oj}/}{\sum_{j=1}^n /t_j - t_{oj}/}; \quad \text{a /12/ egyenlet a következő alakba}$$

írható át:

$$\sum_{j=1}^n I_j = \sum_{j=1}^n \left[\int_0^{t_{oj}} E dt + \left(\frac{\bar{E}}{\bar{R}} \right) /P_j - P_{oj}/ \right] + nS \quad /13/$$

b/ Párolgás a csapadékfelfogó kapacitás feltöltődéséig.

Ez idő alatt az intercepciós veszteség a /9/ egyenletből: $\int_0^{t_o} E dt = /1-p-p_t/ P_o - S$. Felírva n esetre, a /13/

egyenletből:

$$\sum_{j=1}^n I_j = /1-p-p_t/ \sum_{j=1}^n P_{oj} + \left(\frac{\bar{E}}{R} \right) \sum_{j=1}^n /P_j - P_{oj}/ \quad /14/$$

Olyan kis csapadéknál, ami nem elegendő az állomány teljes benedvesítéséhez, az $I = /1-p-p_t/ P$. Ha ezek m számú esetben fordulnak elő, akkor a teljes intercepciós veszteség:

$$\sum_{j=1}^{n+m} I_j = /1-p-p_t/ \sum_{j=1}^n P_{oj} + \left(\frac{\bar{E}}{R} \right) \sum_{j=1}^n /P_j - P_{oj}/ + /1-p-p_t/ \sum_{j=1}^m P_j \quad /15/$$

3. AZ INTERCEPCIÓ MÉRÉSE

Korábban már említettük, hogy a növényvel borított felszínre hulló csapadékot az állomány megosztja; egy része a növényeken marad, a többi különböző utakon a talajra kerül. Az állomány felső leveleire nagy sebességgel becsapódó esőcseppek egy része kisebb cseppecskékre szóródik szét. Ezeket vagy más levelek fogják föl, vagy a talajra hullanak. A levél felületén ható adhéziós erők a levélfelszín anyagi minőségétől /szennyezettségétől/, korától, valamint a csapadékvíz kémiai összetételétől függenek és változó arányokban befolyásolják a víz megtapadását a levélen. Ennek megfelelően a levél felszínén folyadékfilm, vagy elkülönült cseppek alakulnak ki. A cseppnagyság, vagy a folyadékfilm vastagsága addig növekszik, amíg az adhéziós erők meghaladják a gravitációs erőt. Amint az utóbbi nagyobb lesz, a víz megfolyik és a levél szélén cseppekben gyűlik össze. Ezek mérete fokozatosan nő, majd az egyes cseppek lehullanak az alattuk lévő levélre, vagy a földre. A csapadék más része a növény szárán folyik le a talajra. A száron lefolyó víz/ P_1 / mennyisége leginkább a levelek hajlásszögétől/meredekségétől/ függ.

A csapadéknak ezeket a komponenseit általában külön-külön mérik. Attól függően hogy milyen részletesen illetve milyen módszerrel vizsgáljuk az intercepció folyamatát, egyre több tényezőt mérhetünk.

A pusztán tömegmérésen alapuló intercepció-meghatározástól, az intercepciót befolyásoló tényezők egyre részletesebb vizsgálatán át eljuthatunk olyan, a komplex matematikai modellhez szükséges mérésekhez, mely esetben már több tényező regisztrálása szükséges.

A továbbiakban megkíséreljük rendszerbe foglalni az intercepcióval kapcsolatos lényegesebb mérési eljárásokat. Az egyes módszerek tárgyalása során, - ahol ez lehetséges - párhuzamba állítva érzékeltetjük az eljárás használhatóságát az erdőalkotóknál, illetve a lágyszárú növényeknél.

3.1 Direkt módon, tömegméréssel.

Ennek a módszernek, - történjék a mérés akár laboratóriumban, akár szabadban, - az a jellemzője, hogy a növényekre tapadt vízmennyiséget a nedves és a száraz növény tömegének különbségéből kapjuk meg. Abban az esetben, ha mesterséges nedvesítést végzünk, tulajdonképpen csak a csapadéktároló kapacitást mérjük, mert a teljes intercepcióhoz a csapadék közben párolgó vízmennyiség is hozzátartozik. Tömegméréssel is csak szabadban, a természetes meteorológiai hatásoknak kitéve mérhetjük az intercepciót.

a/ A csapadéktároló kapacitás meghatározása.

A tömegmérés a csapadéktároló kapacitás meghatározásának általánosan elterjedt módszere. Erre alkalmas méretű növényeket mérlegre függesztve, meg lehet mérni a felületükre tapadt víz tömegét. Saját kutatásainknál is ezt a módszert alkalmaztuk /WALKOVSKY, 1979/. Egy 0,1 g érzékenységi laboratóriumi mérleget alakítottunk át a célnak megfelelően/7.ábra/. A növényeket a mérlegtányér helyére függesztettük föl, majd megmértük a tömegüket szárazon, és vízzel permetezés után. A teljesen benedvesített növényről csepegő víz szinte cseppenként mérhető.

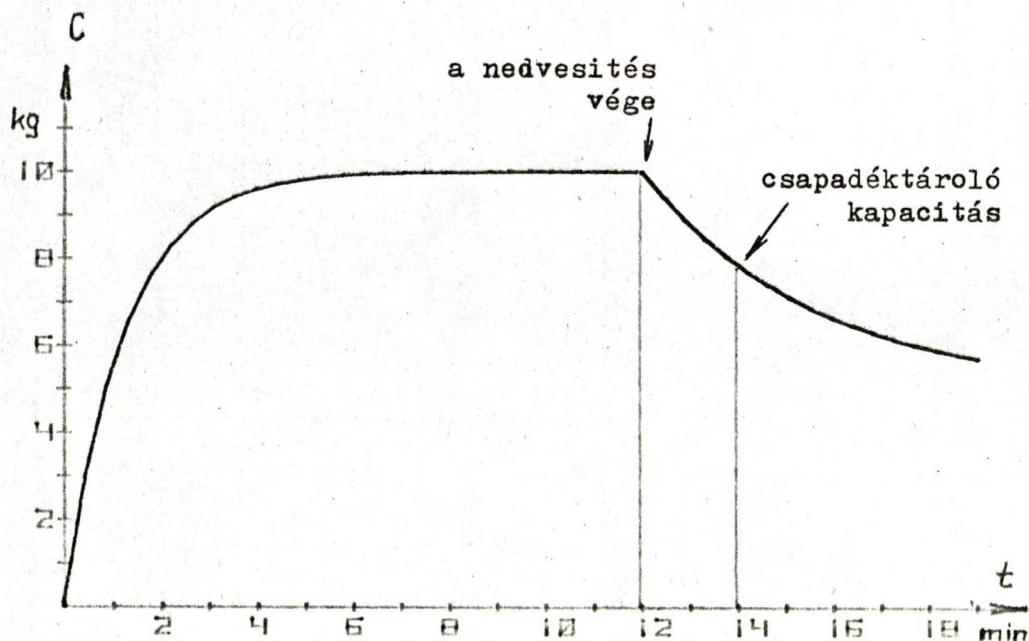




7. ábra. A csapadéktároló kapacitás mérése dohányon.

A csepegés és a párolgási veszteség miatt meglehetősen nehéz pontosan meghatározni azt a vízmennyiséget, amit csapadéktároló kapacitásnak nevezünk. A 8. ábra a növényen lévő vízmennyiséget mutatja egy mesterséges nedvesítés folyamán. Látható, hogy a nedvesítés befejezése után hosszabb ideig csöpög a víz a növényről. Ezért nem könnyű olyan objektív mutatót találni, ami kijelöli a csapadéktároló kapacitást. ASTON, /1979/ kis méretű fáknál a nedvesítés befejezése után két

perc elteltével mért tömeget tekintette víztároló kapacitásnak.



8. ábra. A növényen fennmaradó vízmennyiség változása mesterséges nedvesítéskor /ASTON, 1979/.

Saját méréseink során akkor olvastuk le a mérlegállást, amikor már alig csepegett a víz, és a párolgási veszteség még elhanyagolható volt. Ez a nedvesítés után általában kb, egy perc múlva következett be. A VIII. táblázatban, - saját mérési adatokat is közölve megadjuk néhány növény csapadéktároló kapacitását. A méréseket a vegetációs időszakban többször megismételtük, így az általunk mért, egy m² levélterületre

megadott vízmennyiségek a tenyésztidő átlagában értendők. Ez azért lényeges, mert az a vízmennyiség ami megtapadhat a növényen, többféle tényezőtől függ. Így pl. a levélfelület adszorpciós képességétől, ami változik a tenyésztidőszak folyamán. A fiatal levelek tiszta viaszbevonatán kevesebb víz csepp tapad meg. Később por, pollen, vagy vegyszer rakódik a levelekre, és ez hatással van a vizadszorpcióra. A levélállástól függően is különböző vízmennyiség képes fennmaradni a leveleken. A fiatal levelek hegyesszögben állnak, csaknem az egész csapadékot a szárhoz vezetik. Az idősebb levelek vízszintesek, vagy lehajlók, ezekről már a lecsepegés erősebb /9. ábra/.

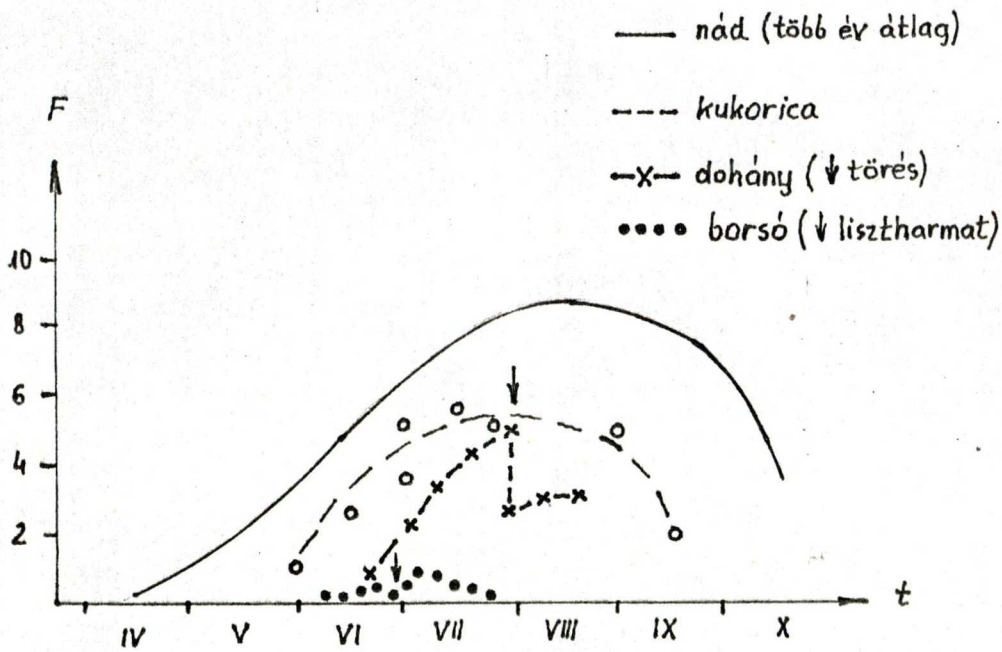
A mérlegelésnél kapott érték a növényfejlődésnek egy rögzített időpontjára vonatkozik. A tenyésztidőszak kezdetétől viszont folyamatosan nő a csapadéktároló kapacitást alapvetően meghatározó levélterület. Ennek következtében a csapadéktároló kapacitás a vetéstől a teljes kifejlődésig nulla, és valamilyen maximális érték között változik, amit a levélterület nagyságán kívül, az előzőekben említett egyéb tényezők is befolyásolnak. A VIII. táblázatban a saját méréseinknél kapott, egy m^2 levélre vonatkoztatott víztömegén kívül azt a levélterületindex értéket is feltüntettük, amely alapján a csapadéktároló kapacitást kiszámítottuk. A számításainkat egy példán mutatjuk be.



9. ábra. Különféle hajlásszögű levelek virágzó dohányállományban.

