

## SZEMLE

### A növények vízháztartásának egyes élettani vonatkozásai

A botanika a XVII. században kezdte először a növények vízháztartását komolyan vizsgálni [28]. Az öntözés növényélettani jelentőségét pedig csak századunk elejétől kezdik bizonyítani, az ökológiai növényélettani fejlődésétől kezdve, a természeti viszonyoknál végzett kísérleti adatok alapján.

Korábban a víznek az oldószer szerepét tulajdonították CAESALPINUS (1853) a vízfelvétel fizikai elvét keresve a gyökérszövet duzzadóképeségét egy szivaccsal hasonlította össze.

JUNCIOUS (1587—1657) jegyzetében találunk először a víztáramlás, transzspiráció és gyökérpermeabilitás bizonytalan sejtelmeivel. HELMONT ezzel egyidőben a fűzfa súlygyarapodását tanulmányozza és a vizet tápanyagnak tekinti. Ezt az időszakot a híres fizikus MARIOTTE (1679) zárja le, aki először bizonyítja és magyarázza a turgornyomást és a sejt különböző permeabilitását, a víz ki- és belépését.

MERRET és MAJOR (1664—65) a növényinedv körforgását vélik bizonyítani. GREW (1671—1682) és MALPIGHI (1675) a szár- és levélképződés anatómiai alapjait már akkor világosan magyarázzák. MALPIGHI a gázcserenyílást is felfedezte és annak szerepét ismertette. GREW sejtette, hogy a vízemelésnél a párolgási szívóerő játszhat szerepet.

HALES (1677—1761) angol botanikust a modern növényélettani és a vízháztartás megalapítójának nevezik. A „Vegetable Staticks” 1727-ben megjelent könyvében sok gazdag kísérlet a mai vízháztartás képét és alapvonásait tervezi meg. Kísérleteiben nemcsak a levélfelület nagysága, de a gyökérrendszer hossza és felülete is számításba jön. Vizsgálta a vízáram sebességét, nappal és éjjel, valamint a környezeti feltételek hatását a párolgásra. Összehasonlító méréseket végzett a talaj vízháztartására vonatkozóan is. Vizsgálta a levelek párolgási szívóerőjét, a higanyemelkedése által.

DU HAMEL (1758) és DE CANDOLLE (1832) a táplálkozási kérdésekkel kezdtek foglalkozni. Jelentős ismeretekkel járult

ehhez a kérdéshez SAUSSURE (1804), összekapcsolva a vízháztartás vizsgálatával. PFEFFER (1877) az ozmotikus jelenségek vizsgálatával, ASKENASY (1895) a kohéziós elmélettel, TIMIRJAZEV (1891) a növények százazságtűrésével és vízháztartásával, BROWN és ESCOMBE (1900) a sztómáspárologtatással foglalkoztak [28].

MAXIMOV (1920—30) és HUBER (1924) monográfiáiban a növények vízfelvelele már ökológiai, növényföldrajzi szemlélettel van alapozva.

A Szovjetunióban az öntözött növények fiziológiai alapjait MAXIMOV, SZKAZKIN, PETINOV és KRUSILIN rakták le [31]. Élettani alapon tárgyalják a vízfelvelet KRAMER és STOCKING (1949) is modern monográfiájukban.

MAXIMOV a xeromorfozis kérdésével és a plazma kolloid-kémiai tulajdonságaival foglalkozik behatóan a növény vízháztartásának szempontjából. A környezeti növényélettani úttörői és továbbfejlesztői IVANOV, HUBER, STOCKER és ARLAND a transpirációs módszerek kidolgozásán fáradoztak [35].

Hazánkban a növény fejlődése és a talaj víztartalma közötti összefüggések tanulmányozásával FEHÉR és FRANK foglalkozott. A növények vízfogyasztásával kapcsolatosan ismeretes továbbá CSELŐTTEI, HANK, BALÁZS, MÁDI és mások munkái is [9].

#### A víz szerepe a növény életében

A növény víztartalmának csökkenésével a szintetikus folyamatok lelassulnak, vagy megszűnnek. A növény vízháztartásához kapcsolódik olyan jelenség is, mint a növényi test szilárdsága, mely a turgor állapotban nyugszik, valamint a párolgatósi áramban a tápelemek felvételének és eloszlásának fontossága [28].

A korszerű növényélettani egyik legfontosabb feladata a szárazság hatásának tanulmányozása. A növény vízháztartását három részre lehet tagolni: vízfelvétel — vízleadás — vízvezetés — az utóbbi az

első két folyamat összekötője. A vízfelvételhez és vízleadáshoz a növény morfológiailag is berendezkedik. Kialakítja földfeletti (szár, levél) és földalatti (gyökér) szerveit. A párolgás szabályozására a növény gázcserenyílásos (sztómás) és kutikulás szerkezetű levéllel rendelkezik.

A párologtatás legfontosabb szabályozói a gázcserenyílások (sztómák). A sztómák nyitódását fotoaktív, záródását hidroakrív reakciók szabályozzák. (Higropasszív reakció, epidermisz sejtek duzzadása). Csökkenti a párolgást a kutikula és viaszbevonat is.

A szárazföldi növények általában gyökereiken keresztül veszik fel a vizet, de a gyökerek vízfelvételét a párologtatás megszemélyesíti befolyásolja.

#### *A gyökér szerepe a vízfelvételben*

A talaj kiszáradásával a növényen kívül álló ellenállás megnő, csökken a vízutánpótlás sebessége, a nem kielégítő vízfelvétel veszélyezteti a vízmérleg egyensúlyát. A növény vízszállító gyökérrendszerét, a hajszálgyökereit megnagyobbítva újabb víztartalék feltárására törekszik. A gyökér nem kizárólagos szerve de legfőbb helye a vízfelvételnek. Szántóföldi viszonyok között a növények gyökéralakulását és terjedelmét nehéz megállapítani. A vizet a gyökér az élénken légző aktív zónán veszi fel. A gyökér tevékenységét befolyásolják a növény földfeletti részei, a talaj vízkötése, a talaj mechanikai tulajdonságai, kémiai biológiai tényezők egyaránt.

