

Az öntözővizek minősége és minősítése

FILEP GYÖRGY

Agrártudományi Egyetem, Debrecen

Az öntözővizek minősége elsősorban a víz kémiai összetételétől és lebegőanyag-tartalmától függ. A minősítés alapjául szolgáló jellemzők kiválasztásánál és a határértékek megállapításánál azonban, ezeken kívül, a víz alkalmazásának módját/körülményeit is figyelembe kell venni. Ebből a szempontból kiemelten fontosak:

- az öntözendő talaj tulajdonságai (szemcseösszetétele, szerkezete, vízáteresztő képessége, természetes vagy mesterséges drénezettség, sótartalma, kicserélhető Na-tartalma), a talajvíz szintje;
- az éghajlati adottságok (a légköri csapadék mennyisége és eloszlása);
- a termesztett növény fiziológiai sajátosságai (sótűrő képessége, vízigénye);
- az öntözés módja, gyakorisága.

Alapkövetelmény, hogy az öntözés hosszabb idő múlva se idézzen elő káros mértékű só- és/vagy Na-felhalmozódást a talajban.

Az öntözővíz kémiai jellemzői

A víz legfontosabb kémiai jellemzői: az oldott sótartalom, a hidrogén-karbonát- és karbonationok hatását kifejező mutatók, a nátriumionoknak a kalcium+magnézium-ionokhoz viszonyított mennyisége, s a magnézium-százalék.

Az öntözővíz oldott sótartalma

A víz sótartalmát koncentrációegységekben (a térfogategységben oldott sómennyiséggel), vagy az elektromos vezetőképességgel (*Electrical Conductivity*: EC) lehet kifejezni.

A koncentráció mértékegységei:

- a) mg/l, g/l, ritkábban g/m³, kg/m³, vagy
- b) mgeél/l (milligrammgyenérték per liter), geél/l, kgeél/m³.

A mgeél/l sókoncentráció egyenlő a vízben oldott kationok (Ca, Mg, Na, K) mgeél/l-ben megadott koncentrációjának összegével, azaz $c \text{ mgeél/l} = \sum k_{at} \text{ mgeél/l}$.

c) Az elektromos vezetőképesség szokásos mértékegysége pedig $\text{mS/cm} = \text{dS/m}$ (régebben: mmho/cm).

A víz elektromos vezetőképessége és sókoncentrációja között lineáris összefüggés van. A RICHARDS (1954) által közöltek szerint (ha $\text{EC} < 4$, s az EC mS/cm -ben van megadva):

$$c \text{ mg/l} = 640 \text{ EC}, \quad \text{és} \quad (1)$$

$$\Sigma \text{kat mgeé/l} = (c \text{ mgeé/l}) = 10 \text{ EC}. \quad (2)$$

Az előzőekből következik, hogy az öntözővízben megengedhető sótartalomra sem lehet általános érvényű határértékeket megszabni. Általában minél nagyobb a talaj vízáteresztő képessége, természetes vagy mesterséges drénezettsége, s minél több csapadék hull a területre, annál több só kerülhet a talajba káros következmények nélkül. Ennek megfelelően kötött, tömődött talajok öntözésére csak kis sókoncentrációjú víz használható, a jó vízáteresztésű (jó szerkezetű vagy durva szövetű) talajoknál azonban valamivel nagyobb sótartalmú víz is alkalmas lehet.

Magyarországon először ID. VÁRALLYAY és FEJÉR (1936), majd MADOS (1940) közölt ezzel kapcsolatban adatokat. Megállapították, hogy ha az öntözővíz sókoncentrációja kisebb 500 mg/l -nél ($0,78 \text{ mS/cm}$ -nél), általában nem növekszik számottevően az öntözött talaj sókészlete. Jó szerkezetű vályog vagy laza homoktalajokon viszont, ha a talajvíz mélyen van, ennél nagyobb: $800\text{--}1000 \text{ mg/l}$ ($1,25\text{--}1,56 \text{ mS/cm}$) koncentrációjú víz alkalmazása is megengedhető (FILEP, 1959, 1961), mivel ilyen területeken a légköri csapadék kilúgozó hatása képes megakadályozni a sófelhalmozódást.