A dohány maximális levélterületindexe a 10. ábrán 4,5. A különböző korú dohányfajtákon 60-70 gr vízmennyiséget mértünk egy m² levélterületen. Ez 270-315 cm³, azaz 0,3 mm víz egy m² talajfelület fölött. Az irodalomban a levélterület tenyészedőszakbeli változásának hatását úgy érzékeltetik, hogy a csapadéktároló kapacitásra két határértéket adnak meg/pl. Perje/. Ugyanígy lehet érzékeltetni pl. a különböző állománysűrűségekre vonatkozó csapadéktároló kapacitást/kukorica/, vagy

a különböző fajtaikat/lombos fák/. Az általunk megadott értékek a levélterületindex maximális értéke alapján vannak kiszámítva. A levélterületindex meghatározásához mindig közepes méretű példányokat választottunk.



10. ábra. Néhány növény levélterületindexének változása a tenyészidőszak alatt.

A nedvesítést kézi permetezővel végeztük. A valóságos csapadékot jobban megközelíti, és kényelmesebb is a csapadékszimulátor használata/ASTON, 1979/. Ennek különösen lágyszárú növé-

nyeknél van jelentősége, melyeknél a kisebb méret lehetővé teszi a tenyészedénybe ültetett, vagy vizkultúrába telepített /BURGY,-POMEROY,1958/ állomány mérlegelését. Amíg ezt laboratóriumban végzik, ebben az esetben is csak a víztároló kapacitást mérik. Az állomány-vizsgálat előnyei legjobban szabadföldi méréseknél domborodnak ki.

b/ Tömegmérés szántóföldi körülmények között.

Ez tulajdonképpen egy közismert eljárás. Vízháztartás mérésnél régóta alkalmaznak növényállományba telepített lizimétereket. Ha ezek talaját például fóliatakarással védjük a csapadéktól, vagy az öntözőviztől/WAGGONER-BEGG-TURNER 1969/, meghatározhatjuk az intercepciót, ha a nedves tenyészedény tömegét a szárazon tartott kontroll tömegével hasonlítjuk össze. A módszerrel mérhető a víztároló kapacitás, és tanulmányozható az intercepció hatása a párolgásra. Az utóbbi mérésénél az oázis hatás kiküszöbölése érdekében a liziméter környezetében is nedvesíteni kell az állományt, ha öntözőviz intercepciót mérünk.

Mérlegelés helyett hidraulikus liziméter alkalmazása is elképzelhető. 1978 nyarán a keszthelyi Agrometeorológiai Kutató Állomáson üzemelő hidraulikus liziméterrel kísérleteket végeztünk abból a célból, hogy meghatározzuk a kukorica intercepcióját. A kukoricaállományba telepített liziméterbe egy szál kukorica volt ültetve. A kísérlet során fóliával takar-

tuk a liziméter talaját, majd vízzel permeteztük be a kukoricát. Az egy szál növényen fennmaradt csekély vízmennyiség kimutatására a hidraulikus liziméter nem volt elég érzékeny.

Valószínűnek látszik, hogy több, pl. négy szál kukorica már mérhető mennyiségű vizet fogna fel.

A szabadföldi mérések között új, és különleges eljárást dolgozott ki HANCOCK-CROWTHER/1979/, a fák ágain lévő pillanatnyi vízmennyiség in situ mérésére. A módszer lényegében tömegmérés. A faág a ráhullott csapadék hatására az eredeti helyzetéhez képest lehajlik. A lehajlás nagysága arányos az adott időpillanatban az ágon található víztömeggel. Technikaileg úgy oldották meg a lehajlás mérését, hogy egy konzolos elektronikus mérleg egyik végét az ághoz, a másikat az ág fölé a fatörzshöz erősítették. Az ág lehajlásakor a mérleg elmozdul. A mérleg elektronikus jelátalakítóját úgy tervezték meg, hogy az ágat mozgató szél ne zavarja a mérést. A készülékkel még folynak a kísérletek, melyek során fokozni kívánják a műszer érzékenységét és a mérési pontosságot.

3.2 Közvetett módszerek.

E módszereknek az a közös jellemzője, hogy a növényen megtapadó vízmennyiséget nem mérik, hanem az állományra érkező, és arról eltávozó víz mérése után maradéktanként kiszámítják.

3.21 Csapadékmérésre visszavezetve.

Az intercepció kiszámításának legrégebbi módszere, melynek során az állomány által megosztott csapadéknak a komponenseit mérik, és az intercepciót, mint a csapadékmérés egyik tagját, kiszámítják. Az állomány felszínére érkező csapadék/ P /, a következő egyenleggel fejezhető ki:

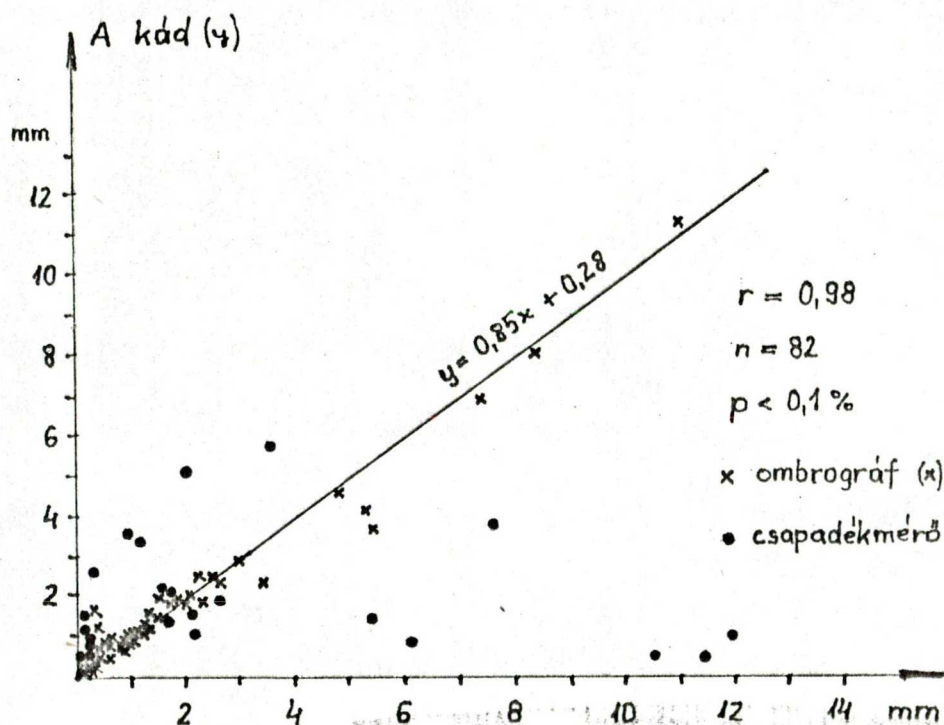
$$P = P_p + P_c + P_l + I \quad /16/$$

ahol P_p a szabad áthullás, P_l a szárlefoiyás, P_c az állományról lecsöpögő víz, és I az intercepció. A P_p és P_c tagot, - melyek összegét keresztülhullás/ P_a / nevezzük, - legtöbbször együtt mérik; erdőben általában szabványos csapadékmérővel. Elegendő számú csapadékmérő /ZINKE 1967/ elhelyezésével a mérések átlagában kiküszöbölődnek a különböző helyen mérhető a szabad áthullás, a csepegés, vagy a csurgás következtében előálló eltérések.

Lágyszárú növényeknél a kis méretek miatt körülményesebb a csapadékmérés, melynek egyik legnagyobb problémája a szárlefoiyás megbízható mérése. Sűrű állományban gyakran egyszerűbb az állomány alatt mérhető három csapadék-komponenst [állománycsapadék/ P_A] együtt mérni. A pontos csapadékmérés szabad területen sem egyszerű feladat. Ennek lehetőségeivel ezért külön foglalkozunk.

3.211 A csapadék mérése.

Az intercepció méréseink során/WALKOVSKY 1974, 1976/ többféle csapadékmérő eszközt alkalmaztunk: szabvány csapadékmérőt, ombrográfot, továbbá mechanikus párolgásregisztrálóval/KARÁCSONY-KOZMA 1973/ az A kád vízszintemelkedését is mértük. Az adatok összehasonlítása azt mutatta, hogy ezek különböző csapadéértékeket mérnek. Az eltérések nagysága a csapadék mennyiségétől, intenzitásától, és a szél sebességétől is függött.



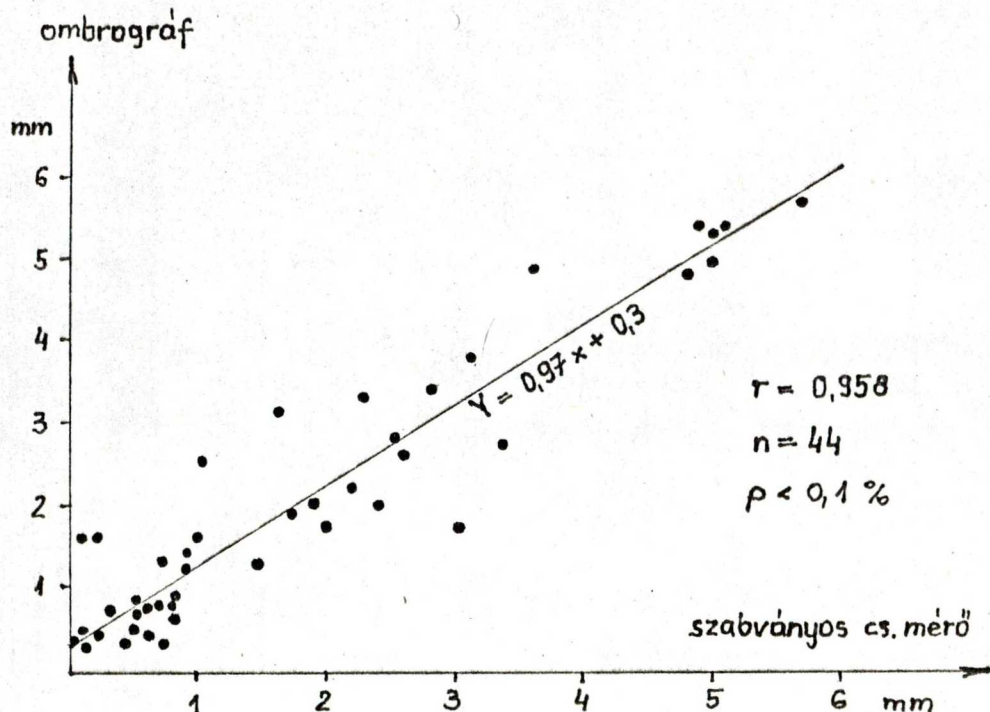
11.ábra. Összefüggés az A kád és az ombrográf; az A kád és a szabványos csapadékmérő adatai között. Fertő tó, 1973-79.

A 11. ábrán az A kádban regisztrált csapadékot/y/ hasonlítotuk össze az ombrográf/x/ és a szabványos csapadékmérő adataival. 3-4 mm alatt az esetek többségében az A káddal nagyobb csapadékot mértünk. Mialatt a szabványos csapadékmérő csak egy-két tizedmillimétert fogott föl, vagy még csapadéknymot sem, az A kádban gyakran több mint egy mm csapadékot regisztráltunk. Az A kád kis csapadéokra azért érzékenyebb, mert a behullott esőcseppeket a legkisebb veszteséggel érzékeli. Ezzel szemben méréseink szerint az ombrográfnak átlagosan 0,2 mm, a szabványos csapadékmérőnek közel 0,3 mm, hókereszttel 0,4 mm saját csapadékfelfogó kapacitása is van, azaz ennyi csapadék tapad meg a felületén.

A csapadékmérők saját intercepcióját úgy határoztuk meg, hogy század grammra bemért vízmennyiséget permeteztünk a csapadékmérőkbe. Ezt mm-be átszámítottuk, majd ebből az értékből levonva a csapadékmérőben található vízmennyiséget eredményül a csapadékmérő felületén megtapadt részt kaptuk. A mérési adatokat a IX. táblázatban közöljük.