#### *A növény földfeletti részének vízfelvétele*

A növény földfeletti részének vízfelvétele is játszhat a vízháztartásban fontos szerepet, így száraz övezetben a harmatfelvételnek nagy jelentősége lehet.

A földfeletti növényi résznek a levélnek vízfelvételét leginkább az ozmotikus szívóerő biztosítja. A földfeletti részek vízfelvétele annál nagyobb, minél nagyobb a levelek telítettségi deficitje. A földfeletti részek vízfelvételenek gyorsasága függ az epidermiszsejtek szívóerejének nagyságától és a kutikula vízátlépésével szembeni ellenállás nagyságától. A vízfelvételnél fontos szerepe van a kutikulának is. Vízbermítési kísérlettel megfigyelték, hogy a vízfelvétel kb. 90 percnél eléri a maximumot, azután a vízfelvétel megáll. Ez a kutikula duzzadásával kapcsolatos. A növekvő duzzadás gátolja a további vízfelvételt. Az alkali sóoldatokból a vízfelvétel

a következőképpen megy végbe — kezdetben minél nagyobb az ionok vízburka annál nagyobb a vízszállítás, hosszabb fürdetési időnél fordítva, mert a membrán kolloidok telítettek és a nagy hidrátburkok az ionok bejutását gátolják.

#### **A növények párologtatása**

Bár a növények vízpárologtatása lényegében fizikai állapotváltozás, mégis a párologtatást az élettani jelenségek közé kell sorolnunk, mert a folyamatot lényegesen módosítja a növény anatómiai és morfológiai felépítése, élettani sajátossága, sőt a transpiráció is lényegesen befolyásolja a növény felépítését és életfolyamatait. Így, befolyásolják a levél párolgását olyan minőségi változások a növényben, melyek a fejlődéssel kapcsolatosak pl. másképpen transpirál a virágzó növény levele, mint az azonos méretű, de nem virágzó növény levele.

A vízszállítás a gyökértől a lombzatig összefüggő vékony vízfonalakon át történik, mely a vízrészecskék összetartó erejét, kohézióját igényli. Megkönnyíti a vízátáramlást a talaj és levegő közötti gőznyomás potenciál. De a vízszállítással szemben a növénynek külső és belső ellenállásokat is le kell küzdenie, ilyenek a talaj ellenállása illetve vízmegtartó ereje, melyre még később visszatérek, a gyökérsejtek felvételi és vezetési ellenállása, az edények vezetőellenállása, a levélsejtek vezetési és leadási ellenállása, a sejtfal közötti ellenállás, a vízgőzleadásnak a diffúzió ellenállása, a sztómányílásokban és levelekben a rajtafekvő mozdulatlan levegőréteg ellenállása stb.

A transpirációs vízmozgatás a levélsejtek vízelvonásával kapcsolatos. A vizüket vesztő sejtek szívóereje fokozódik.

A vízszállítás sebessége különböző növényekben különböző. Sejtről sejtre lassan vándorol a víz, mert a plazma ellenállása gátolja. A vízszállító fásrészben 2—3-ezerszerre kisebb az ellenállás, itt a víz gyorsan haladhat. A víz sebessége függ a lombzat terjedelmétől és a párolgás intenzitásától is.

#### **Milyen a növénybe kerülő víz útja?**

A növénybe kerülő víz útját már többféle módszerrel próbálták nyomon követni színes oldatokkal, fluoreszkáló anyagokkal és újabban nehéz vízzel.

A színes oldatokból a színyanyagok lera-kódását figyelték meg, ezért nem alkalmas erre a célra.

Az eddigi megállapítások szerint a víz útja nem az élő sejttartalom keresztül vezet, a vízvezetésben a sejtfalaknak van nagy szerepük a növényen belül.

Nehéz vízzel vizsgálva megállapították [30], hogy a növényben levő víz ki tud cserélni a környezet vizével. A vízanyagcsere nemcsak a gyökéren át, hanem a növény földfeletti részével a levegő páratartalmával is végbemegy.

A transpiráció olyan gyors folyamat, hogy a növény víztartalma egyetlen napon kieserélődhet, a kukorica vízvesztése egy bizonyos napon elérheti vagy meghaladhatja a növény teljes víztartalmát [17].

A növény vízfelvétele, átáramlása, vízleadása összefüggő folyamatok, amennyiben az egyik lépésön zavar keletkezik, a növény vízegyensúlya zavart szenved.

A vízfelvétel tehát függ a gyökérrendszer kiterjedésétől, a növény szerkezetétől, légterek kiterjedésétől, a talajban levő víz felhasználhatóságától és a párolgást befolyásoló légköri viszonyoktól. Ezért a növény viselkedését nem lehet csak egy tényező vizsgálatával, mint a talajnedvesség vagy légköri viszonyok alapján megmagyarázni. Meg kell ismernünk a növény belső vízegyensúlyát, mert ez az állapot szabályozza a növekedési és fejlődési folyamatokat. A vízhiány a belső fiziológiai és biokémiai folyamatokra káros. Az egyes környezeti tényezők — pl. vízutánpótlás, tápanyagellátás is a belső folyamatok színvonalát befolyásolják (KRAMER [17]).

#### A növény vízháztartásának vizsgálati módszerei

A növények vízháztartásának, szárazságtűrésének, a szárazsággal szembeni ellenállóképességének vizsgálatát három kutatási irány jellemzi (ZWICKER [35]):

1. fizikai
2. növényélettani
3. környezettani

A *fizikai kutatási irány* — a fizikai törvényszerűségek alapján a külső, főként az éghajlati tényezők — hőmérséklet, fény stb. hatását vizsgálja a növény vízvesztésére. A vízvesztés *menyiségét* kutatja.

