

AZ ÖNTÖZÉS NÉHÁNY TALAJFIZIKAI VONATKOZÁSA*

VÁRALLYAY GYÖRGY

a mezőgazdasági tudományok kandidátusa

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete, Budapest

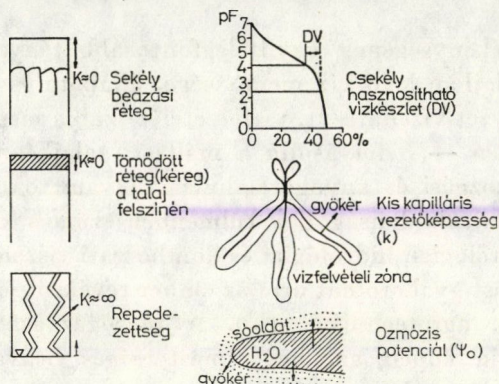
A talaj termékenységének egyik legfontosabb tényezője a talaj vízgazdálkodása. A talajban levő víz mennyisége, állapota és mozgása nemcsak a talajon élő növényzet vízellátását, vízfelvételét szabja meg, hanem — gyakran döntő mértékben — befolyásolja a mállást, talajképződést, a talajban végbemenő anyagmozgási és anyagátalakulási folyamatokat is. A talaj vízgazdálkodását a talajtulajdonságokon túlmenően számos környezeti tényező (elsősorban a meteorológiai, hidrológiai és domborzati viszonyok) befolyásolja, de igen jelentős hatást gyakorolhat arra az ember tevékenysége is (vízrendezés, öntözés, melioráció, agrotechnika stb.). A mezőgazdasági vízgazdálkodás egyik alapvető célja éppen az, hogy mesterséges beavatkozásokkal úgy szabályozza a talaj vízgazdálkodását, hogy az a termesztett növények talaj-ökológiai igényeinek (víz-, levegő- és tápanyagigényének) gazdaságosan optimális kielégítését minél inkább biztosítsa, számunkra kedvező irányban befolyásolja a talajban végbemenő anyagforgalmi folyamatokat, a talaj termékenységét, s biztosítson minél kedvezőbb feltételeket a különböző agrotechnikai, illetve termelési rendszerek kialakításához.

Az optimális mezőgazdasági vízgazdálkodás megvalósítása, illetve megközelítése érdekében a Magyar Alföldön — tértől és időtől függően — három feladat adódhat: a felesleges vizek elvezetése; a csapadékvíz felhasználásának maximális biztosítása; a hiányzó víz öntözéssel történő pótlása. Mindhárom esetben d ö n t ő fontosságú a talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak javítása, hisz ez a talajba szivárgó és ott tározott hasznosítható víz mennyiségének a növelésével egyaránt csökkenti az elvezetendő, illetve pótlandó víz mennyiségét, sőt esetleg szükségtelenné teszi e beavatkozásokat, növeli a csapadékvíz növények által felhasznált hányadát.

Szemléletesen bizonyítja állításunkat az 1. ábra, amelyen a növények vízellátását korlátozó legfontosabb talajtani tényezőket foglaltuk össze. A talaj felszínén vagy a talajszelvényben nem nagy mélységben kialakuló tömődött réteg nemcsak a gyökerek zavartalan mélyrehatolását akadályozza, hanem szélsőséges vízgazdálkodást eredményez. A nemritkán gyakorlatilag

*A Talajtani Társaság vándorgyűlésén elhangzott korreferátum. Szolnok, 1975. szeptember 19.

szinte teljesen vízzáró szintek ($K \approx 0$) feletti vékony talajréteg már viszonylag kis mennyiségű csapadék esetén is telítődik, sőt túltelítődik vízzel, felszínén tócsák, vízállások keletkeznek, benne a levegőtlenység és az ezzel gyakran együttjáró redukciós folyamatok miatt gátolt a növények zavartalan fejlődése. A csapadék vagy öntözővíz értékes hányada a felszínről elpárolog vagy elfolyik, a sekély rétegben tárolt kis mennyiségű víz pedig csak rövid időre biztosítja a növények vízellátását, azok már viszonylag rövid csapadékmentes periódus után is szárazságtüneteket mutatnak. A nehéz mechanikai