A csapadékmérők saját intercepciója mellett véleményünk szerint az A kád azért is érzékenyebb mérőeszköz, mert a nagyobb felületével a ritkán hulló esőcseppekből nagyobb valószínűséggel vesz torzítatlan mintát, mint a jóval kisebb szabványos csapadékmérő. Ha nagy intenzitású eső esett, az A kádból kiverődött a víz kisebb-nagyobb mértékben, ezért az A kádban 2 mm csapadék fölött gyakran sokkal kevesebb csapadékot regisztráltunk, mint ombrográffal. Erre vonatkozó

méréseinket/WALKOVSKY 1976/ itt nem részletezzük.



12.ábra. Összefüggés az ombrográf és a szabványos csapadékmérő adatai között. Fertő tó 1974-75.

Az ombrográf és a szabványos csapadékmérő között is rendszeres különbséget tapasztaltunk/12.ábra/. Az ombrográf legtöbbször nagyobb csapadékot mért, mint a szabványos csapadékmérő. Az ábrán a regressziós egyenlet is azt mutatja, hogy a szabványos csapadékmérő saját intercepciója az ombrográfhoz viszonyítva nagyobb. Ezt két tényező hatásával lehet magyarázni: egyrészt azzal, hogy az ombrográfban magasabban van a felfogótölcsér, ezért kisebb felületen tapad meg az eső, másrészt a szabványos csapadékmérő nagyobb üre-

gében az ombrográfhoz viszonyítva jobban örvénylik a szél, és bizonyos csapadékmennyiséget kifúj belőle. Ezt látszik alátámasztani az a tény is, hogy a szélvédő gallérral körülvett szabványos csapadékmérő nagyobb csapadékot fog fel mint a kontroll/ERDŐS 1966/.

Az intercepció pontos értékének meghatározásához a tényleges csapadékot használtuk. Ez alatt azt a csapadékmennyiséget értjük, ami az említett három mérőeszköz adata közül mindig a legnagyobb érték. A ténylegesen lehulló csapadékot annak intenzitásától, a cseppek sűrűségétől, és a csapadékot kísérő szélről függően ezek a mérőeszközök nem egyformán érzékelik. Az A kád adatai akkor maximálisak, amikor kis intenzitással és ritkán hullanak a cseppek. Széllel járó zápornál az ombrográf adja a legnagyobb értéket. Ilyenkor az A kádból kiverődik a víz, a szabványos csapadékmérő pedig a szél miatt kevesebb csapadékot kap. A szabványos csapadékmérő adatokat meglehetősen ritkán, csak a másik két adatsorozatot pótlására használtuk fel.

3.212 A keresztülhullás/ P_g / mérése.

Erdőben általában a fák alá helyezett csapadékmérőkkel mérik, többnyire szabványos csapadékmérőt használnak. A fákról csepegő, vagy csurgó esőviz, továbbá a szabad keresztülhullás miatt az állomány alá tett csapadékmérőkkel mérhető csapadék nagy mértékben inhomogén. Ennek következtében növényfajtól függően, különböző számú csapadékmérő ad jellemző átlagértéket az állomány alatt mérhető csapadéokra.

Lágyszárú növények alá a szabványos csapadékmérő nem fér be. Ezeknél a növényeknél többféle méretű csapadékfelfogó edény, vagy az egészen kis méretűeknél változatos eljárások alkalmazásával lehetséges a csapadékmérés.

Például dohányállományban erre a célra a teljes sortávolságot átfogó, közel fél m² felületű, az öntözési kísérleteknél csapadékcsökkentésre használt edényeket alkalmaztunk. Hátrányuk azonban, hogy a csapadék befejeződése után rövid időn belül ki kell üríteni az edényeket, hogy a párolgási veszteség ne okozzon hibát. Kukoricaállományban 26-szor 20 cm méretű, a szabványos csapadékmérőkhöz hasonlóan zárt edényekkel mértünk. Ezeknél párolgási veszteség gyakorlatilag már nem volt.

3.213 A szárlefolvás mérése.

Ennek a csapadékkomponensnek a mérési módszere már régóta ismert. Erdőben a fák törzsére erősített fémgallérral, - melynek levezető csöve gyűjtőedénybe torkollik, - végzik a mérést/BENCZE 1902, HORTON 1919/. Ujabban műanyaghabot is alkalmaznak erre a célra [Likens-Eaton/NAGY1974/]. Ennek a megoldásnak előnye, hogy a hab jól kitölti a kéreg repedéseit, és az összes vizet felfogja. Az eljárás a fát is kiméli, mert nem kell felszögelni a felfogógallért. Hátránya, hogy idővel megrepedezik, ellentétben a fémgallérral, ami a fa növekedésével egyre mélyebben vágódik be a törzsbe és hézagmentesen szigetel.

Lágy szárú növényeken ennél nagyobb problémát okoz a szárlefolvás mérés. A kukorica és a dohány szárán lefolyó víz felfogására többféle eljárással kísérleteztünk. A 14 a ábra a felfogótölcsér egyik kísérleti, a 14 b ábra ennek tökéletesített, a gyakorlatban megfelelőnek bizonyult változatát mutatja be. A növény szár és a felfogógallér közötti rést szilikonos kittel, illetve bonovittal sikerült jól tömíteni. A kukoricánál, vagy a dohánynál kisebb méretű növényeknél a szárlefolvás elkülönített mérése nem célszerű, mert szinte megoldhatatlan nehézséget jelent olyan felfogófelület készítése ami nem zavarja az állományszerkezetet. Sokkal egyszerűbb megoldás az állományról a talajra kerülő csapadék-

komponenseket együtt mérni. E feladat megoldására különféle, többé-kevésbé bonyolult módszert lehet alkalmazni.



14.a.ábra. Kukorica szárán lefolyó csapadék felfogása fóliával.

3.214 Az állománycsapadék mérése.

Mint említettük, ennek az a jellegzetessége, hogy együtt mérjük a szárlefolyást, a csöpögést, és a szabad keresztülhullást. Kis méreteknél ez a módszer lényegesen egyszerűbb. Az intercepciót a mért adatokból az

$$I = P - P_A$$

formulával lehet számolni.



14.b ábra. A dohány szárán lefolyó csapadék mérése.

a/ Csapadékmérővel.

VINOGRADOV/1964/ szellemes megoldást alkalmazott a gyabonafélék intercepciójának méréséhez. A szabványos csapadékmérővel megegyező átmérőjű csövet nyomott az állomány talajába. A növény szárak közti teret ferde felszínű parafinréteggel öntötte ki, és az erről lefolyó vizet mérte.

Az eljárásnak nagy előnye, hogy nem zavarja meg az állomány-szerkezetet.

b/ Evapotranspirométerekkel.

Az állományról az evapotranspirométer talajába került vizet kompenzációs evapotranspirométerrel, visszafolyó vízként is meg lehet mérni. Ehhez az szükséges, hogy az evapotranspirométerben a talaj állandóan vízkapacitásig telített legyen. Csapadéknál ilyenkor azonnal megindul a visszafolyás. A méréshez két, azonos evapotranspirométer szükséges. Az egyikben a vizet jól tűrő növényállomány van, a másikban csupasz talaj. Az állományról visszafolyó vizet a csupasz kontroll visszafolyásához viszonyítva megkaphatjuk az intercepciót.

Az előzőekben vázolt elképzelésünk alapján a szarvasi Agrometeorológiai Obszervatóriumban üzemelő kompenzációs evapotranspirométerekkel megkíséreltük meghatározni a gyep/sportkeverék/ intercepcióját. Szarvason 1977 óta mérjük a gyep és a csupasz talaj potenciális evapotranspirációját két, egyenként négy m²-es evapotranspirométerben. Mindkettőben olyan magasra állítottuk be a vízszintet, hogy a talaj felszine állandóan nedvesen maradjon. Ekkor a füvel betelepített evapotranspirométer vízháztartását a következő egyenlet fejezi ki:

$$P - v_g + f_g - I - e_g = \Delta w_g \quad /17/$$

P a csapadék, v a visszafolyás, f a vízfogyasztás, I az intercepció, Δw a talaj vízkészletváltozása az evapotranspirométerben, e a párolgás, és g indexszel a fűves evapotranspirométerben mért adatokat jelöltük. Hasonlóan a csupaszon hagyott evapotranspirométerben:

$$P - v + f - e = \Delta w \quad /18/$$

Csapadék után, ha visszafolyás van, a talaj vízzel túltelített, de legalább is vízkapacitásig telített. Ilyenkor a $\Delta w = 0$, a párolgás mindkét evapotranspirométerben potenciális, és a visszafolyó víz mennyiségét csökkenti: $e_g = e$. Kivonva /17/-ből /18/-at, az

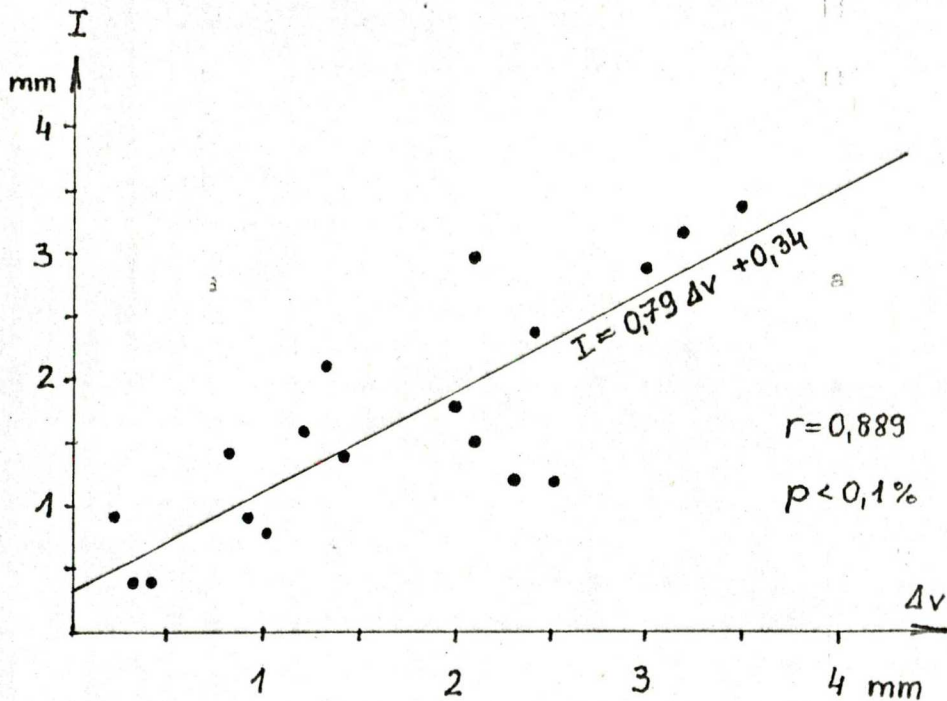
$$I = \frac{v - v_g}{-} - \frac{f - f_g}{-} \quad /19/$$

egyenletet kapjuk. Az intercepció tehát a két evapotranspirométer visszafolyáskülönbségével egyenlő, ha ebből levonjuk a vízfogyasztáskülönbséget. Az utóbbi, csapadék idején és után legtöbbször nulla, vagy nagyon kis érték.

Az evapotranspirométerben lévő talaj kapilláris vízemelő képessége meleg nyári napokon általában kevesebb, mint a párolgási veszteség. Ilyenkor a felső 1-2 cm-es talajréteg foltokban, vagy teljesen kiszárad, és csak

éjszaka nedvesedik át. Szélsőséges esetben akkor sem. Ezt a hibát kiküszöbölendő, csak olyan eseteket vettünk figyelembe, amikor a csapadék után azonnal megindult a visszafolyás mindkét evapotranszirométerből.

A 15. ábrán az intercepció és a visszafolyáskülönbség összefüggését ábrázoltuk. A legszorosabb kapcsolatot egyenesre kaptuk. Az r értéke azt mutatja, hogy az intercepciót mintegy 80 %-ban határozza meg a visszafolyáskülönbség, ha ezt a húsz adatpárt vizsgáljuk.



15. ábra. A gyep intercepció összefüggése a füves, és a csupasz evapotranszirométer visszafolyáskülönbségével. Szarvas, 1977-78.