A *növényélettani* — a vízvisszatartás lehetőségeit törekszik megfogni. A párolgást szabályozó, csökkentő tulajdonságokat tanulmányozza pl. az élősejtek protoplazmáinak tulajdonságait, az ozmózis, permeabilitás, viszkozitás stb. melyek a növény belső állapotát tükrözik.

A *környezettan* — a transpirációs kutatást a növénytermesztési viszonyainál tanulmányozza. Az ökológiai vizsgálatok legfontosabb előfeltétele, hogy összehasonlítható és reprodukálható transpirációs értékeket kapjon. Az igaz, hogy a termőhely szerinti méréseknél a növényekre ható tényezők komplex hatása érvényesül, és bizonyos tényezők hatását pl. a vízhiány hatását a növényre nehezen tudjuk kiszűrni. Ezt külön kell akkor tanulmányozni.

Az *élettani — környezettani* vizsgálatok azonban már alkalmasak a transpiráció tanulmányozására egyes fajták ill. fajok tulajdonságait illetően is.

#### A párolgatótatás tanulmányozásának módszerei

A növény párolgásának mérésénél az „igazi” transpirációt igyekeztek meghatározni, erre a célra különböző eljárások kerültek kidolgozásra.

1. Levágott növényi ág vagy levél pillanatnyi vízvesztésének mérése, HUBER és STOCKER módszerei (ZWICKER [35]). Ezeket a méréseket a termőhelyen végzik, szerintük minél gyorsabb és pontosabb a mérés, annál inkább megközelíti a „valódi” transpirációt.

2. Levágott növényi-ág vagy levél párolgásának mérése vízbe állítással. A vízvesztés folyamatos pótlással kell biztosítani. Erre a célra különböző potetométreket alkalmaznak. Ennél a módszernél fennáll a veszélye annak, hogy a víz a sejtfal közötti térbe intercellulárisan beszűrődik, mivel a légzősejtek elvonják a sejtfal közti levegőből az oxigént, a kiváló  $\text{CO}_2$  a vízben gyorsan feloldódik (gyorsabban mint az oxigén) és ez a jelenség egy nyomáshiányt idéz elő, ezáltal a vízfelvételi érték a ténylegesnél nagyobb (GESSNER [11]).

3. Egész növények párolgásának mérése — tenyészedény kísérlet segítségével. Itt az egész edényt le kell mérnünk, a mindennapi vízfelhasználást jegyezni lehet. Hosszabb tenyészidőnél, az öntözésnél a növény tömegét számításba kell venni. Ez a vízvesztési érték a környezet hatásának összességét tükrözi, az egyes tényezők hatását nehéz kiszűrni. A transpiráció jellemzőit, így a transpirációs együtthatókat leginkább tenyészedény kísérletek segítségével állapítják meg. Ma már a mérésekhez nagyterhelésű érzékeny mérlegek, regisztráló mérlegek is rendelkezésre állnak (STOCKER [28]).

4. Az Arland-féle „relatív transpiráció” lankasztási eljárása. Ez az eljárás a levágott növények módszerei közül a leggyakor-

latiasabb. Több egész növény összehasonlítását teszi lehetővé sorozatban. A növényt levágásakor azonnal színes parafinba mártjuk (a gázcsere így nem szenved zavart).

Húsz növény vízvesztését 30 percig mérjük és az egyes levelek különbsége a párologtatásban itt nem tud érvényesülni. Több növény mérésénél a különbségek kiegyenlítettebbek (STOCKER [28]).

5. Gázometriás eljárás — a leadott vízgőz meghatározása  $\text{CaCl}_2$  súlygyarapodásával, szélmentes időben, zárt térben. A mérést leginkább napfénymentes helyen végzik. Ugyancsak ezen az elven működik a transpirációs mérés, amikor a levegő páratartalmának növekedését mérjük, vagy a kobalt-papír hygrométeres módszer.

### A transpiráció jellemzői

A transpirációt, tehát a párologási veszteséget, több jellemzőre vagy egy-egy szövegre szokták bontani.

Ilyenek:

1. *a transpiráció intenzitása* — időegység alatt párologtatott víz mennyisége levél felületre, nedves vagy száraz súlyra, termésre, fehérjére stb. számolva szokásosan  $\text{g víz/m}^2$  vagy  $\text{dm}^2/\text{óra}$ . Kb. értéke: nappal 15–250  $\text{g/óra/m}^2$  és éjjel 1–20  $\text{g/óra/m}^2$  (FRENÝÓ [9]).

2. *a transpiráció produktivitása* — azt fejezi ki, hogy 1-liter elpárologtatott vízre mennyi szárazanyag képződés esik. Kb. értéke 1–8  $\text{g/liter}$ . (Ez csak a növény által párologtatott vízre vonatkozik.)

3. *a transpirációs együttható* — növényéletteni szempontból legfontosabb jellemző, arra vonatkozik, hogy 1 g száraz anyag mennyi víz párologtatásával kapcsolatos. Értéke nagyon ingadozik, legkedvezőbb esetben, ami ritka, 125  $\text{g víz/1 g}$ , másik véglet 1000  $\text{g víz/1 g}$  száraz anyag.

A transpirációs együttható tulajdonképpen a transpiráció produktivitásának reciprok értéke.

A transpirációs együttható meghatározása az irodalomban nem egyöntetű, sokszor csak a termés száraz súlyát tekintik, mások az egész száraz súlyt még a gyökereket is figyelembe veszik.

CSELŐTTEI a teljes szárazsúly alapján a transpirációs együttható értékét 300-körülnek tartja (FRENÝÓ [9]).