1. ábra. A növények vízellátását korlátozó tényezők

összetételű, esetleg szikes, erősen duzzadó-zsugorodó talajok repedésein keresztül a víz további értékes hányada fut hasznosítatlanul át a talajszelvényen ($K \approx \infty$), s eredményez nemcsak jelentős szivárgási veszteségeket, hanem káros talajvíztáplálást, talajvízszint-emelkedést is okozhat (ami pl. Na-sókban gazdag talajvizek esetében másodlagos szikesedési folyamatok megindulásához, erősödéséhez, elmélyüléséhez vezethet). Beázáskor a beduzzadó repedések megakadályozzák a mélyebb talajrétegek egyenletes átnedvesedését, s így módon korlátozzák a talajban tárolt víz mennyiségét. Kiszáradáskor ugyanakkor a zsugorodás következtében kialakuló széles és mély repedéseken keresztül vastag talajrétegek értékes vízkészlete megy hasznosítatlanul veszendőbe. Tovább nehezíti a növények zavartalan vízellátását, növeli a kedvezőtlen fizikai tulajdonságokkal rendelkező talajok aszályérzékenységét, hogy a talajban tározott víznek is csak kis hányada hozzáférhető a növények számára: nagy a talaj holtvíztartalma, csekély hasznosítható vízkészlete, és az igen kis kapilláris vezetőképesség miatt a növényi gyökerek vízfelvetele következtében azok körül filmszerűen kialakuló, kiszáradt talajrétegen keresztül igen lassú a talajnedvesség növényi gyökerekig történő mozgása, s így még viszonylag nedves talajban is akadályozott a gyökérzet által felvett víz folyamatos utánpótlása. Egyebek mellett ez a talajfizikai magyarázata annak,

hogy ilyen talajokban különös jelentősége van a növények sűrű és kiterjedt gyökérrendszerének, hisz így a talajnedvesség lényegesen nagyobb hányada hasznosulhat. Nagyobb sótartalmú talajokban a növények vízfelvételét az ozmózis potenciál is gyakran jelentős mértékben akadályozza.

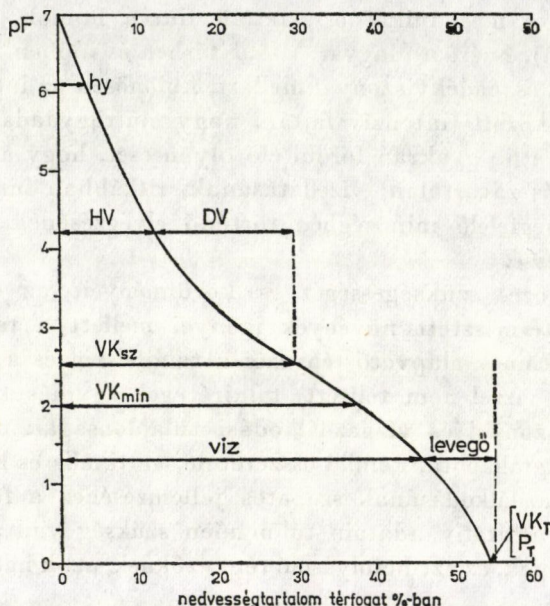
A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak javítása öntözés nélküli és öntözött viszonyok között egyaránt fontos (hisz ez utóbbi esetben az öntözővíz érvényesülésének hatékonyságát befolyásolja kedvezően), de ökonómiai, gyakorlati, sőt elméleti szempontból is sok esetben korlátozott (pl. szélsőséges mechanikai összetételű durva homok, vagy nehéz agyagtalajokon stb.). Ezért a Magyar Alföld térben és időben meglehetősen szeszélyes eloszlású csapadékvizszoynyai mellett, különösen az intenzív mezőgazdaság körülményei között (intenzív fajták, nagy műtrágyaadagok, pontosan előírt agrotechnika stb.) gyakran fordul elő olyan eset, hogy a növények optimális (folyamatos és zavartalan) vízellátásának, ritkábban bizonyos agrotechnikai műveletek megfelelő minőségben történő elvégzésének biztosítása öntözést tesz szükségessé.