Ez azt jelenti, hogy ha az intercepció kiszámításánál a visszafolyás mellett a vízfogyasztáskülönbséget is figyelembe vesszük, ez kb. 20 százalékos hibát okoz. Ennek az a magyarázata, hogy az evapotranspirométerrel napi vízfogyasztásokat mérünk, a esapadék, illetve az ebből származó visszafolyás általában ennél rövidebb időre vonatkozik. Megismételve a regressziószámítást tizenegy olyan adatpárral/ X.táblázat aláhúzott értékei/, melyeknél a vízfogyasztás 0-0,2 mm volt, 0,99-es korrelációs együtthatót kaptunk. Ennél a módszernél tehát a vízfogyasztáskülönbséget nem kell figyelembe venni. Az intercepciót egyszerűen a visszafolyáskülönbség adja meg:

$$I = \frac{v - v_g}{20}$$

Elvileg el tudunk képzelni egy olyan, ennél jobb mérési megoldást is, amikor az evapotranspirométerrel összekötött szinttartó edény vízszintváltozását valamilyen módon regisztráljuk. Egy ilyen megoldásnál azonnal észlelhető a csapadék. Ekkor a mérés technikai probléma ugyanaz, mint a következőkben ismertetésre kerülő, a nádasban alkalmazott módszernél.

Az evapotranspirométer sajátosságosan könnyű lehetőséget nyújt az intercepció meghatározására vízi vegetációnál. A Fertő tavi méréseinknél a vízzel töltött evapotranspirométerbe nád volt telepítve.

Az evapotranspirométer vízszintváltozását a KARÁCSONY-KOZMA/1973/ féle párolgásregisztrálóval mértük. A regisztráló közvetlenül az evapotranspirométerre volt szerelve /16. ábra/, így a műszernek hőtágulási hibája gyakorlatilag nem volt.



16. ábra. Párolgásregisztráló műszer.

Csapadékhulláskor az evapotranspirométer vízszintemelkedése adta meg a nádállományról a vízbe kerülő csapadékot/ P_A /. Az intercepció így igen egyszerűen az

$$I = P_t - P_A$$

/21/

formulával számolható.

c/ Az intercepció mérése párolgásmérő kádba helyezett tenyészedénnyel.

Ezzel a módszerrel a természetes talajviszonyok között, tenyészedényben nevelt növény intercepciója határozható meg a vízszintemelkedés mérése alapján/HORTON 1919/. Módszerének csak elvi leírását adta meg, melyet a szellemessége miatt közlünk. A tenyészedényt olyan nagy párolgásmérő kádba állítjuk, hogy a növényről lekerülő összes csapadék a kád vizébe hulljon. A tenyészedény talaját a csapadék kizárása céljából takarni kell. Csapadék idején a tenyészedényt tartalmazó kád vízszintemelkedése/ w_n /, egy növény nélküli kontroll párolgásmérő kádéhoz viszonyítva, az intercepcióval lesz kevesebb:

$$I = w - w_n$$

/ a W a kontroll kád vízszintemelkedése/.

3.3 Az intercepcióhoz kapcsolódó mérések.

Ezek a módszerek bár nem közvetlenül az intercepció meghatározására szolgálnak, némelyik intercepció modellhez vagy szorosan kapcsolódnak, vagy pedig egy lényeges elemét jelentik az intercepció folyamatának.

3.31 A boritottság.

Általában akkor, ha a szabad keresztülhullást külön mérik, a boritottság meghatározása is szükséges az intercepció kiszámításához. Boritottságon/ k / a növényel fedett/ K /, és a teljes állományterület/ A / arányát értjük:

$$k = \frac{K}{A} \quad , \quad \text{a 2. ábrán/KOVÁCS 1974/, } k = 1 - tg\alpha.$$

A boritottságot leggyakrabban az állományról készült fényképek alapján határozzuk meg planimetrálással. Erdőben a talajról fényképezik a fák koronáját, lágyszárú növényeknél fönről a talajfelszint.

3.32 A levélterület mérése.

Az állomány csapadékfelfogó kapacitásának meghatározásához, és ha kísérletileg mért intercepciót állományra vonatkoztatunk, lényeges a levélterület ismerete. Ilyenkor a levélterületindexszel számítjuk át a mért adatokat. A levélterület mérésére különféle lehetőségek vannak/EVANS 1972/. Ezek közül legelterjedtebbek a számítással egybekötött mérési módszerek, amikor a levél geometriai tulajdonságainak figyelembe vételével két-három mérési adatból empirikus összefüggés segítségével kapjuk meg a levél területét. Saját méréseinknél is ezt alkalmaztuk.

Kukoricánál, az alábbi közismert felületszámítási képletet:

$$F_{\text{kukorica}} = h \cdot \bar{l}$$

ahol h a főér mentén mért hosszúság, \bar{l} a levél egy és két-harmad hosszában mért levélszélesség átlaga. A dohány levélterületét SZALÓKI/1971/ szerint a

$$F_{\text{dohány}} = h \cdot l \cdot 0,75$$

formulával lehet kiszámítani. Ebben l a legnagyobb levélszélesség.

Nádlevélre az

$$F_{\text{nád}} = h \cdot l \cdot 0,52$$

egyenletet kaptuk, ahol h a levélhosszúság, l a legnagyobb levélszélesség. A formula kidolgozásakor a levélterületet a fényképezés után a fotopapír súlyarányából számítottuk/WALKOVSKY 1973,1974/.



17.ábra. A nád vízfogyasztásának mérése evapotranszirométerrel a Fertő tavon.

4. A NÁDAS, A DOHÁNY ÉS A KUKORICAÁLLOMÁNY, ÉS A GYEP INTERCEPCIÓJA

Az erdőalkotó növények intercepcióját hosszú idő óta sokoldalúan kutatják, így az erdő intercepciójának aránylag nagy mennyiségű mérési anyaga van. A légyszárú növények intercepciója ezzel szemben alig ismert. Azt már bemutatattuk a VIII. táblázatban, hogy a légyszárú növények le-
velterületindexe, és ebből eredően a csapadéktároló kapacitása sem különbözik lényegesen az erdőalkotókéétól.

A továbbiakban néhány légyszárú állományban végzett mérés alapján bizonyítjuk, hogy az intercepciójuk is hasonló. A változatos élőhelyű és megjelenésű növények közül négy jellegzetes típust választottunk ki. A nád a vízi vegetációt jellemzi, a dohány és a kukorica a mezőgazdaságban termesztett növényeket, a gyep pedig egy alacsonyabb és sűrű állomány.

A nádas intercepciójával a Fertő tó vízháztartásának kutatásával kapcsolatban kezdtünk foglalkozni. Korábban a tó vízmérlegének kiszámításánál a párolgást maradéktagként kezelték, melynek eredményeként túlságosan magas értékek jöttek ki. Az 1973-ban elkezdődött kutatásaink fő célkitűzése a tó párolgásának meghatározása volt. Mivel a Fertő tó magyarországi részének 83 százalékát, /a tó összterületének 12 százalékát/ nádas borítja, amely feltételez-

hetően sok csapadékot tart vissza, ezért célszerűnek látszott az intercepciót is bevonni a vizsgálatba. Méréseinkhez a náddal betelepített evapotranspirométerek egyikét használtuk föl/17. ábra/. Ezeket a nádmentes partszegélytől mintegy három km-re a nyílt víz közelébe állítottuk be zárt nádállományba. A méréseket a 3.222 pontban leírt eljárással végeztük. Az evapotranspirométer vízháztartását részleteiben is vizsgáltuk, és az összetevőit, így pl. a transpirációt, a nádszá-
lak közti szabad vízfelület evaporációját külön-külön mér-
tuk/WALKOVSKY 1973, 1976/. Ennek alapján meghatározhattuk az összetevők, így az intercepció arányát is a vízmérleg-
ben. Az evapotranspirométer vízmérlegét esetünkben az aláb-
bi egyenlet fejezi ki:

$$\Delta w = -TR - e + P_t + d - I$$

Δw a vízkészletváltozás az időszak végén, TR a transpiráció
 e az evaporáció, P_t a tényleges csapadék, d a harmat-
ból származó vízszintemelkedés. Rendre behelyettesítve az
1976 júl. 20-25. közötti pentád alatt mért értékeket:

$$-1,4 = -11,2 - 1,6 + 13,9 + 0,2 - 2,6. \text{ Összegezve: } -1,3 \text{ mm.}$$

0,1 mm a leolvasási hiba. Az intercepció ebben az időszak-
ban 18,7 százaléka a tényleges csapadéknak.

Az evaporáció 12-13 százaléka az evapotranspirációnak. Figyelemre méltó, hogy az intercepció, illetve a nedves felületű növényről párolgó vízmennyiség másfélszerese az evaporációnak, ugyanakkor méréseink szerint ez a párolgás harmadannyi ideig tartott, mint az evaporáció. Az öt éves mérési időszak anyagából összegezett havi intercepciót a IV. táblázatban mutatjuk be.

IV. táblázat. Az 1973, 74, 76, 77, 79 év tenyészidőszakának havi intercepció összegei/I/, a tényleges csapadék/ P_t / százalékában kifejezett intercepció/ $I_{\%}$ /, P a szabványos csapadékmérővel mért csapadék, n az esetszám. Fertő tó.

hó	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
I	3,7	8,1	19,1	33,2	14,7	9,5	7,7	mm
P_t	36,0	36,9	85,7	122,0	86,4	39,0	41,8	mm
$I_{\%}$	10	22	22	27	17	24	18	%
P	30,6	29,5	70,5	104,6	78,3	28,7	35,8	mm
n	8	11	53	53	42	14	9	

A mérési terület határövezetben fekszik, ezért objektív okok miatt az öt év adatsorozata nem folytonos, és nem tartalmazza az öt év tenyészidőszakának összes csapadékos napjait.

Emiatt, és egyéb mérési nehézségek következtében a vegetációs idő elején és végén kevesebb, mint öt évből gyűlt össze a mérési anyag. Ezt az értékelhető esetek kisebb száma/n/ mutatja. A táblázatból többféle összefüggés mutatható ki. A százalékos intercepció a levélfelület növekedésével hónap-ról-hónapra nő, tiztől huszonhét százalékgig, majd augusztus-

tól fokozatosan csökken. Az augusztus havi feltűnő csökkenést nem tudjuk egyértelműen magyarázni. Mérési hibára és esetleg a nád évről-évre rendszeresen visszatérő rozsdagomba fertőződé-
désére lehet visszavezetni, ami befolyásolja a vízcseppek megtapadását. Megfigyelhető továbbá, hogy a tényleges csapadék, és a szabványos csapadékmérővel mért csapadék különbsége közelítőleg megegyezik az intercepcióval $P_t - P \approx I$. Ez adhatja a magyarázatát annak, hogy az agrometeorológiai vízháztartás számításoknál, - melyek során szabványos csapadékmérő adatokkal dolgoznak, - az intercepció elhanyagolása eddig nem okozott feltűnő hibát. A Fertő tavi részletes mérési adatokat a XI. táblázatban közöljük.

Az intercepció méréseinket szántóföldi növényekre is kiterjesztettük. Mivel ennek ki kellett kísérletezni a mérés technikáját is, a dohány és a kukoricaállományból csak azzal a kevés mérési adattal rendelkezünk, melyeket a módszertani vizsgálatok során gyűjtöttünk. Ezekből néhány kiértékelhető esetet mutatunk be. Ezek messzemenő következtetések levonására nem alkalmasak, de jól érzékeltetik a csapadékmérleg összetevőinek arányát az állományban.

Kukoricával hat tő/m² sűrűségű állományban végeztük a kísérleteket. Az állomány mintegy kilencven százalékban borította a talajt. Három kukoricatőn mértük a

szárlefolysást/ P_1 /, és három darab 520 cm² felületű edénnyel a keresztülhullást/ P_a /. Az edényeket úgy helyeztük el a sorok közé, hogy a teljes sortávolságot átfogják, így az átlagértékük jellemezte mind a csöpögést, mind pedig a csekély mennyiségű szabad áthullást.