### A növények alkalmazkodóképessége

MAXIMOV vizsgálta a xerofiták és mezofiták transpirációját, megállapította, hogy a xerofiták alkalmazkodóképe-

sek a szárazsághoz, de víz jelenlétében jelentősen nagyobb transpirációt tanúsítanak mint a mezofiták. Szerinte a xerofiták különlegessége nem az alacsony vízszükségletben áll, hanem előzetes, átmeneti lankadási képességgel bírnak károsodás nélkül. Ó a lankadás magyarázatát a plazma kolloid-kémiai tulajdonságaiban kereste (ZWICKER [34, 35]). Korábban a szárazságban szenvedő növény szerkezeti változását xeromorfiának nevezték, de később megállapították, hogy ennek oka nem kizárólag a vízhiány. MÖTHES az ásványi táplálkozás zavarai magyarázza, (ZWICKER [35]) de ez a szerkezeti változás nitrogén hiánytól is felléphet. DADIKIN az alacsony hőmérsékletre és a nitrogén felvétele utal.

A szárazság ellenállást különbözőképpen magyarázzák. A mezőgazdák olyan növényt neveznek szárazság-ellenállónak, amelyek a száraz viszonyoknál a legnagyobb szárazanyagot termelik. A környezettanok szerint pedig azok a növények ellenállóbbak, amelyek a hervadásnak legjobban ellenállnak. Lényegében nincs ellentmondás a kettő között.

### A talajban levő víz állapota és hozzáférhetősége

Gazdasági növényeink öntözésénél egyik leglényegesebb kérdés a talaj felvehető víztartalmának optimálisan felső és alsó határainak kérdése.

A felvehető víztartalom optimálisan felső határának általában a talaj szabadföldi vízkapacitását jelölik meg. Az alsó határának pedig a tartós hervadási pontot.

A talaj különböző erőkkel kötött vízmennyiségeket tartalmaz. A hasznos víz, a szabadföldi vízkapacitás és a hervadáspont közötti különbség, kisebb-nagyobb erővel, de nem azonos mértékben hozzáférhető a növényeknek. Először a nagyobb kapillárisokból, melyek víztartó ereje legkisebb, majd a vékony kapillárisokból fedezi a növény vízszükségletét és legvégül a hártásvízből. A víz fogyásával nő a talaj víztartó ereje és csökken a víz felvehető-sége.

MAXIMOV szerint a hervadáspont nedvességhatár már az éles aszály beállása, mely mély nyomot hagy a növény életében, és a termésben [22]. A természetesülkennést ebben az esetben a növényi szövetek telítetlensége okozza, és az éjjeli kiegyenlítés már ezen nem segít. Az öntözéssel tehát

nem várhatunk a hervadáspontra megjelenésére. Azt a nedvességi határt kell ismernünk és megállapítanunk, mely nedvesség határnál az élettani folyamatok lelassulnak és csökken a szárazanyag termelés. RODE [23] az optimális alsó határnak a kapillárisok megszakadását tekinti.

Téves lenne azt állítani, hogy a talajnedvességet nem szabad esetleg a szabadföldi vízkapacitás 70%-a alá engedni, ez az érték függhet a talaj minőségétől, az öntözővíz minőségétől, a növény vízigényétől, éghajlati körülményektől stb. Pl. minél könnyebb a talaj, annál kisebb a vízkapacitása és annál teljesebben használódik fel a benne levő víz. Nehéz talajokon magas holtvíz tartalmuk ellenére a hasznos víz mennyisége több.

Az optimális alsó határnál figyelembe kell venni azt, hogy a talaj nedvesség csökkenésével a víz felvehetősége is csökken. A növény hervad esetleg akkor is, ha még elegendő víz van a talajban. A növény vízfelvétele függ tehát a vízmozgás sebességétől a gyökérrendszer növekedésének gyorsaságától, az élő gyökérsejtek vízáteresztőképességétől is.

Meg kell állapítani a beázási gyorsaságot, a vízeloszlás jellegét és a gyökérszóna tevékenység összefüggését.

ILJEV [15] megállapította, hogy nem csak az a fontos, hogy a gyökérszónában mennyi a hasznosvíz, hanem hogy milyen a szintek szerinti eloszlása. Először a növény a szántott réteget szárítja ki, kezdetben elég ha a felső réteg nedvességét biztosítjuk. Később a szinteknek megfelelően kell a nedvességet biztosítani és az öntözési normát eszerint megállapítani.

ZAJCEV és NIKOLAJEV (cit. PETINOV [23]) az optimális alsó határ megállapításához a talajnedvesség bizonyos súly %-át ajánlották, mely a vízkapacitás bizonyos %-a is. Ennek a határnak az elérése után véleményük szerint nem szabad alacsonyabb értékre engedni a talaj kiszáradását. A növény igénye és állapota ez esetben figyelmen kívül van hagyva.

Mások csak a növény állapotának figyelembevételét ajánlják, a levél színe, leereszkedése, virágzása stb. alapján. Ilyen alapon már a természetesülkés nem előzhető meg. A hervadás beállhat egy rövid idejű erős légszárazságnál is.

BIERHUIZEN [6] a talajnedvesség felvehetőségének vizsgálatában a nedvesség feszültség változását tanulmányozta, megállapította, hogy a pF érték növekedésével a természetesülkés áll elő. Szerinte a legnagyobb terméshozam pF-2,0 értékű

nedvességfeszültségnél várható. A vízzel telt talaj pF értéke 0, a szárazé 7. A szabadföldi vízkapacitás nedvességfeszültsége 2,5-2,8. A holtvíztartalomnak kb. 4,0-4,4 pF érték felel meg, a higroszkópos víz értéke kb. 6,0 pF

Minden talajra meg lehet a pF görbét szerkeszteni anyagi és szerkezeti tulajdonságoktól függően.

Amerikában BLANEY és CRIDDLE [cit. 1, 8] klimatológiai képletek alapján állapítják meg a vízigényt, melyek a fizikai tényezőkhöz igazodnak. A fizikai tényezők a vegetáció folyamán változnak, de nem egyeznek a növény életciklusával. Ezek a képletek mértanilag a különböző növényeknél hasonlóan alakulnak. A klimatológiai képletek tehát élettelen tényezőkhöz vannak kötve (hőmérséklet, napsugárzás, levegő, és talaj nedvességtartalom, CAVAZZA [8]).