Az öntözés szükségességét és körülményeit az éghajlati viszonyok, valamint a termesztett növények igényei mellett a talaj vízgazdálkodása szabja meg. Ennek alapvető tényezői a talajfelszín és a talajvízszint közötti háromfázisú (vízzel nem telített) talajrétegek egymásutánisága, vastagsága, települési viszonyai és vízgazdálkodási tulajdonságai: nedvességtartalma, a talajnedvesség állapota, kémiai összetétele, vertikális és horizontális mozgása. A talaj vízgazdálkodásának szabatos jellemzéséhez a felsorolt paraméterek pontos és kvantitatív adatain túlmenően szükség van azok tér- és időbeni dinamizmusának, az azt befolyásoló tényezőknek, azok hatásmechanizmusának ismeretére is.

A talajban levő víz növények általi felvehetőségét, mozgásának körülményeit egyaránt az határozza meg, hogy annak milyen hányada milyen erők hatása alatt áll, milyen mértékben kötődik a talaj szilárd fázisát alkotó szemcsékhez vagy szemcsehalmozokhoz. A talajban levő vízre alapvetően három erő hat: a gravitációs erő, a kapilláris erő és a különböző szorpciós erők. Ezek érvényesülését azok kötési energiája, hatótávolsága és hatásmechanizmusa szabja meg, tehát döntő mértékben a talajszemcsék és pórusok méretétől, illetve méret szerinti megoszlásától függ.

A talajnedvesség potenciálja az a munka, amelyet az említett erők ellenében kell végezni egységnyi tömegű víz, egységnyi tömegű talajból történő eltávolításához, illetve egységnyi távolságra történő elmozdításához. Mivel a gravitációs erő a talajtulajdonságoktól független, azokban a talajokban, amelyekben a folyadékfázis oldott anyagainak hatását kifejező ozmózis potenciál elhanyagolható, a talajnedvesség összpotenenciája jól jellemezhető a talaj szilárd fázisának hatását kifejező mátrix potenciállal. Ez a kapilláris, az adszorpciós és adhéziós erők, valamint részben az ozmózis erők hatását

kifejező parciális potenciálok algebrai összege. A mátrix potenciál jellemezhető az annak elvégzéséhez szükséges nyomás, illetve szívóerő mértékével és célszerűen vízoszlop centiméterben, illetve ennek logaritmusában (pF) fejezhető ki. Ha a talaj nedvességtartalmát e szívóerő függvényében ábrázoljuk, olyan görbe szerkeszthető, amely szemléletesen tükrözi a különböző erővel kötött nedvességformák mennyiségét a talajban. A 2. ábrán egy pF-görbét és az



2. ábra. A pF-görgeről leolvasható talajfizikai jellemzők

hy = higroszkóposság

HV = holtvítartalom

DV = hasznosítható vízkészlet

VK_{sz} = szabadföldi vízkapacitás

VK_{min} = minimális vízkapacitás
(levegőkapacitás)

VK_T = teljes vízkapacitás

P_T = összpórozitás

arról leolvasható talajfizikai jellemzőket, a 3. ábrán négy különböző mechanikai összetételű talaj jellegzetes pF görbéit mutatjuk be.

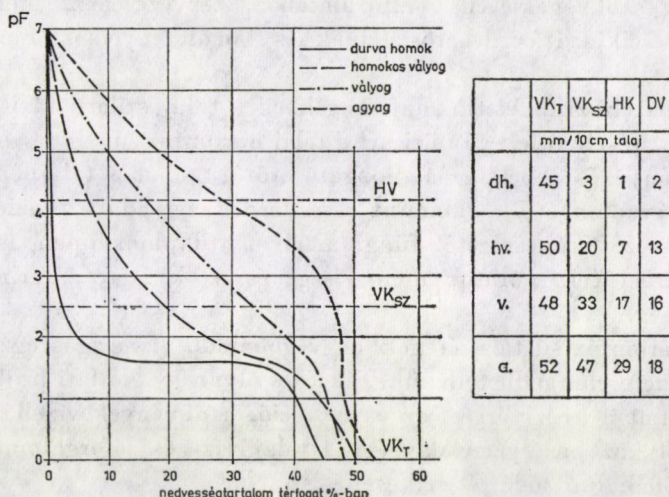
A pF görbék igen sokoldalúan alkalmazhatók:

- a talajnedvesség energiaállapotának jellemzésére;
- a talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak általános jellemzésére, a talaj ilyen szempontból történő osztályozására, minősítésére;
- a talaj pórusviszonyainak, a pórusok méret szerinti megoszlásának, adott viszonyok között vízzel, illetve levegővel telt pórusok mennyiségének, arányának megállapítására;
- a talaj jellemző vízgazdálkodási paramétereinek meghatározására: összpórozitás (P_T), teljes vízkapacitás (VK_T) = pF 0; minimális vízkapacitás

($VK_{\min}$) = pF2; szabadföldi vízkapacitás ($VK_{\min}$) = pF 2,5; holtvíztartalom (HV) = pF 4,2; higroszkóposág (hy) = pF 6,1; hasznosítható vízkészlet ($DV = VK_{SZ} - HV$) = (pF 2,5) — (pF 4,2);

— a talaj szerkezetében, fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságaiban természeti okok, vagy mesterséges beavatkozások hatására bekövetkező változások nyomon követésére;

— az öntözési gyakorlatban: az öntözés időpontjának, gyakoriságának, az egy alkalommal kiadagolható, illetve kiadagolandó víz mennyiségének



3. ábra. Különböző mechanikai összetételű talajok pF görbéi és az azokról leolvasható talajfizikai jellemzők

megállapításánál; a helyszíni tenziométeres nedvességmérések adatainak értékeléséhez; perspektivikusan az öntözés automatizálásához stb.;

— a drenázstervezési gyakorlatban: drenázs-rendszerek szükségességének elbírálásához, típusának megállapításához, méretezéséhez stb.;

— további vízgazdálkodási paraméterek (víznyelő-képesség; vízzel telített, kétfázisú talaj hidraulikus vezetőképessége; vízzel nem telített, háromfázisú talaj kapilláris vezetőképessége stb.) adatainak számításához, értékeléséhez, korszerű értelmezéséhez is.

A pF görbék teljes tenziótartományban történő meghatározására vizsgálati rendszert alakítottunk ki. Az atmoszféra alatti tenziótartományban történő mérésekhez tömegvizsgálatokra is kiválóan alkalmas berendezéseket szerkesztettünk, amelyeket azóta már több hazai intézmény is eredményesen alkalmaz.

Olyan eset, mikor a talajnedvesség a talaj szilárd fázisának pórusait teljes mértékben kitölti (a talaj kétfázisú), a talajvízszint alatti rétegek kivételével viszonylag ritkán fordul elő: tartós elárasztás, vízborítás esetén, a

talajszelvény pangóvízes rétegeiben stb. Ilyenkor közvetlenül van szükség a vízmozgást jellemző hidraulikus vezetőképesség ($K = \text{cm/nap}$) értékeire. Így pl. a talajvízháztartás pontosabb megismeréséhez, a talajvíz oldalról, illetve alulról történő utánpótlódása, illetve horizontális áramlása lehetőségeinek megállapításához, pangottságának értékeléséhez, betöményedési lehetőségeinek, sófelhalmozó és szikesítő hatásának elbírálásához, továbbá a közvetlen gyakorlat számára is, pl. az árasztásos öntözés vízszükségletének tervezéséhez, az öntözőcsatornák szivárgási veszteségeinek megállapításához, drénrendszerek szükségességének elbírálásához, tervezéséhez, méretezéséhez, a kimosásos szikjavítási lehetőségeinek és körülményeinek megállapításához stb.

A talajvízszint feletti talajrétegekben a talaj szilárd fázisának pórusait részben víz, részben levegő tölti ki: a talaj háromfázisú. Ilyen esetekben a vízmozgás iránya és sebessége a mozgóerőtől (tehát a talajnedvesség potenciáljának gradiensétől), valamint a szilárd fázis adott tenzió melletti ún. kapilláris vezetőképességétől függ, amelyet tulajdonképpen az adott tenzió mellett vízzel telt pórusok mennyisége és azok méret szerinti megoszlása határoz meg.

A háromfázisú talajrétegekben végbemenő vízmozgás egzakt és kvantitatív ismerete elengedhetetlenül szükséges olyan gyakorlati problémák vizsgálatánál, mint a beszívargás, az evaporáció, a növények vízellátása (esetleg a talajvízből), az aszályérzékenység, a talaj víz- és sóforgalma, a talajvízből történő sófelhalmozódás és szikesedés stb.