Az intercepció kiszámításánál az okoz némi kényelmetlenséget, hogy a csapadékot mm-ben, a keresztülhullást és a szárlefolysást cm³-ben mérjük. A keresztülhullást a mérőedény felületének ismeretében könnyű mm-be átszámítani, de a száron lefolyó vizet már nehéz lenne valamilyen felületre vonatkoztatni. Az esőnek csak egy részét vezetik le a levelek a szárhoz, a többi közvetlenül a talajra csepeg. Például három kukoricánövény teljes levélfelülete 3145 cm², 5016 cm², és 4116 cm² volt. Miután lemértük, hogy a levelek hányadrésze vezet a szár felé az esőt, a teljes területnek csak egy kisebb hányadát kaptuk, rendre a következőket: 1226 cm², 1863 cm², és 1071 cm². Tulajdonképpen még ezekre a felületekre sem lehet vonatkoztatni, mert szeles időben változik a méretük, ezen kívül a szomszédos levelek egymásra vezethetik a vizet.

Az intercepciót ezért úgy számítottuk ki, hogy a szárlefolysást is egy m² talajfelületre vonatkoztattuk. Például 1980. VII.8.-án 0,9 mm csapadék hullott. A szárlefolysás átlagosan 56 cm³/tő. Ez egy m²-en 336 cm³. A keresztülhullás az 520 cm²-es mérőedényben átlag 15 cm³, azaz 288 cm³/m².

Az állománycsapadék tehát $624 \text{ cm}^3/\text{m}^2$, azaz $0,6 \text{ mm}$; ennek alapján az intercepció $0,9 - 0,6 = 0,3 \text{ mm}$ volt. A $6 \text{ tő}/\text{m}^2$ -es állománynak ennél valamivel nagyobb a csapadéktároló kapacitása: $0,4-0,5 \text{ mm}$. A $0,9 \text{ mm}$ -es csapadék tehát nem volt elegendő az állomány teljes benedvesítéséhez. Ennek ellenére a szárlefo-lyás mérhető mennyiség volt. Az V.táblázatban néhány mérési adatot közlünk kukoricaállományból, a szemléletesség kedvéért mm-be átszámítva.

V.táblázat. Kukoricaállományban mért csapadékkomponensek néhány csapadékesetben/P/. P a keresztülhullás, P₁ a szárlefo-lyás, I az intercepció. Szárvas, 60000 tő/ha.

	P	P _a	P ₁	I	
1979.VIII.18.	3,2	0,8	0,5	1,9	mm
26.	1,2	0,6	0,2	0,4	
27.	∞ ³		0,1		
31.	25,0	19,9	3,9	1,2	
IX.11.	2,6	0,8	0,3	1,5	
12.	1,0	0,4	0,3	0,3	
1980. VII. 8.	0,9	0,3	0,3	0,3	
VIII.30.	4,7	3,3	0,5	0,9	
IX.14.	1,6	0,5	0,2	0,9	
30.	1,9	0,6	0,3	1,0	
X. 5.	1,0	0,3	0,1	0,6	
Σ	43,1	27,5	6,7	9,0	
%	100	64	15	21	%

Ezek az eredmények jól egyeznek v.HOYNINGEN-HUENE, - NASDALACK /1977/ által közölt adatokkal. A szerzők öt tő/m² sűrűségű ku-
korica állományban nyolc csapadékeset átlagában 69 százalék keresztülhullást, 12 százalék szárlefo-lyást, és 21 százalék intercepciót mértek.

Az állomány alatt általában több csapadékot lehet mérni, mint ami a növények szárán folyik a talajra. A szárlefo-lyás olyankor

lehet nagyobb, ha harmat van, vagy szélcsendes időben hullik kevés csapadék. Ezt mutatja az 1979.VIII.27.-i eset, amikor csapadékyom után erős harmat volt, és reggel csak a kukoricatövek körül volt nedves a talaj.

Dohányállományban 0,43 m² felületű edényekkel fogtuk föl a csapadékot az 1973-ban végzett szarvasi kísérletekben. Az edényeket párosával helyeztük a dohány sorok közé a sor két oldalára. A VI.táblázatban néhány mérési adatot mutatunk be, két fajta és tizenkét ismétlés átlagában.

VI.táblázat. Burley és Virginia fajták állományában mért csapadékkomponensek. Szarvas, 1973.

	P	P _a	P ₁	I	
VI.21.	5,0	3,0	1,8	0,2	mm
24.	9,0	5,2	3,4	0,4	
25.	5,3	3,2	1,8	0,3	
30.	11,5	5,3	4,4	1,8	
VII.2.	2,5	0,8	1,0	0,7	
6.	2,6	1,0	1,2	0,4	
9.	2,0	0,3	0,8	0,9	
22.	5,1	2,4	1,8	0,9	
24.	4,0	1,0	1,7	1,3	
25.	5,5	2,0	2,0	1,5	
	52,5	24,2	19,9	8,4	
	100	46	38	16	%

A kukoricához viszonyítva valamivel kevesebbnek tűnik a dohányállomány intercepciója e néhány mérés alapján; továbbá, a csapadéknak viszonylag nagyobb részét vezetik a dohánylevelek a szárhoz. Az intercepció nyilvánvalóan azért kisebb, mert a molyhos dohánylevelekről leperreg a víz, és egységnyi

levélterületen kevesebb tapad meg, mint a kukoricán/VIII. táblázat/.

A gyep intercepcióját a kevés adat miatt nem tudjuk úgy bemutatni, mint a nádas, vagy a dohányállomány esetében. A rendelkezésre álló néhány adatból az látszik, hogy a gyep intercepciója széles határok között ingadozik, ha rendszeresen kaszálják. A magasra nőtt gyep egy nagyságrenddel több csapadékot foghat föl, mint rövidre vágott állapotban. Hatással van az intercepcióra az is, hogy jelentős mennyiségű csapadék maradhat fenn a fűszálak között hagyott szénán. Megbízható havi átlagértékeket emiatt csak nagyobb adatmennyiségből kaphatunk. Az adatainkból számított átlagos intercepció a tenyészidőszakban 1,5-1,6 mm, és az eddig mért legnagyobb intercepció meghaladta a 3 mm-t.

Ha a nádas, a kukorica és a dohány intercepcióját a táblázatok alapján összehasonlítjuk, a következőket állapíthatjuk meg. A három növény intercepciója a levélterületindex, illetve a csapadéktároló kapacitás arányainak megfelelően alakul: legnagyobb a nádasban, és legkevesebb a dohányállományban. Az intercepció a dohánynál és a kukoricánál gyakran meghaladja a csapadéktároló kapacitást. A nádasban a mérések alapján ez ritkábban fordul elő.

Ennek okát a mérés körülményeiben kereshetjük. Az evapotranspirométerben a nád növekedése - valószínűleg tápanyaghiány miatt - lassú volt, így júliusra már alacsonyabb volt benne a nád a környezeténél. A teljes kifejlődés idején a magas-

ságtkülönbség rendszeresen 1-2 m volt. Ha csapadék idején szél fújt, a vízcseppeket berázta az evapotranspirométerbe. Így látszólag megnövekedett az állománycsapadék, és a $P_t - P_A$ különbség kisebb lett. Több esetben előfordult, hogy ez olyan mértékű volt, hogy a P_A meghaladta a P_t értéket. A XI. táblázatban is található olyan esetek, amikor a növény teljes benedvesítéséhez sem volt elég pl. egy 16 mm-es csapadék /1973.VIII.: $I=0,2$; $S=0,6$ mm/. Az evapotranspirométerben mért intercepció adataink tehát - főként augusztusban, - kisebbek a valóságosnál, illetőleg a Fertő tó nádasának valódi intercepciójánál. Egyrészt a mért P_A olykor irreálisan magas, másrészt a környezetben a nagyobb felületű nádon egyébként is több csapadék marad fenn, mint az evapotranspirométerben. Óvatos becsléssel is legalább 27 %-nak vehetjük az augusztusi intercepciót.

5. AZ INTERCEPCIÓ KISZÁMITÁSA CSAPADÉK PARAMÉTEREKBŐL

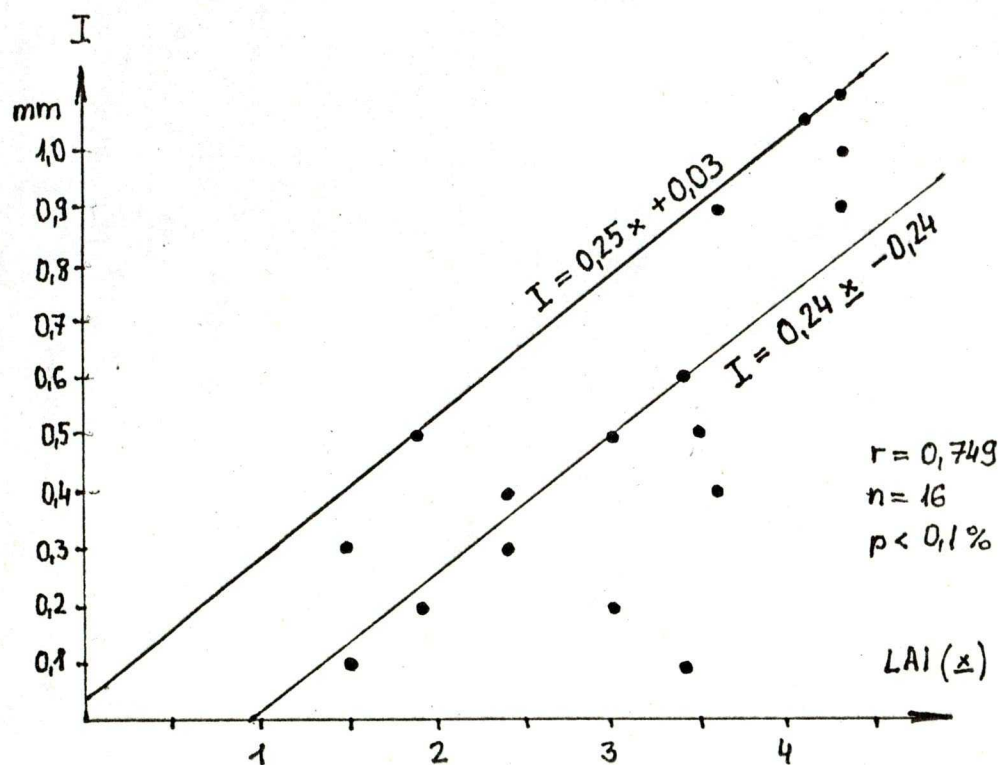
A 2. pontban tárgyalt elméleti leírásból kitűnik, hogy az intercepciót sokféle tényező befolyásolja. Elsősorban a növény illetve az állomány morfológiai sajátosságai: így a levélterület nagysága, a levelek egymás fölötti elhelyezkedésének rendje, és az állomány sűrűsége is. Az állományra jellemző csapadékfelfogó képességet elegendőnek tartjuk a levélterületindexszel jellemezni, mert ez a mérőszám a növény felületén kívül bizonyos mértékig arra is utal, hogy mennyire zárt az állomány. Az intercepció természetesen alapvetően függ a meteorológiai elemektől is; így a csapadékmennyiségtől, ennek intenzitásától, eloszlásától, a szélességtől, de a párolgást meghatározó tényezőktől is.

Abból a célból, hogy az intercepció számítására a gyakorlatban megfelelően felhasználható, könnyen mérhető adatokon alapuló összefüggést nyerjünk, analizáltuk az intercepció összefüggését egyrészt a levélterületindexszel, másrészt a meteorológiai elemekkel.

A levélterületindex növekedésével egyenes arányban nő az intercepció is /18. ábra/. A korrelációs koeficiens értéke azt mutatja, hogy az intercepciót kb. fele arányban a növény alakjával kapcsolatos tényezők, - főként a levélterület nagysága - határozzák meg.

A továbbiakban a meteorológiai tényezők hatását analizáltuk.

Ezek bizonyos mértékig egymással is összefüggnek, ezért két csoportra bontva a paramétereket, többváltozós regressziószámítást alkalmaztunk.



18. ábra. Az intercepció és a levélfelületindex összefüggése Fertő tó. 1977.

Az első csoportba azok az elemek kerültek, melyek közvetlen kapcsolatban állnak az intercepcióval: a csapadék, ennek időtartama, és a párolgás, amit a potenciális evapotranspiráció számított értékeivel/ANTAL 1967/ jellemeztünk. A másik csoportot olyan tényezők alkották, melyek hatását másodlagosnak ítéltük: a telítési hiány, a hőmérséklet, és a szélsebesség.