Mások szerint a meteorológiai tényezők csak korlátozzák a növény vízháztartását, de az abszolút korlátozáshoz a talajnedvesség vezethet. Ha elegendő a talajnedvesség és a víz felvehetősége, akkor a meteorológiai tényezők erős feszültsége ideiglenesen elviselhető (ZWICKER [35]).

Az optimális talajnedvesség alsó határának, vagyis az öntözés idejének megállapításánál a növény fejlődése szerinti vízigényét kell figyelembe venni, nemcsak azért, mert ilyenkor legérzékenyebb a növény a vízhiányra, hanem a mesterséges vízutánpótlás hatása is ilyenkor legkedvezőbb [20, 25].

A növény vízháztartásának vizsgálata módszertanilag a legnagyobb probléma. Olyan módszerre van szükség, mely szabadföldön a növény háborgatása nélkül alkalmas a növény vízegyensúlyának tanulmányozására (KRAMER [18]). Mélyebben meg kell ismernünk a vízhiány hatását az anyagcserefolyamatokra. Erre viszont nem alkalmas csak a talaj nedvességének meghatározása.

#### **Az öntözés előrejelzésére szolgáló élettani módszerek, a növények élettani mutatóinak és egyéb biológiai aktivitásainak vizsgálata**

Többen helyesen vizsgálva a talajnedvesség és az élettani folyamatok kapcsolatát, módszereket dolgoztak ki, melyek élettani mutatók alapján állapítják meg az öntözés idejét és a szükséges víz mennyiségét. Ezekkel a módszerekkel meg lehet állapítani a vízhiányt, mielőtt a növényen külső jelek mutatkoznának.

WALTER és mások az ozmózis értékek (fagyáspont) meghatározását alkalmazta, (Krioszkópos eljárással). URSPRUNG a sejtek és szövetek szívóerejét nyerscukor sorozatban vizsgálta. Ezt a módszert tovább fejlesztette SARDAKOV (MAXIMOV és PETINOV [22]) szabadföldi használatra, (refraktométeres vizsgálatra). KRAMER [17] szerint a levelek vízdeficitje is alkalmas a növény vízmérlegének ellenőrzésére. A levelek nedvességtartalma, relatív turgor állapota mind fontos meghatározások [17].

STÄLFELT a szőlőmák mozgásmechanizmusát vizsgálta a fény és a vízmérlegtől függően.

Az irodalmi adatok alapján a legérzékenyebb élettani mutatónak a levélsajt-nedv szívóereje bizonyult, mely közvetlen összefüggésben van a növény vízháztartásával (PETINOV [25]).

PETINOV javaslatára a Szovjetunióban éghajlati övezetenként és növényfélésegenként megállapították a vízigényt, meghatározták az élettani mutatók határértékeit, melyek fordítva arányosak a talajnedvességgel (PETINOV [24]). Így RADIONOV [25, 27] a kukorica levelének sejtnedvkonzentrációja és a talaj nedvessége között állapított meg szoros összefüggést. BELIK [4, 5] paradicsomfajtáknál, LOBOV zöldségnövényeknél [cit. 23] SARKADOV gyapotnál [cit. 10], PETINOV és SAJDUROV [24] maglucernánál, miszerint ezek a mutatók sikerrel alkalmazhatók az öntözési gazdálkodásban minden növény-nél.

Más országokban is elterjedtek ezek a vizsgálatok, ILIJEV [15] Bulgáriában cukorrépánál (szívóerő), STREBEYKO [29, 32] Lengyelországban ugyancsak cukorrépával (levelek nedvességtartalma, vízdeficit, szőlőmák vizsgálat), Csehszlovákiában VACLAVIK a kukoricával (ozmózis nyomása) [32], KREEB [19] Németországban lucernával vizsgálta az élettani mutatók használhatóságát.

Ha a növény vízellátottságát rendszeresen ellenőrizzük az élettani mutatók alapján napról-napra észrevehetjük a nedvesség csökkenését.

KALE és DASTANE [16] (India) is fontos jelentőséget tulajdonítanak az élettani mutatók meghatározásának, valamint vízérzékeny indikátor növények alkalmazásának.

SARKADOV kidolgozta a levél szívóerejének optimális meghatározási idejét, a levél szint törvényszerűségeit, a levelek korát. Megállapította, hogy az élettani mutatók értékeit főleg a talajnedvesség befolyásolja és kisebb mértékben az idő-

járási viszonyok (PETINOV [23], GARIN [10]).

MÁRTON [21] a levelek kritikus telítettségi hiányát, hidratura és a fotoszintézis kapcsolatát vizsgálta cukorrépánál és kukoricánál. Szerinte nem kell az öntözéssel megvárni a kritikus telítettségi határt. Megállapította, hogy kb. 35% vízvesztéssel határnál még a növény helyre tud állni, azonban 40% telítettségi hiánynál a vízcsökkenés megbontja a normális anyagcserét, a szintetizáló és bontó enzim működés egyensúlya eltolódik és az végzetessé válhat a növényre. A szárazságtűrő növényre az jellemző, hogy nagyobb vízhiány esetén is az enzimek a szintézis irányában működnek.

Az utóbbi időben nagyon helyesen differenciálódik az öntözési idő és norma megállapítása a növény biológiai tulajdonsága szerint (PETINOV [23]).

Gazdasági növényeink statikai vízigényével több éves kísérletekben foglalkoztak FEHÉR, HANK, FRANK [12, 14] is, és rámutattak arra, hogy az öntözés szükségességének és az öntözővíz mennyiségének, az öntözés időpontjának megállapítása céljából az egyes növények statikai vízigényének ismerete mellett inkább a tenyészidő alatti vízfogyasztás mennyiségének ismerete — a dinamikai vízigény ismerete jelent növényélettani támpontot. A vízfogyasztás menetének ismerete, a növekedési és fejlődési szakaszok során értékes tájékoztatást nyújt az öntözés célszerű időpontjára vonatkozóan, a transpirációs együttható pedig az öntözővíz szükségletére. Foglalkoztak a tápanyagellátás és vízfogyasztás közötti összefüggések vizsgálatával is (HANK, FRANK [14]) különböző növényeknél. Megállapították, hogy a nagyobb terméshozam mellett viszonylag kisebb a trágyázás hatására a vízfogyasztás. HANK [13] szerint a vízfelhasználás legmesszebbmenően a tápanyagellátástól függ, ezt bizonyítja az a tény, hogy a tápanyaggal jobban ellátott növény természetesen csapadékánál is többet terem.