Az utóbbi években a két- és háromfázisú talajrétegekben végbemenő vízmozgás korszerű meghatározására, sorozatvizsgálatára szintén megteremtettük a lehetőségeket.

Az eddigiekben összefoglalt talajfizikai-vízgazdálkodási paraméterek (pF, nedvességmozgás) ismerete lehetővé teszi a rétegezett talajok nedvességdinamikájának egzakt és kvantitatív jellemzését, sőt ezen túlmenően bizonyos mértékű előrejelzését is.

Ennek alapján pontosan kijelölhetők a mezőgazdasági vízgazdálkodás legfontosabb feladatai, megállapítható a vízrendezés és öntözés szükségessége, egzaktan meghatározhatók ezek körülményei (öntözés időpontja, gyakorisága, az öntözővíz kiadagolható és kiadagolandó mennyisége, öntözés intenzitása, öntözési mód; drénezés szükségessége és lehetőségei stb.), lehetővé válik várható talajtani hatásuk előrejelzése és ennek alapján a legeredményesebb és leggazdaságosabb technológiai variánsok kidolgozása, illetve kiválasztása. A 4. ábrán azt mutatjuk be, hogy a mezőgazdasági vízgazdálkodás, elsősorban az öntözés fenti tényezőinek meghatározásához milyen talajtulajdonságok, milyen talajfizikai-vízgazdálkodási paraméterek nyújtanak, illetve nyújthatnak egzakt alapokat. A táblázat alapján csupán néhány kiragadott példa: Az öntözés talajtani szempontból akkor válik szükségessé, ha a talaj aktuális

A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani tényezői	θ Nedvességtartalom	HV Holtvíztartalom	DV Hasznosítható vízkészlet	VK Vízkapacitás	K Hidraulikus vezetőképesség	k Kapilláris vezetőképesség	IR Víznyelőképesség	d Bázisai réteg vastagsága	Talajoldat kémiai összetétele
Öntözés szükségessége	●	●	●						
Öntözés időpontja	●	●	●						
Egy alkalommal kiadagolható öntözővíz mennyisége	●			●				●	
Egy alkalommal kiadagolandó öntözővíz mennyisége	●	●	●	●				●	
Öntözés gyakorisága			●	●					
Kiadagolás intenzitása					●	●	●		
Öntözővíz minősége				●	●	●			●
Felületi vízelvezetés szükségessége	●			●		●	●		
Felületalatti vízelvezetés szükségessége és körülményei	●			●	●	●		●	

Öntözési
mód

4. ábra. Mezőgazdasági vízgazdálkodási beavatkozások körülményeit meghatározó talajtani tényezők

nedvességtartalma közel holtvíztartalomig csökken, hisz ilyen esetben nincs a talajban a növény számára hasznosítható vízkészlet. Az egy alkalommal kiadagolható öntözővíz mennyiségének maximumát a víz befogadására alkalmas pórustér ($[VK - \theta] \times d$), az egy alkalommal kiadagolandó víz mennyiségét ezen túlmenően a tározott vízmennyiség növények számára hozzáférhető hányada (DV) határozza meg. Ettől függ viszont, hogy ez a vízmennyiség milyen időtartamra biztosítja a növények vízellátását, tehát az öntözést milyen gyakran szükséges megismételni. A felsorolt tényezők — a kiadagolás maximális intenzitását meghatározó paraméterekkel (IR, K, k) együtt — következtetést engednek levonni az öntözés módjára vonatkozóan. A felhasználható öntözővíz minőségét a növények sóérzékenysége mellett a talajszelvény és a terület drénviszonyai, valamint a talajoldat kémiai összetétele (koncentráció, ionösszetétel) befolyásolja.

Az egyre inkább mesterségesen szabályozott és irányított mezőgazdasági termelés, az optimálist egyre inkább megközelíteni célzó mezőgazdasági vízgazdálkodás, a pontosan kidolgozott technológiákra alapozott intenzív öntözéses gazdálkodás, a korszerű öntözésfejlesztés e jól definiált paraméterek számszerű értékeit már ma is igényli, de a jövőben semmiképpen sem nélkülözheti. Ezeket a mennyiségben és sokoldalúságban rohamosan növekvő igényeket talajtani tudományunk és talajvizsgálati gyakorlatunk egyre inkább képes megfelelő szinten, korszerűen kielégíteni.