Első lépésben egyenként meghatároztuk az intercepció és a különböző meteorológiai paraméterek kapcsolatának jellegét.

A számítások eredményét a VII. táblázatban közöljük.

VII. táblázat. Különböző meteorológiai tényezők kapcsolata az intercepcióval. A legszorosabb kapcsolatot adó egyenletek és a korrelációs koefficiensek.

	egyenlet	a	b	r
t	$I = at^b$	1,86	0,84	0,72 /0,1%/
P	$I = \frac{P}{aP+b}$	1,86	0,86	0,60 / 1% /
PE	"-	0,90	6,93	0,35 -
$\xi-e$	"-	1,54	5,64	0,38 /10%/
T	$I = a+b/T$	0,27	13,82	0,32 -
V	$I = aV^b$	-1,22	0,37	0,28 -

A levélterületindexszel ellentétben a meteorológiai tényezők kivétel nélkül nem lineáris összefüggésben vannak az intercepcióval. A legjobb kapcsolatot a csapadékhullás időtartama mutatta. Felmerül a kérdés, hogy min alapul ez a szoros összefüggés. Véleményünk szerint ez úgy értelmezhető, hogy a csapadék mennyisége arányos a csapadék időtartamával, ugyanakkor a csapadékhullás alatti párolgás is arányos az időtartammal/A párolgást itt a PE reprezentálja/. Ezt a feltevést bebizonyíthatjuk a P, a PE, és a t, r-négyzet értékeivel:

$0,6^2/P/+0,35^2/PE/= 0,72^2/t/$. Ez az egyenlőség csak akkor igaz, ha P és PE függetlenek egymástól.

A két paraméter közötti összefüggés korrelációs koefficiense az $1/ax^b$ egyenletre 0,33 $/p > 10\%$ /, így nincs összefüggés P, és PE között. A csapadék időtartama tehát azért van ilyen szoros összefüggésben az intercepcióval, mert a csapadékmeny-nyiség és eközben a párolgás is arányos a folyamat időbeni kiterjedésével. Csapadék közben a nedves növényfelszín párolgása kapcsolatban áll a csapadék jellegével is: azzal, hogy kis intenzitású, vagy zápor jellegű-e az eső. Az intercep-ciót növelő párolgás nyilvánvalóan kis intenzitású, inter-mittáló csapadék alatt a legnagyobb.

Az ξ -e, a T, és a V paraméterek a párolgást befo-lyásolva hatnak az intercepcióra. A szélsebesség növekedése elősegitheti a párolgást, ugyanakkor lerázza a vízcseppeket a növényről, és ezzel csökkenti az intercepciót. A PE korrelá-ciós együtthatója, és a PE-t meghatározó ξ -e és T korreláci-ós együtthatója gyakorlatilag azonos. A szélsebesség/V/, még lazább kapcsolatban van az intercepcióval.

A többváltozós regressziószámításhoz csak a júli-us és augusztus havi adatokat használtuk fel, hogy a levél-területváltozás hatását kiküszöböljük. Július-augusztusra a nád már eléri maximális fejlettségét, és méretei alig vál-toznak. A számítás eredményeként a második csoportba sorolt ξ -e, T, és V paraméterek nincsenek szignifikáns összefüggés-ben az intercepcióval, ezért ezeket tovább nem vizsgáltuk.

A t, a P, és a PE többszörös korrelációs koeffi-ciense 0,7498. A regressziós egyenlet a következő:

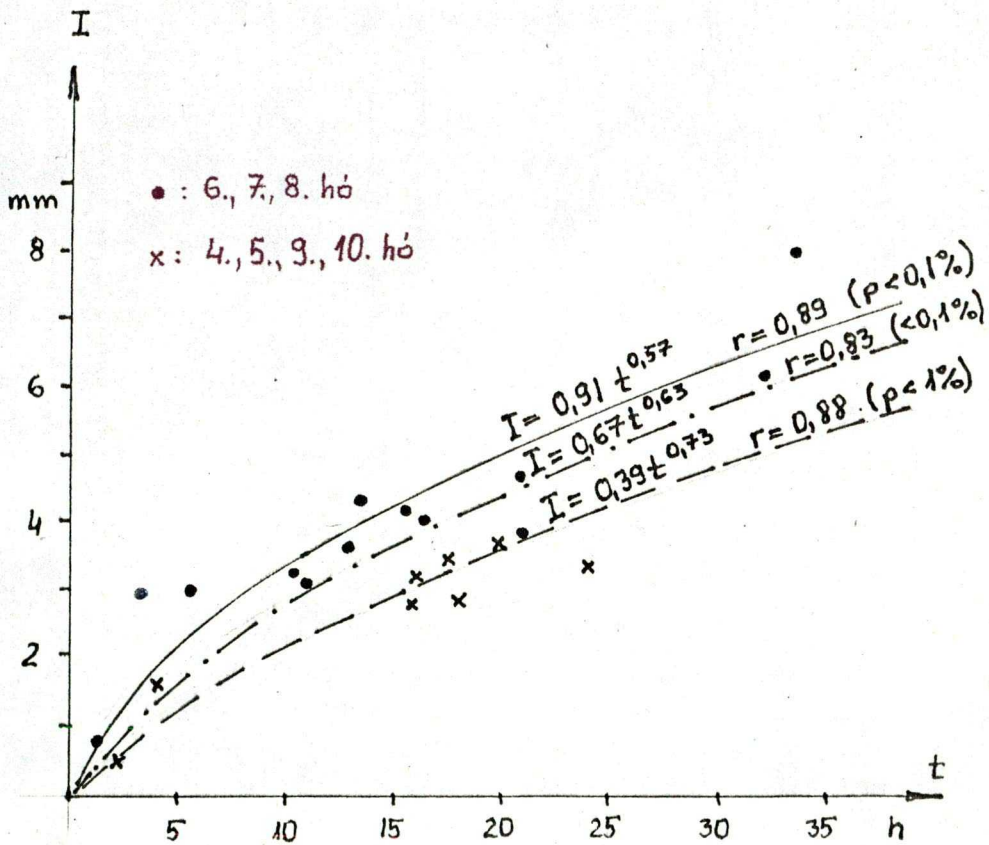
$$I = 0,16 \quad t^{0,67} \quad P^{0,16} \quad PE^{0,07}.$$

/22/

Az r értéke azt mutatja, hogy a t , a P , és a PE együttesen ötven százalékban befolyásolják az intercepciót; de csak a t összefüggése szignifikáns ebben a huszonkét adatszámú mintában/ $p < 1\%$ /.

További ötven százalékban a levélterületindex, illetve a vele kapcsolatos sajátosságok határozzák meg. E feltevésünk realitását igazolja, hogy a levélterületindex, valamint a t , a P , és a PE között nincs multikollinearitás; az összefüggéseik korrelációs koefficiensei rendre a következők: 0,36, 0,23, és 0,40, még 5 % szinten sem szignifikánsak. A /22 / egyenletből látható, hogy gyakorlatilag elegendő csak a csapadék időtartamát figyelembe venni egy empirikus összefüggés felállításához.

A többéves Fertő tavi méréseink lehetővé tették, hogy ezeket a számításokat havi összegek felhasználásával végezzük. A regressziós egyenletet öt év tenyészidőszakában mért adatokból számítottuk. A legszorosabb kapcsolatot $/r = 0,84, n = 24, p < 0,1\%$, az $I = at^b$ függvényre kaptuk $/t$ a csapadékhullás időtartamának havi összege, a és b konstansok/. A nád levélfelületváltozásának megfelelően két csoportba sorolva az adatokat, nagyobb regressziós együttműködést kaptunk. A regressziós görbét a 19.ábrán mutatjuk be.



19.ábra. Az intercepció havi összegének összefüggése a csapadék havi időtartamával. Fertő tó. 1974-79.

Az intercepciót június, július, augusztus hónapban az

$$I = 0,91 t^{0,57}$$

/23 /

egyenlettel, a tenyészidőszak tavaszi és őszi hónapjaiban az



$$I = 0,39 t^{0,73}$$

/24 /

egyenlettel számíthatjuk ki. A teljes vegetációs időszakra az

$$I = 0,67 t^{0,63}$$

/25 /

egyenlettel lehet számolni. Tekintve, hogy az ilyen egyenleteket általában számítógéppel oldják meg, megfontolandó a későbbiekben olyan háromváltozós regressziós egyenlet felállítás, amely tartalmazza a levélterület változását is. Ennek felhasználásával egyetlen összefüggéssel lehetne kiszámítani az intercepciót a tenyészidő bármely hónapjában.

6. AZ INTERCEPCIÓ JELENTŐSÉGE A NÖVÉNY ÉS A TALAJ VIZHÁZ- TARTÁSÁBAN

Az intercepciót kezdettől fogva csapadékvesztésnek tekintették a vízháztartásban, abból a megfontolásból, hogy a növényeken fennmaradó vízmennyiség elpárolog, és nem kerül a talajba. Ez a felfogás azonban nem fogadható el minden fenntartás nélkül. Egy teljesen benedvesedett levélen ugyanis a transpiráció egyértelműen megszűnik, mert a sztómanyilásokat víz borítja. Amíg ez a víztömeg el nem párolog, a transpiráció szünetel. Ennek következtében az intercepció annyi vizet takarít meg a talaj számára, amennyit a növény a transpirációval elhasznált volna. Ha nem fedi víz az összes sztómát, akkor sincs, vagy csak csökkent mértékben van transpiráció, mert a transpirációhoz szükséges energia több-kevesebb része a levélen található vízcseppek párologtatására használódik fel. Másrészt a levelekről elpárolgó víz megnöveli a levegő vízgőztartalmát, és ennek hatására csökken a sztómaüregek, és a külső légtér közti gőznyomásgradiens.

A transpirációcsökkenést laboratóriumi kísérletekkel BURGY-POMEROY/1958/ vízkultúrában nevelt gyepen, tömegméréssel mutatta ki. A nedvesített levelű állomány gyakorlatilag ugyanannyit párologtatott, mint a szárazon hagyott kontroll. Ennek alapján nettó és bruttó intercepciós veszteséget különböztettek meg. Ezt úgy definiálták, hogy

a nettó intercepció egyenlő a bruttó intercepció, mínusz a transpirációcsökkenés. A transpirációcsökkenés az állomány méreteitől, és sűrűségétől is függ./RUTTER 1972,1975/. A nedves növényfelszínen az intercepció/ E_I /, és a transpiráció/ E_T / párolgás arányának vizsgálatához, - mivel mindkettő azonos helyen és időben folyik, - első közelítésben elegendő csak állományparamétereket figyelembe venni. Ha a növény szöveteiben korlátlanul rendelkezésre áll a víz a transpirációhoz, akkor ennek sebességét főként az állomány sztómás r_s /, és aerodinamikus/ r_a / ellenállása limitálja. Az intercepció párolgást pedig csak az aerodinamikusellenállás. Az r_s/r_a arány tehát jellemző az E_T/E_I arányra. RUTTER/1975/ fenyőállományra kimutatta, hogy az átlagos E_I négyszerese az E_T átlagának.

Ha feltételezzük, hogy nincs transpiráció amíg a levélen fennmaradt összes víz el nem párolog, akkor az említett fenyőállományban azonos idő alatt az intercepció egyharmadával egyenlő mennyiségű víz távozott volna a talajból transpirációval, tehát az intercepció 66 százaléka a nettó intercepció.

Klimakamrás kísérletben fűzfánál LARSSON/1981/ úgy találta, hogy az intercepciónak 50 százaléka a nettó intercepció. Meg kell jegyezni, hogy ebben a kísérletben a szélesebbeséget 0,5 m/sec-re állították be, és az sem hagyható figyelmen kívül, hogy levágott ágat használtak a méréshez.

Gyepnél, ahol az $E_I \approx E_T$ /BURGY-POMEROY 1958/, az $r_s = r_a$,

mig például fenyőállományban az $r_s > r_a$ /RUTTER 1975/. Ugy tűnik tehát, hogy az erdőnél, illetve a magas növényállományokban az intercepció nem őrizz meg a talajban azonos mennyiségű talajnedvességet.