A víz HCO_3^- - és CO_3^{2-} -tartalmának hatását értékelő mutatók

A talajba jutó öntözővíz betöményedése vagy hígulása, pH-jának és/vagy a talajlevegő CO_2 -tartalmának megváltozása, a $\text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+$ egyensúly eltolódását, az alkáliföldfém-karbonátok (CaCO_3 , MgCO_3) oldódását/kicsapódását vonja maga után. Nagy mennyiségű karbonát- és hidrogén-karbonát-iont tartalmazó rendszerekben ezért, a Ca- és Mg-ionok egy részének a



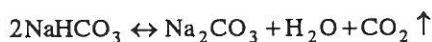
reakció szerinti leköttetésével, megnő az oldatban a Na-ionok részaránya, s nagyobb lesz a szikesítő hatása. A HCO_3^- - és CO_3^{2-} -ionok mennyiségének és kémiai kölcsönhatásainak tehát kiemelkedő jelentősége van a víz minősége szempontjából. A várható változások becslésére különböző paramétereket javasoltak. Ilyenek:

a) a fenolftaleinlúgosság (MADOS, 1940; ARANY, 1955);

b) a maradék nátrium-karbonát- vagy szódaegyenérték (MADOS, 1940; EATON, 1950; ARANY, 1955);

- c) a Langelier-index, vagy telítettségi index (BOWER et al., 1965);
 d) a $(\text{HCO}_3 + \text{CO}_3) / \Sigma$ anion arány (DARAB, 1962, 1969);
 e) a HCO_3 / Ca arány (WILCOX et al., 1954; SUAREZ, 1981); s
 f) az effektív Ca+Mg-koncentráció (THORNE & THORNE, 1954; FILEP, 1966).

a) *Fenolftaleinlúgosság.* – A fenolftaleinlúgosság szabad szóda (Na_2CO_3) és oldott Na-szilikát jelenlétét, a



egyensúly jobbra tolódását jelzi. Az ilyen víz erősen szikesítő hatású. Ezért a jó minőségű öntözővíz szódát egyáltalán nem tartalmazhat, fenolftaleinlúgosságot nem mutathat.

b) *A maradék nátriumkarbonát-egyenérték vagy számított szóda-egyenérték (Sz_e).* Az öntözővízben lehetséges nátrium-hidrogén-karbonát+nátrium-karbonát koncentrációt mutatja akkor, ha a Ca- és Mg-ionjai gyengén oldódó CaCO_3 és MgCO_3 alakjában kicsapódva eltűnnek az oldatból. Számítása:

$$Sz_e (\text{mgeé/l}) = (\text{HCO}_3 + \text{CO}_3) - (\text{Ca} + \text{Mg}), \quad (3)$$

ahol – ugyanígy a később tárgyalt jellemzők képletében is – az ionkoncentrációkat mgeé/l-ben kell megadni. (Az ionok töltését/vegyértékét a további összefüggésekben sem tüntetjük fel.) A (3)-ból számított szódatartalom mg/l-ben:

$$(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{sz} \text{ mg/l} = Sz_e \cdot 53.$$

(A Na_2CO_3 egyenértéktömege = 53). A maradék-karbonát a Na^+ -ban gazdag, de kis sótartalmú vizek javításához szükséges oldható kalciumsó mennyiségének becsléséhez is felhasználható. WILCOX et al. (1954) szerint, ha $Sz_e < 1,25$, akkor ez önmagában nem rontja lényegesen a víz minőségét, s ha $Sz_e > 2,5$, a víz javítás nélkül nem használható öntözésre.

c) *Telítettségi index.*

A zárt rendszerekben áramló vizeknél ($P_{\text{CO}_2} = \text{konstans}$), a CaCO_3 kicsapódásának-feloldódásának lehetősége az ún. *telítettségi index* (saturation index = SI) alapján becsülhető (LANGELIER, 1936). A LANGELIER-féle telítettségi index:

$$SI = \text{pH}_a - \text{pH}_s', \quad (4)$$

ahol pH_a = a víz aktuális (mért) pH-ja; pH_s' = a szilárd CaCO_3 -tal egyensúlyban lévő víz elméleti pH értéke.