ROBELIN [26] (Franciaország) ugyancsak a különböző növények vízfogyasztását vizsgálta 6 éves kísérletben. Megállapította, hogy egy bizonyos növény vízfogyasztása a vízellátástól függően azonos évben is nagy ingadozásokat mutathat, míg azonos nedvesség ellátásnál a növény által felvett víz és a szárazanyag termése között szűk korreláció található.

BIERHUIZEN [6] vizsgálta a nedvességviszonyok és a párolgást befolyásoló külső tényezők hatását a termésre. Megállapította, hogy kedvezőtlen nedvesség viszo-

nyoknál a növényen belül belső áthelyeződések fordulnak elő, a kisebb szívóerejű idősebb levelekből a nagyobb szívóerővel rendelkező fiatal levelekbe jut a víz. A friss súlygyarapodás és a növekedés éjjel történik kismértékű párolgásnál és kedvező nedvesség viszonyoknál nappal is előfordulhat. A szárazanyag termelésre nappal kerül sor, ennek fő folyamata a fotoszintézis.

A növény vízforgalmának tanulmányozásakor a növény élettani aktivitásának ismerete is fontos, így fokozatosan kezd elterjedni olyan módszerek használata is, melyek ezek jellemzőit kutatják.

ALEKSZEJEV [cit. 33] az ozmotikus jelenségek termodinamikai magyarázatát keresi. A kolloidok fizikai és biokémiai tulajdonságait vizsgálja. De a táplálkozás és az anyagcsere kapcsolatával az egyes táp-  
elemeknek (kationok, anionok) a növény vízforgalmára való hatásával kevesen foglalkoznak.

VASZILJEVA [33] a szárazság hatását a protoplazma kolloid kémiai tulajdonságának változásában kereste. Tanulmányozta a vízállapotot a növényben, a szabad és kötött víz arányát. Megállapította, hogy 70% vízkapacitáson nevelt búza növények érzékenyebbek a hőmérséklet változásával szemben, mint a 40%-on neveltek.

A növény dinamikus vízállapotát GUSZEV [32] is vizsgálta. Szerinte a vízállapot változását belső okok, az anyagcsere megváltozása okozzák. (A kötött és szabad víz megjelölést meglehetősen feltételesnek tartja, célszerűbbnek látná azt visszatartó erővel kifejezni.)

#### A növények fiziológiai állapotának összehasonlító vizsgálata

Németországban egyes helyeken az ARLAND-féle lankasztási módszer azaz a „relatív transpiráció” érték meghatározása terjedt el, mint a növény vízháztartásának gyakorlati vizsgálati módszere. Mint a többi élettani mutató a növény optimumban való vízellátását ennél a módszernél is a legkisebb érték jelenti. Minden kedvezőtlen eset transpiráció növekedést okoz.

PETINOV szerint (ZWICKER [35]) az ARLAND-féle módszer a növény víztartó tulajdonságának a fogalma, melyet a kolloid hidratáció és a kötött víz mennyisége befolyásol.

ARLAND és ENZMANN [3] a növény vízháztartásának és tápanyag oltatásának kölcsönhatását vizsgálta. Véleményük sze-

rint a növény által leadott vízgőz mennyisége szakzerű trágyázással mérsékelhető. ARLAND ésmunkatársai a legutóbbi 10 évben a különböző kultúrnövények vízháztartásának sokoldalú problémáját kutatják, gabonaféléknél, burgonyánál, mustár, repce stb. sikeresen alkalmazzák. Megállapították, hogy a fehérjében gazdag levelek a vízvesztéssel szemben ellenállóbbak, lassabban lankadnak.

A lankasztási módszer környezeti eljárás, mely a növény bizonyos fejlődési szakaszában a lankasztást transpiráció analízisre használja. Ez a meghatározás a plazma stabilitását fejezi ki, a növény fiziológiai állapotát tükrözi.

ZWICKER [35] az ARLAND-féle módszerrel összehasonlító vizsgálatokat végez, különböző tápanyagellátás, hőmérséklet, talajnedvesség hatását tanulmányozza a növény vízháztartására és terméshozamára vonatkoztatva. Megállapította, hogy a zabnál a 6—7 leveles stádium indikátora lehet a termés alakulásnak.

Vizsgálta a hidratura és a növekedés kapcsolatát különböző évszakban, eltérő hőmérséklet és fényviszonyoknál és az ozmózis értékeket, szárazanyag %-ot refraktométerrel és ezt összehasonlította az ARLAND-féle szabállyal.

Megállapította, hogy a refraktométerrel mért értékek jobban kifejezik az ARLAND-szabályt mint az ozmózis értékek. A plazma vízállapotának mutatójaként a szabad és kötött víz tartalmát vizsgálta. Megállapította, hogy a könnyen mozgó szabad víz a sejtek telítettségét befolyásolja erősen és a növekedési folyamatot is, míg a kötött víz a protoplazma ellenálló képességének a mértéke, meghatározza a leveleknek mint asszimilációs szerveknek a rezisztenciáját kedvezőtlen életfeltételekkel szemben.

Vizsgálta a transpiráció napi ritmusát is a nitrogén ellátottságtól függően. Megállapította, hogy a növekvő nitrogén adag csökkenőleg hat a transpirációra, de napfény szegény napokon elő is segíti azt.

A környezeti tényezők évszakonként és napi ritmusban változnak. A naphosszúság, hőmérséklet, fényintenzitás, fényminőség határozzák meg a kémiai (tápanyag) és fizikai (hőmérséklet, fény) tényezők között fennálló kölcsönhatást a plazma szerkezet állapotának vonatkozásában, ez nagy figyelmet érdemel.