A Burgy- Pomeroy által kimutatott transpirációcsökkenést két okból is fenntartással kell kezelni. A gyeper transpirációcsökkenését vizkultúrák kísérletben mérték, melynél a vizellátás korlátlan volt. A száraz levelű kontroll gyeper ezért gyakorlatilag ugyanúgy potenciálisan párologhatott, mint a nedvesített. Másrészt szántóföldön az állományra permetezett víz párolgása a természetes meteorológiai körülmények között még gyorsabb, azaz rövidebb ideig tart a transpiráció csökkenés. Kukoricaállományban közepes talajnedvességnél például legalább kétszer olyan gyors a nedvesített levelű növény párolgása, mint a száraz kontrollé /WAGGONER-BEGG-TURNER 1969/.

Ez a kukoricaállományban végzett kísérlet ugyanakkor megkérdőjelezi a permetező öntözés hatékonyságát is, illetőleg ennek az öntözési formának a gazdaságtalanságát egy újabb tényvel támasztja alá.

Az intercepció, mint jelenség, a talaj vízháztartására közvetlen hatással is van. A fák körzetében sajátosan alakul a talajnedvesség a korona által megosztott csapadék következtében. Egyrészt visszatartja a lomb a vizet, ezért a törzs közelében kevesebb a talajnedvesség, míg közvetlen közelében a talajnedvességet megnöveli a törzsön lefolyó

csapadék/ESCHNER 1967/.

Mint említettük, jelentékeny mennyiségű csapadék folyhat le a növények szárán dohány, és kukoricaállományban is. Ennek különösen akkor lehet jelentősége, ha a gyökérezóna száraz, mert a gyökér közelében magasabb talajnedvességet biztosít. Kukoricaállományban végzett méréseink /V.táblázat/ azt mutatják, hogy a harmatnak nemcsak abban mutatkozik meg a jelentősége, hogy a növény a levelein keresztül vízhez jut, hanem nagyobb harmatnál a szárlefolys miatt a gyökér közelébe jut a csapadék.

Itt említjük meg, hogy az intercepciónak sajátos jelentősége van olyan helyeken, ahol hosszabb ideig és gyakran ködös a levegő. A növények által felfogott advektív csapadék jelentős tényezője lehet a vízforgalomnak egyes éghajlati körzetekben, mert köddel párosult csapadékos időben 20-30 százalékkal több csapadékot kaphat például az erdő, mint a környezete/RUTTER 1975/.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Az intercepció, folyamatát tekintve két részből tevődik össze: a/ a csapadékhullás után a növény levelein megtapadt vízmennyiségből, ami idővel elpárolog; és

b/ a csapadékhullás közben elpárolgó vízmennyiségből. Az irodalmi adatok, és saját vizsgálataink is azt mutatják, hogy mindkét összetevő jelentős mennyiség lehet. Az első részt főként a növény levélterülete határozza meg. Az erdő, és a lágyszárú növények levélterülete között nincs lényeges különbség, így a rajtuk megtapadó vízmennyiség is közel azonos a tenyészidőszakban.

A párolgás a csapadék közben, ha megfelelők a meteorológiai feltételek, nem hanyagolható el. Ezt irodalmi adatok támasztják alá, és saját eredményeink is erre mutatnak. Az állományról párolgó vízmennyiség, különösen csapadékhullás közben erősen függ az állomány méreteitől. Az erdő aerodinamikus ellenállása kisebb, mint például egy sűrű gyepé, ezért az utóbbinál a nedves növényfelszín párolgása hosszabb ideig tart/RUTTER 1975/. A párolgás a csapadékhullás alatt, meglehetősen bonyolult, többféle tényezőtől függő folyamat. Ugy tűnik, hogy nincs gyakorlati jelentősége annak, hogy különválassuk az intercepciónak ezt az összetevőjét.

Az általunk nádasra kidolgozott, könnyen mérhető meteorológiai

elemekre alapozott formula felhasználásával, a gyakorlati vízháztartás-számítások céljára kielégítő pontossággal meg lehet határozni az intercepciót. Távlabbi célunk, hogy egyéb természetű növényfajokra is kiszámítsuk az intercepció - csapadék időtartam összefüggést.

A kutatók /BURGY-POMEROY 1958, ESCHNER 1967, WAGGNER-BEGG-TURNER 1969, RUTTER 1975/ véleménye megoszlik abban a tekintetben, hogy az intercepció a talaj vízbevétele szempontjából mennyire veszteséges tényező. A mérések, kísérletek azt látszanak igazolni, hogy az intercepció nagyjából vizvesztést okoz. Ugyanakkor vitán felül áll, hogy mivel csökkenti a transpirációt, bizonyos mértékig konzerválja is a talaj nedvességtartalmát. Annak ellenére, hogy saját mérések híján nem tudunk határozott állást foglalni ebben a kérdésben, felsorolunk néhány területet, ahol véleményünk szerint gazdasági, környezetvédelmi szempontból indokolt számolni az intercepcióval, és alaposabban vizsgálni kellene a jelentőségét.

a/ A levéltrágyázásnál, növényvédeleminél, a kiadagolandó permetlé felső határát az állomány intercepciója határozza meg. Ugyanez vonatkozik a kipermetezett vizadagra a frissítő öntözésnél.

b/ Az intercepció miatt a permetező öntözés gazdaságtalanul hasznosul.

c/ Az öntözővíz adagok tervezésénél, és általában a vízháztartás számításoknál első közelítésben az in-

tercepciót veszteségnek kell elkönyvelni. Ugyanakkor a csapadékmérés problémáját sem lehet figyelmen kívül hagyni a csapadékmérők saját intercepciója miatt.

8. AZ ÉRTEKEZÉS TÉZISEI.

Dolgozatunkban az irodalmi adatok ismertetése mellett több saját kísérletet és mérési eredményt irtunk le. Ezek némelyike teljes egészében elfogadható, mások további alátámasztást igényelnek. A következőkben pontokba foglalva ismertetjük megállapításainkat.

1. Tíz-tizenkét órán át hulló csapadék alatt Wild párolgásmérővel tizedmilliméteres nagyságrendű párolgásokat mérünk olyan esetekben, amikor a szélsébség ≤ 4 m/sec volt. Ennek alapján állítjuk, hogy hosszú ideig tartó csapadék közben, alacsony növényeknél a nedves növényfelszín párolgása még a nyári hónapokban is elhanyagolható.

2. Nádállományban végzett intercepció-mérésekből kimutattuk, hogy a csapadék százalékában megadott intercepció fordítottan arányos a csapadékhullás időtartamával. Ez olyan esetekben is igaz, amikor a csapadéktároló kapacitásnál nagyobb mennyiségű eső hullott. Ez azért lényeges, mert a párolgásnak az intercepciót növelő hatását bizonyítja rövid ideig tartó csapadék közben. A fordított arányt már mások is kimutatták olyan esetekben, amikor ezt a csapadéktároló kapacitás megtelése okozta.

3. Kísérletek alapján bizonyítottuk, hogy az ombrográfnak 0,2 mm, a szabványos csapadékmérőnek közel 0,3 mm /hóke-reszttel 0,4 mm/ saját intercepciója is van. Csapadék idején

tehát ilyen mennyiségű eső tapadhat meg a felületén.

4. Adatelemzésekből összefüggést dolgoztunk ki az intercepció havi összege, és a havi csapadék időtartama között. A két paraméter között fennáll a tenyészidő átlagában az

$$I = 0,67 t^{0,63}$$

összefüggés.

5. Evapotranspirométerekbe telepített gyep vízháztartásának mérése alapján kimutattuk, hogy megfelelő körülmények között végzett gondos méréssel az intercepció-mérés visszavezethető visszafolyás-mérésre.

6. A IV. táblázatban közölt adatokból látható, hogy a nádas intercepció kiszámításához használt tényleges csapadék, és a szabványos csapadékmérővel mért csapadék között lévő különbség közel egyenlő az intercepcióval. A hálózatban alkalmazott szabványos csapadékmérővel így tulajdonképpen a tényleges csapadék minusz intercepciót mérjük.

7. Az irodalmi adatokban közölt, és a saját méréseink összehasonlítása azt mutatja, hogy a lágyszárú növények intercepciója, - a tenyészidőszak derekán - közel azonos a lombos erdők intercepciójával.

I R O D A L O M J E G Y Z É K

- ANTAL, E. 1967: Uj módszer a potenciális evapotranspiráció számítására. Beszámolók, XXXIV.414-423. OMSZ BP.
- ASTON, A.R. 1979: Rainfall interception by eight small trees. *Journal of Hydrology* 42.383-396.
- BENCZE, G. 1901: Az erdő és a csapadék. I. Általános tájékoztató. *Erdészeti Kisérletek*. 3.-4. 104-120.
- 1902: Az erdő és a csapadék III. Az eső és a különféle fanemek. *Erdészeti Kisérletek*. 3. 102-104.
- BRINGFELT, B.-HÄRSMAR, P.O. 1974: Rainfall interception in a forest in the Velen hydrological representative basin *Nordic Hydrology* 5.No. 3. 146-175.
- BURGY, R.H.-POMEROY, C.R. 1958: Interception losses in grassy vegetation. *Trans.Am.Geophys.Union* 39.6.1095-1100.
- EITINGEN, G.R. 1951: Zaderzsanije oszadkov pologom lesza. *Lesz i sztyep*. 3. No.8.
- ESCHNER, A.R. 1967: Interception and soil moisture distribution. *Forest Hydrology* /ed.Sopper, W.E.-Lull, H.W./ Pergamon Press. 191-200.
- ERDŐS, L. 1966: Agrometeorológiai Vizháztartás Vizsgálata. Budapest. Kandidátusi értekezés.
- EVANS, G.C. 1972: The quantitative analysis of plant growth. Univ. of California Press. Berkeley and Los Angeles.
- FEKETE, Z. 1957: Erdőtalajok vizgazdálkodása. *Az erdő*, VI.2.58.
- GASH, J.H.C. 1979: An analytical model of rainfall interception by forests. *Quart.J.R.Met.Soc.*105. 43-55.
- GEIGER, R. 1957: *Microclimatology*
- HANCOCK, N.H.-CROWTHER, J.M. 1979: A technique for the direct measurement of water storage on a forest canopy. *Journal of Hydrology*. 41. 105-122.

- HAZSLINSZKY, T. 1976: Az erdő szerepe a hidrológiai körfolyamatban. *Vizügyi Közlemények*. 2. 294-301.
- HOYNINGEN-HUENE, J.v.-NASDALACK, S. 1977: Interception in landwirtschaftlichen Pflanzenbeständen. Bericht über das Versuchsjahr 1977. *Agrarmeteorologische Forschungsstelle Braunschweig*.
- HORTON, R.E. 1919: Rainfall interception. *Monthly Weather Review*, 47. No.9. 294-301.
- KARÁCSONY, J.-KOZMA, F. 1973: Mechanikus párolgásregisztráló műszer és az első mérési eredmények. Beszámoló, XLIII. OMSZ BP. 156-161.
- KESSLER, H. 1956: A hasznosítható csapadék erdős területen. *Az erdő*, 1. 3-6.
- KOVÁCS, GY. 1974: A felszíni lefolyás vizsgálata, és az árvi-
zek előrejelzése. *Vizügyi Közlemények*, 3. 427-432.
- LARSSON, S. 1981: Influence of intercepted water on transpiration and evaporation of *Salix*. *Agricultural Meteorology*, 23. 331-338.
- LÁSZLÓFFY, W. 1959: Az erdő és a tarvágás összehasonlító vizsgálata. *Vizügyi Közlemények*, 3. 427-432.
- LEONARD, R.E. 1967: Mathematical theory of interception. *Forest Hydrology*/ed. Sopper, W.E.-Lull, H.W./ Pergamon Press, 131-136.
- LEYTON, L.-REYNOLDS, E.R.C.-THOMPSON, F.B. 1967: Rainfall interception in forest and moorland. *ibid.* 163-168.
- MONTEITH, J.L. 1965: *Evaporation and environment/in: The state and movement of water in living organisms/* Cambridge University Press
- NAGY, L. 1974: Data to the precipitation interception of a galatello-*Quercetum roboris*/forest steppe-forest/ at Ujszentmargita. *Acta Bot. Acad. Sci. Hung.* 20. 327-332.