A pH_s' -t a CaCO_3 oldhatósági konstansának és a szénsav disszociációs egyensúlyának figyelembevételével lehet kifejezni,

$$\text{pH}_s' = (\text{pH}_2' - \text{pK}_c') + \text{pCa} + \text{pAlk} \quad (5)$$

Jelölések: pK_2' = a szénsav második disszociációállandójának negatív logaritmus, $pK_2'' = -\log K_2''$; pK_c' = a $CaCO_3$ termodinamikai oldhatósági konstansának negatív logaritmus; pCa = a Ca-ion mol/l-ben kifejezett koncentrációjának negatív logaritmus; $pAlk = p(HCO_3 + CO_3)$ = a mol/l-ben megadott $HCO_3 + CO_3$ -koncentráció negatív logaritmus. Ca mmol/l = 0,5 (mgeél/l); $(HCO_3 + CO_3)$ mmol/l = mgeél/l.

Ha $pH_a > pH_s$ (vagyis az SI pozitív szám) kalcium-karbonát *kicsapódása*, ha $pH_a < pH_s$ (negatív SI) a kalcium-karbonát *oldódása* valószínű.

Később BOWER et al. (1968) egy módosított telítettségi indexet használtak:

$$SI = 8,4 - pH_s, \quad (6)$$

ahol 8,4 a levegő CO_2 -tartalmával egyensúlyban lévő meszes, nem szikes talaj folyadékfázisának pH-ja. A pH_s számításánál pedig pCa helyett $p(Ca+Mg)$ -ot vették figyelembe, vagyis

$$pH_s = (pK_2' - pK_c') + p(Ca + Mg) + pAlk \quad (7)$$

Mivel a képletben a $Ca+Mg$ és a HCO_3+CO_3 ionoknak nem az aktivitása, hanem a koncentrációja szerepel, a $(pK_2' - pK_c')$ értéke függ az oldat ionerősségétől (összes koncentrációjától) is. A $(pK_2' - pK_c')$ ionerősséggel korrigált értékét a

$$(pK_2' - pK_c') = 2,0269 + 0,509 \frac{4\sqrt{I}}{1+2\sqrt{I}} + \frac{\sqrt{I}}{1+1,45\sqrt{I}}$$

egyenlet adja meg, ahol 2,0269 a $(pK_2' - pK_c')$ értéke akkor, ha $K_2 = 4,7 \cdot 10^{-11}$, azaz $-\log K_2 = pK_2 = 10,3279$, ill. $K_c = 5 \cdot 10^{-9}$ és $-\log K_c = pK_c = 8,301$. Az I ionerősség, egyszerűen becsülhető a mgeél/l-ben megadott sókoncentráció (Σkat) ismeretében. BOWER et al. (1968) szerint:

$$I = [1,3477(\Sigma kat) + 0,5355] - 0,001,$$

vagy az oldat elektromos vezetőképességéből kiindulva,

$$I = 0,013EC + 0,00536.$$

Az utóbbi egyenlet mintegy 10 %-kal nagyobb értékeket ad, mint a GRIFFIN és JURINAK (1973) által javasolt: $I = 0,0127 EC$ összefüggés.

Számítási példa. A víz kémiai jellemzői:

HCO_3^-	4,5 mgeél/l	Ca^{2+}	3,1 mgeél/l
CO_3^{2-}	Ø	Mg^{2+}	1,8
		Na^+	4,0
Alk =	4,5 mgeél/l	$\Sigma kat =$	8,9 mgeél/l

A számítás menete. A $\Sigma kat = 8,9$ esetén a $(pK_2' - pK_c') = 2,26$. Ezután számítjuk a $(Ca+Mg) = 4,9$ mgeél/l = 0,0025 mol/l-hez tartozó $pCa+Mg$ értéket, ami 2,60. Hasonlóan kapjuk, hogy $HCO_3 + CO_3 = 4,5$ mgeél/l-nél a $p(HCO_3 + CO_3) = 2,35$. Az adatokat behelyettesítve

$$pH_s = 2,26 + 2,60 + 2,35 = 7,2$$

$$SI = 8,40 - 7,21 = 1,19.$$

d) $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3 / \Sigma \text{anion}$ arány. – DARAB (1962) szerint, ha az anionoknak több mint fele HCO_3^- és CO_3^{2-} (azaz a $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3 / \Sigma \text{anion}$ arány nagyobb, mint 0,5), hidrogén-karbonát-típusú, ha pedig ez a hányados kisebb 0,5-nél, akkor kevert anionösszetételű a víz. Az alkáliföldfém-karbonátok kicsapódását és a víz szikesítő hatását ennek figyelembevételével javasolta értékelni.