Az említett módszerek és élettani mutatók a növény vízmérlegét, transpirációs viselkedését mindig a mintavétel idejére vonatkozóan fejezik ki.

### A növények vízigényének vizsgálata egyedfejlődésük folyamán

SKAZKIN [31] a növények szárazsággal szembeni ellenállóképességét vizsgálja. Módszerében eltér az előzőekben ismertetett élettani mutatók vizsgálatától. A szárazságban keletkező természetesökkenés okait a növények egyedfejlődése szerinti vízigényükben tanulmányozza. A talajnedvesség csökkenése főleg a reprodukív szervek sejtjeinek osztódása és növekedése idején káros a növényre. Tehát a vízhiány a termőszervek kezdeti alakulása idején, ezek növekedésének akadályozásával helyrehozhatatlanul csökkenti a termést [20].

Úgy kell öntöznünk, hogy a növény vízellátásában ilyenkor átmenetileg se következenek be zavarok.

A növény vízhiánnyal szembeni érzékenysége és ellenállóképessége a fejlődés folyamán változik. A növények sajátosság igényét a fejlődés-stádiumok képviselik a környezettel szemben. A gyakorlatban leginkább a fenofázisok, vagyis morfológiai változásokkal kapcsolatos fejlődési szakaszok megjelölése ismeretes pl. (kelés, bokrosodás, szárbaindulás, kalászlás, virágzás, magkötés, érés). A fejlődési stádiumok: hőstádium (jarovizáció), fénytádium két szakasza, (megvilágítás intenzitásának és hosszának, majd a színek összetételének szükségessége), a vízhiánnyal szembeni kritikus periódus szorosan összefüggenek a fejlődési szakaszokkal.

A fejlődési stádiumok változását a tenyészőcsúcs morfogenezisének tanulmányozásával állapítjuk meg. A fénytádium kezdetén csökken a növények szárazságtűrése, és az ún. kritikus szakaszban nedvességben gazdag talajra van szükség, ez a tenyészőcsúcs differenciálódása a virágzásnak és magkötésnek az időszaka valamint a generatív szervek teljes kifejlődésének időszaka.

Az ilyenkor jelentkező szárazság esetén a plazma fiziológiai folyamatainak, az anyagcserejének, a vízhiány és a fizikokémiai sajátosságok ártalma megakadályozza a reprodukív szervek kialakulását, a mikroszóra képződését, ami ablakosság és üreskalászossághoz vezet. A szárazság szerkezeti változást okoz a növény anatómiájában is, kisebb lesz a fászsövet, a hancszsövet területe, ez megnehezíti a plasztikus anyagok eljutását a reprodukív szervekhez — kalászokhoz és bugákhoz.

SKAZKIN szerint, a növények egyedfejlődése folyamán, a kritikus időszak alatt fellépő szárazság okozta természetesökkenés okainak problémája ezzel a vizsgálattal megoldottnak tekinthető.

### A fiziológiai öntözés, mint az öntözés racionális elmélete

A fiziológiai öntözést Olaszországban CAVAZZA [7] az öntözés racionális elméletének tartja, mely élő, szigorúan biológiai törvényeken alapuló tiszta képet ad, tudományos szintről gyakorlati szintre alkalmazható.

Adatai neves kutatók közreműködésével 20 év tapasztalatára épülnek. A fiziológiai öntözéshez szükségesnek tartják az egyes növények vízhasznosítási görbájének kísérleti úton történő megszerkesztését, minél nagyobb év átlagában. Mivel a növények nem egy meghatározott vízfogyasztással rendelkeznek, hanem a fogyasztások egész sora jellemzi egy-egy növényt, ezekből a fogyasztási adatokból az optimális mennyiséget képviselőt ki kell emelni és alkalmazni.

A fogyasztási görbék 2 típusának tulajdonítanak nagyobb jelentőséget:

1. a napi fogyasztások görbéje, mely a vízfogyasztásnak a tenyészidő alatti alakulását tükrözi, ez hasznos szolgálatot tehet a csúcsigények kiszámításához,

2. a vízfogyasztás összesített görbéje, mely gyakorlati célra fontos, ez a napi fogyasztások összessége.

Ezen kívül meg kell szerkeszteni a csapadék valószínűségi görbét, mely a kiegészítésre szoruló vízmennyiség és annak valószínűségének megállapítására szolgál. Ennek segítségével az öntözési berendezési igényt is biztos valószínűséggel ki lehet számítani.

### Irodalom

- [1] ACHTNIH, W.: Eine Methode zur Berechnung des Wasserverbrauchs der Pflanzen mit Hilfe klimatologischer Daten. PflErnähr. Düng. **79.** 97—101. 1957.
- [2] ARLAND, A.: Ein Beitrag zur Anwelkmethode. Dtsch. Akad. Landw. Berlin. Sitzungsberichte **5.** 6. 1956.
- [3] ARLAND, A. & ENZMANN, J.: Ein Beitrag zur Technik der „Anwelkmethode“. Z. Acker und PflBau. **101.** 5—21. 1956.
- [4] BELIK, V. F.: K voproszu o diagnostirovanii potrebnosti pomidorov v polivah po szoszuscsej szile i koncentracii kletocsnogo szoka lisztjev. Fiziol. raszt. **7.** 95—97. 1960.
- [5] BELIK, V. F.: Razvitije pomidorov i koncentracija kletocsnogo szoka v jil lisztjah pri razlicnoj vlaznoszti