- RUTTER, A. J. - KERSHAW, K. A. - ROBINS, P. C. - MORTON, A. I. 1972: A predictive model of rainfall interception in forests. *Agricultural Meteorology*, 9. 367-384.
- RUTTER, A. J. 1975: The hydrological cycle in vegetation. /in: *Vegetation and the atmosphere*. Ed. Monteith, J. L. / Acad. Press London 111-155.
- SLAYTER, R. O. 1965: Measurements of precipitation interception by an arid zone plant community. *Methodology of plant ecophys. Proc. of the Montpellier Symp. UNESCO Paris*. 181-192.
- SLAVIK, B. 1965: Rain interception in deciduous forests. *ibid.* 193-199.
- SZALÓKI, S. 1971: ÖKI évi jelentés a kutatásokról. Kézirat.
- SZÓNYI, L. 1967: Erdészethidrológiai megfigyelések a mátrafüredi kísérleti vízgyűjtőben. *Erdészeti Kutatások*, 1. 203-211.
- VINOGRADOV, V. V. 1964: O metodike ucsoa oszadkov pri nablju-genyijah nad iszparényijem sz szelszkohozjaj-sztvennih polej. *Trudü GGI* 92. 91-103.
- WAGGONER, P. E. - BEGG, J. E. - TURNER, N. C. 1969: Evaporation of dew. *Agricultural Meteorology*, 6. 227-230.
- WÁGNER, R. 1957: Az erdő klímájáról. *Időjárás*, 61.2. 117-125.
- WALKOVSKY, A. 1973: Kísérlet a nád transpirációjának meghatározására. *Beszámolók, XLIII*. 145-149. OMSZ Bp.
- 1974: A Fertő tavi nád evapotranspirációja. *Beszámolók, XLIV*. 188-192. OMSZ Bp.
- 1976: Intercepciós és evaporációs veszteség a Fertő tavi nádasban. *Beszámolók, LXVI*. 132-137. OMSZ BP.
- 1980: Csapadék intercepció a Fertő tavi nádasban. *Beszámolók*, 200-212. OMSZ BP.
- ZINKE, P. J. 1967: Forest interception studies in the United States. *Forest Hydrology* /ed. Sopper, W. E. - Lull, H. W. / Pergamon Press 137-161.

VIII. táblázat. Néhány növény egységnyi felületén megtapadó vízmennyiség, és az állományok csapadéktároló kapacitása /LAI a levélterületindex/.

Növényfaj	$\frac{gr\ víz}{m^2\ levél}$	LAI	kifejlett állomány/mm/
Nád/Phragmites comm./	120	8,0	1,0
Dohány/Nicotiana tab./	60-70	4,4	0,2-0,3
Kukorica/Zea mays, 40-87,5 ezer tő/ha	90	3,3-7,7	0,3-0,7
Kukorica /LEYTON 1967/			0,4-0,7
Gyep /fükeverék/			0,8
-"- /BURGY-POMEROY 1958/			1,0-1,2
Perje/Lolium sp./, ,10-48cm, /RUTTER 1975/			1,0-2,1
Fenyőfák /RUTTER 1975/			1,0-2,1
Jegenyefenyő, 10 éves, /BENCZE 1902/			1,3
Lombos fák/RUTTER 1975/			0,4-1,0
-"- /HORTON 1919/			0,5-1,8
Bükk, 8 éves, "feltűnően sűrű lombzatú" /BENCZE 1902/			1,5
Tölgy, 9 éves/BENCZE 1902/			1,2
Fű/Salix viminalis	150		
Salix caprea, var. vim. /Larsson 1981/	210	10	2,1

IX. táblázat. A csapadékmérők saját intercepciója különböző mennyiségű víz bepermetezésénél.

Bepermetezett viz		A csapadékmérőkben mért vízmennyiség/h/, és az intercepciók/I/				megjegyzés
gr	mm	ombrográf		szabványos csapadékmérő		
		h/mm/	I/mm/	h/mm/	I/mm/	
30,5	1,6	1,4	0,2			film
18,65	0,93	0,7	0,23			"
18,97	0,95	0,7	0,25			"
17,5	0,88	0,6	0,28			csepp
15,3	0,76	0,5	0,26			csepp
14,0	0,7	0,5	0,2			film
15,3	0,77	0,6	<u>0,17</u>			film
			1,59			
		/n	0,23			
22,45	1,12			0,85	0,27	csepp
31,01	1,55			1,3	0,25	vegyes
10,25	0,51			0,2	0,31	csepp
15,74	0,86			0,5	0,36	"
15,22	0,76			0,5	0,26	vegyes
15,25	0,76			0,5	0,26	film
16,0	0,8			0,6	0,2	"
11,74	0,59			0,35	<u>0,24</u>	vegyes
					2,15	
				/n	0,27	
13,95	0,7			0,37	0,33	hókereszt-
16,64	0,83			0,48	0,35	tel
15,05	0,75			0,35	0,4	"
21,34	1,07			0,65	0,42	"
22,08	1,11			0,86	<u>0,31</u>	"
					1,81	
				/n	0,36	

Az ombrográf és a szabványos csapadékmérő különbsége 10 %, hókeresztrel 0,1 % szinten szignifikáns.

X. táblázat. Az evapotranspirométerrel mért vízfogyasztás, a visszafolyás, és az intercepció/a csupasz és a gyep adatok különbsége = I, ha a vízfogyasztás $\leq 0,2$ és $\geq -0,2/$.

vízfogyasztás		Δ	visszafolyás		Δ	I /mm/
csupasz	gyep		csupasz	gyep		
0,3	0,3	0	27,6	26,2	1,4	1,4
0	0	<u>0</u>	2,5	0,4	2,1	2,1
0	0	<u>0</u>	15,1	14,7	0,4	0,4
0	0	<u>0</u>	2,0	0,5	1,5	1,5
1,1	0	1,1	16,6	14,3	2,3	
0,2	0	<u>0,2</u>	2,0	0	2,0	2,0
0,2	0	<u>0,2</u>	1,2	0,2	1,0	1,0
0	0	<u>0</u>	4,2	1,0	3,2	3,2
0,5	0,5	<u>0</u>	3,6	3,2	0,4	
1,5	0,9	-0,6	0,7	1,5	0,8	
0	0,1	<u>-0,1</u>	9,3	5,8	3,5	3,5
0	0,8	-0,8	1,6	0,3	1,3	
1,3	1,3	<u>0</u>	12,0	9,6	2,4	
0,6	0,7	-0,1	0,8	0,5	0,3	
0,7	1,1	-0,4	11,0	9,8	1,2	
1,3	0	1,3	3,5	1,0	2,5	
1,2	0,6	0,6	4,5	2,4	2,1	
0,1	0	<u>0,1</u>	8,0	5,0	3,0	3,0
0	0	<u>0</u>	2,9	2,0	0,9	0,9
0,6	0,1	-0,5	3,8	2,2	2,1	

Hó Év	4.		5.		6.		7.		8.		9.		10.	
	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I
1976	2,3	0,9	2,3	0,2	1,5	0,3	1,5	0,3	0,4	0,4	3,3	1,0	0,9	0,5
	1,2	1,1	1,2	1,1	4,2	1,2	0,7	0,7			1,2	1,0		
	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5	0,2	2,2	0,5			2,4	0,3		
	0,8	0,5	2,3	0,8	0,8	0,5	2,3	0,8			1,2	0,9		
					0,7	0,5	0,5	0,3						
					2,5	0,2	1,2	0,6						
					2,2	0,6	0,3	0,3						
					1,9	0,3	2,7	0,4						
					2,2	0,6	1,1	0,4						
					1,5	0,4	8,5	1,5						
					3,0	0,3	1,4	0,7						
							1,2	0,9						
							0,3	0,3						
1977	6,6	0,2	0,7	0,3	0,3	0,1	6,0	0,7	1,8	0,8	2,7	1,2		
	4,5	0,3	1,5	0,5	3,4	0,2	2,7	1,1	1,9	0,8	2,1	0,5		
	0,3	0,1	3,2	0,6	0,7	0,4	1,2	0,9	3,3	0,9	2,9	0,7		
	0,3	0,2	0,8	0,2	13,9	1,0	1,3	0,9	0,7	0,4				
	10,6	0,5	1,2	0,5	3,4	0,5								
	1,2	0,3	1,2	0,4	1,2	0,5								
	0,8	0,4	0,5	0,3	0,6	0,1								
		1,0	0,3											
1979							5,9	1,5	0,8	0,5	0,9	0,3		
							1,9	0,9	3,9	0,5	3,6	1,0		
							0,5	0,5	9,4	0,7	2,5	0,3		
							1,3	1,1	0,3	0,3	0,8	0,2		
											0,3	0,1		
										2,2	0,9			
										9,5	1,0			

XII. táblázat. A regressziószámításhoz felhasznált adatok. Fertő tó. 1974. VII.-VIII. hó /t a csapadék időtartama, P a csapadék, PE a potenciális evapotranspiráció, T a hőmérséklet, $\xi-e$ a telítési hiány, V a szélesség, I az intercepció/.

I	óra t	óráközepértékek a csapadék időtartama alatt				
		1. P	PE	T	2. $\xi-e$	V
mm		mm	mm	°C	mm	km/óra
0,6	7	1,3	3,3	18,9	3,7	3,1
0,8	7	1,1	3,1	17,6	3,3	2,8
0,3	3	0,5	6,0	25,0	10,0	6,9
0,5	3	2,0	4,2	20,5	5,5	4,2
0,8	5	1,0	2,2	14,1	2,7	2,3
1,4	4	1,7	2,8	14,3	3,8	2,9
0,3	4	0,3	3,4	16,5	4,5	3,4
0,7	7	0,7	3,3	16,7	4,0	3,2
0,5	4	11,3	5,2	22,1	7,2	5,2
0,2	2	1,9	2,9	15,1	3,8	3,0
0,1	1	1,1	3,0	15,3	3,7	2,9
1,1	11	4,6	3,2	15,7	5,2	3,7
0,7	3	1,5	3,3	18,0	3,9	0,9
0,5	2	0,7	3,8	20,4	3,0	1,9
0,3	4	0,9	3,8	19,7	3,5	1,8
0,4	2	0,8	3,9	20,5	5,1	2,4
1,0	5	12,7	2,5	17,2	2,9	1,7
0,2	1	0,3	1,5	14,9	1,5	1,0
0,5	6	9,9	1,5	18,2	1,3	1,3
0,1	1	0,1	1,3	18,4	1,1	1,3
0,2	2	0,5	2,3	20,0	2,4	0,6
0,1	4	0,6	2,9	17,8	3,2	1,3

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó	4
1. Bevezetés	7
1.1 Az intercepciós-kutatások történeti áttekintése	9
2. Az intercepció elmélete	16
2.1 Az intercepció egy elkülönült csapadékesetben	16
2.11 A felfogott vízmennyiség párolgása a csapadék- hullás közben	20
2.2 Több, egymástól elkülöníthető csapadékeset in- tercepciója	26
3. Az intercepció mérése	31
3.1 Direkt módon, tömegméréssel	33
a/ A csapadéktároló kapacitás meghatározása	33
b/ Tömegmérés szántóföldi körülmények között	39
3.2 Közvetett módszerek	40
3.21 Csapadékmérésre visszavezetve	41
3.211 A csapadék mérése	42
3.212 A keresztülhullás mérése	46
3.213 A szárlefolys mérése	47
3.214 Az állománycsapadék mérése	48
3.3 Az intercepcióhoz kapcsolódó mérések	56
3.31 A boritottság	56
3.32 A levélterület mérése	57

4.	A nádas, a dohány- és kukoricaállomány, és a gyep intercepciója	59
5.	Az intercepció kiszámítása csapadék paramé- terekből	68
6.	Az intercepció jelentősége a növény és a talaj vízháztartásában	75
7.	Összefoglalás	79
8.	Az értekezés tézisei	82
	Irodalomjegyzék	84
	Táblázatok	87