e) HCO_3 / Ca arány. – FINE et al. (1959) rámutattak, hogy az olyan öntözővizek hatására, amelyekben a HCO_3 / Ca arány nagy, jobban emelkedett a talajban a kicserélhető Na%, mint amikor hasonló kationösszetételű, de kisebb HCO_3^- -tartalmú vizet használtak. SUAREZ (1981) feltételezve, hogy öntözött területeken a Mg-ionok kicsapódásának kicsi a valószínűsége, kiszámította a különböző összetételű vizek oldatban maradó, *hatékony* Ca^{2+} -koncentrációját

1. táblázat

Az egyensúlyi kalciumkoncentráció (Ca_e) az öntözött talaj felső rétegében, az öntözővízben mért HCO_3 / Ca aránytól és sókoncentrációtól (EC) függően*

HCO_3 Ca	(1) Az öntözővíz elektromos vezetőképessége (EC) mS/cm								
	0,2	0,3	0,5	0,7	1	1,5	2	3	4
0,15	6,54	6,69	6,92	7,11	7,34	7,65	7,90	8,31	8,64
0,20	5,40	5,52	5,71	5,87	6,06	6,31	6,52	6,86	7,13
0,25	4,65	4,76	4,92	5,06	5,22	5,44	5,62	5,91	6,15
0,30	4,12	4,21	4,36	4,48	4,62	4,82	4,98	5,24	5,44
0,35	3,72	3,80	3,94	4,04	4,17	4,35	4,49	4,72	4,91
0,40	3,40	3,48	3,60	3,70	3,82	3,98	4,11	4,32	4,49
0,45	3,14	3,22	3,33	3,42	3,53	3,68	3,80	4,00	4,15
0,50	2,93	3,00	3,10	3,19	3,29	3,43	3,54	3,72	3,87
0,75	2,24	2,29	2,37	2,43	2,51	2,62	2,70	2,84	2,95
1,00	1,85	1,89	1,96	2,01	2,09	2,16	2,23	2,35	2,44
1,25	1,59	1,63	1,68	1,73	1,78	1,86	1,92	2,02	2,10
1,50	1,41	1,44	1,49	1,53	1,58	1,65	1,70	1,79	1,86
1,75	1,27	1,30	1,35	1,38	1,43	1,49	1,54	1,62	1,68
2,00	1,16	1,19	1,23	1,26	1,31	1,36	1,40	1,48	1,54
2,25	1,08	1,10	1,14	1,17	1,21	1,26	1,30	1,37	1,42
2,50	1,00	1,02	1,06	1,09	1,12	1,17	1,21	1,27	1,32
2,75	0,94	0,96	0,99	1,02	1,05	1,10	1,14	1,20	1,24
3,00	0,89	0,91	0,94	0,96	1,00	1,04	1,07	1,13	1,17
3,25	0,84	0,86	0,89	0,92	0,94	0,98	1,02	1,07	1,11
3,50	0,80	0,82	0,85	0,87	0,90	0,94	0,97	1,02	1,06
4,00	0,73	0,75	0,78	0,80	0,82	0,86	0,88	0,93	0,97
4,50	0,68	0,69	0,72	0,74	0,76	0,79	0,82	0,86	0,90
5,00	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,74	0,76	0,80	0,83
7,00	0,50	0,52	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,64	0,67

* Ha $P_{\text{CO}_2} = 0,0007$ atm., és MgCO_3 kicsapódás nincs

(Ca_x mgeé/l). A víz elektromos vezetőképességére, valamint a HCO_3/Ca arányra és a felső talajrétegben valószínű CO_2 nyomásra ($P_{CO_2} = 0,0007$ atm.) alapozott elméleti számítások eredményét az 1. táblázat foglalja össze. A táblázatból kitűnik, hogy minél nagyobb egy adott sókoncentrációjú vízben a HCO_3/Ca arány, a talajjal érintkezve annál kevesebb Ca-ion marad oldatban. A Ca_x -et a később tárgyalta, ún. korrigált Na% és a korrigált nátrium adszorpciós arány számításához is fel lehet használni.