- pocsvü. *Botan. Zs.* **45.** 1063—1066. 1960.
- [6] BIERHUIZEN, J. F.: Plant growth and soil moisture relationships. *Plant-Water relationships in arid and semi-arid conditions. Proc. Madrid Symposium UNESCO, Paris, 16.* 309—315. 1962.
- [7] CAVAZZA, D.: L'irrigazione fisiologica. *Teoria razionale dell'irrigazione. L'Italia Agricola, Roma, 100.* 115—135. 1963.
- [8] CAVAZZA, D.: L'irrigazione fisiologica. *Teoria razionale dell'irrigazione. L'Italia Agricola, Roma, 100.* 295—312. 1963.
- [9] FRENYÓ, V.: *Növényélettan. Mezőg. Kiadó. Budapest. 1959.*
- [10] GARIN, K. Sz.: K voproszu opredelenija szrokov poliva po koncentracii kletocsnogo szoka. Kn. „Biologiceseszkie osznovü orosajemogo zemledelija.” *Izd. AN. SSSR. Moszkva. 1957.* 157—163.
- [11] GESSNER, F.: *Handbuch der Pflanzenphysiologie. Bd 3. Pflanze und Wasser. Springer. Berlin. 1958.*
- [12] HANK, O. & FRANK, M.: Kísérletek egyes gazdasági növények dinamikai vízigényének megállapítására. *Agrártudomány. 1.* 374—379. 1949.
- [13] HANK, O.: Tápanyagellátás és a vízhasznosítás hatásfoka gazdasági növényeknél. *Agrártudomány. 3.* 141—144. 1951.
- [14] HANK, O. & FRANK, M.: Összefüggés a tápanyagellátás és vízfogyasztás között egyes gazdasági növényeknél. *ÖTKI Évkönyve, Szarvas. 2.* 28—51. 1951.
- [15] ILIJEV, R. L.: Iszpol'zovanie szoszuscsej szilü lisztjev dlja opredelenija uszvojaemoszti pocsvennoj vlagi rasztenijam. *Fiziol. Raszt. 11* 93—99. 1964.
- [16] KALE, V. R. & DASTANE, N. G.: *Methods of scheduling irrigations. New Delhi, Indian Agric. Res. Inst. Poona agric. Coll. Mag. 53.* 3/4. 18—24. 1963.
- [17] KRAMER, P. J.: Dynamics of water in plants. *Research outlook on soil, water, and plant nutrients. Proc. Eighth Ann. Meeting Agric. Res. Inst. Washington. 17—21.* 1960.
- [18] KRAMER, P. J. & DURHAM, N. C.: *Water stress and plant growth. Agron. J. 55.* 31—35. 1963.
- [19] KREB, K.: Die Bedeutung der Hydratur für die Kontrolle der Wasserversorgung bei Kulturpflanzen. *Beitr. Biol. Pflanzen. 36.* 57—89. 1961.
- [20] KRUSILIN, A. C.: *Az öntözéses termelés biológiai vonatkozásai. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1958.*
- [21] MÁRTON, G.: *Az öntözés időpontjának előrejelzése élettani mutatók segítségével. Kand. Dissz. Gödöllő. 1959.*
- [22] MAXIMOV, N. A. & PETINOV, N. Sz.: *Opredelenie szoszuscsej szilü lisztjev metodom kompensacii sz pomoscsju refraktometra. Dokl. AN SSSR. 62.* 4. 1948.
- [23] PETINOV, N. Sz.: *Biologiceseszkie osznovü orosaemogo zemledelie. Izd. AN SSSR Moszkva. 16—71.* 1957.
- [24] PETINOV, N. Sz. & SAJDUROV, V. Sz.: *Opredelenie szrokov poliva lucernü po fiziológiceseszkim pokazateljam. Fiziol. Raszt. 10.* 605—607. 1963.
- [25] PETINOV, N. Sz.: *Effektivnoszt' fiziológiceseszkogo metoda usztanovenija szrokov poliva. Gidrotech. Melior. 45—48.* 1964.
- [26] ROBELIN, M.: *Le bilan de l'eau sous climat Limagnais et ses repercussions agronomiques. Bull. Assoc. franc. Étude Sol. Clermont-Ferrand, 393—399.* 1960.
- [27] RODIONOV, V. Sz.: *Diagnosztika szrokov i vozmozsnoszti opredelenija norm poliva po pokazatelju koncentracii kletocsnogo szoka kukuruzü. Fiziol. Raszt. 9.* 91—97. 1962.
- [28] STOCKER, O.: *Handbuch der Pflanzenphysiologie. Bd 3. Pflanze und Wasser. Springer. Berlin. 1958.*
- [29] STEBEYKO, P.: *Das Schwanken des Wassergehaltes in den Laubblättern der Kulturpflanzen unter natürlichen Feldbedingungen. Wiss. Z. Karl-Marx- Univ. Leipzig, Math.-Naturwiss. R. 12.* 317—321. 1963.
- [30] SZAMUILOV, F. D.: *Izucsenie vodnogo obmena rasztenij sz pomoscsju tyazsolij vodü. Fiziol. Raszt. 9.* 1962. 438—445. 1962.
- [31] SZKAZKIN, F. D.: *A növények vízellátásának kritikus időszaka. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1964.*
- [32] SZVESNIKOVA, V. M.: *Mezsdunarodnünj Szimpozium v Prage 30. IX.—7. X. 1963. g. po vodnomu deficitu rasztenij. Botan. Zs. 49.* 917—921. 1964.

- [33] VASZILJEVA, N. G.: Vlijanie vüszokoj temperaturü i vlaznoszti počsvü na izmenenie fiziologicseszkih pokazatelej vodnogo rezsima. Kn. Biologicseszkie osznovü orosajemogo zemledelija. Izd. AN SSSR. Moszkva. 277—289. 1957.
- [34] ZWICKER, R.: Die „Anwelktranspiration“ im Blickfelde des Welkens der Pflanzen. Z. Acker und PflBau. **101**. 432—453. 1956.
- [35] ZWICKER, R.: Untersuchungen zur Arlandschen Anwelkmethode unter besonderer Berücksichtigung der Stickstoffernährung bei Hafer. Karl-Marx-Univ. Leipzig 1963. Habilitationsschrift.

DEBRECZENI BÉLÁNÉ

Érkezett: 1965. október 14.