f) *Effektív Ca+Mg koncentráció.* – Több kísérlet és számítás szintén azt bizonyítja, hogy a talajba került öntözővíz Ca- és Mg-ionjainak csak egy része (átlagosan a HCO_3+CO_3 -ionok 1/4 részével egyenértékű hányada) csapódik ki $CaCO_3$ és $MgCO_3$ formájában (THORNE & THORNE, 1954; ill. FILEP, 1966), s a víz hatékony Ca+Mg-tartalma sokszor jóval kisebb a laboratóriumban mért mennyiségnél. Az effektív Ca+Mg-koncentráció becslésére a következő egyenlet használható:

$$(Ca + Mg)_{\text{eff}} = (Ca + Mg)_{\text{mért}} - 0,25(HCO_3 + CO_3) \quad (8a)$$

vagy bevezetve a $(HCO_3+CO_3) = \text{alkalinitás} = \text{Alk}$ jelölést,

$$(Ca + Mg)_{\text{eff}} = (Ca + Mg - 0,25(Alk)). \quad (8b)$$

A (8.b) egyenlet felhasználásával számított *effektív sókoncentráció pedig:*

$$\Sigma \text{kat}_{\text{eff}} (\text{mgeé/l}) = (Ca + Mg + Na + K) - 0,25Alk. \quad (8c)$$

A vízben oldott Na-ionok relatív mennyisége

Az öntözővíz kationösszetétele akkor kedvező, ha kevés Na-iont tartalmaz. A víz szikesítő (a talaj kicserélhető Na %-át növelő) hatása szempontjából azonban nem a Na-ionok abszolút mennyisége, hanem – az adott sótartalom belül – a többi kationhoz viszonyított részaránya a döntő. A víz relatív Na^+ -tartalmát és várható szikesítő hatását a Na% és/vagy a nátrium adszorpciós arány (SAR) mutatja.

Az öntözővíz nátriumszázaléka

a) *Mért Na %.* A mért kationkoncentrációk felhasználásával számított jellemző,

$$Na\% = \frac{Na}{Ca + Mg + Na + K} \cdot 100 = \frac{Na}{\Sigma \text{kat}} \cdot 100 \quad (9)$$

A képletben a Ca-, Mg-, Na- és K-ionok mgeé/l-ben megadott koncentrációja van feltüntetve. A megengedhető Na % értéke függ a víz sókoncentrációjától, a $(HCO_3+CO_3)/(Ca+Mg)$ aránytól, s az öntözendő talaj sajátja-

gaitól. Több kutató szerint, kis sótartalmú öntözővizekben – átlagos körülmények között – Magyarországon maximum 40-45 körüli lehet a Na % (MADOS, 1940; ARANY, 1955; FILEP, 1961; DARAB, 1962).

b) *Effektív Na %*. THORNE és THORNE (1954), valamint FILEP (1966) rámutatott, hogy az öntözővíz szikes vagy nem szikes jellege pontosabban kifejezhető akkor, ha a számításhoz nem a mért, hanem az effektív Ca+Mg-koncentrációt (8. egyenlet) használjuk. Ennek megfelelően az ún. *effektív Na %*:

$$\text{eff. Na\%} = \frac{\text{Na}}{(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}) - 0,25(\text{HCO}_3 + \text{CO}_3)} \cdot 100. \quad (10)$$

Számértéke tehát nagyobb a (9) egyenlettel kapottnál, s az ugyanolyan Na %-ú vizeknél is más lesz, ha a (HCO₃+CO₃) koncentrációjuk különböző.

c) *Korrigált Na %*. A mért Ca-ionkoncentráció helyett a SUAREZ (1981) szerinti hatékony Ca²⁺-koncentrációt (*Ca_x-et*) helyettesítjük a (9) összefüggésbe (AYERS & WESTCOT, 1985), azaz

$$\text{korr. Na\%} = \frac{\text{Na}}{\text{Ca}_x + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}} \cdot 100 \quad (11)$$

Nátriumadszorpciós arány (RICHARDS, 1954)

a) *A mért koncentrációkból számított SAR:*

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}}, \quad (12)$$

ahol SAR = a nátrium adszorpciós arány = sodium adsorption ratio. Az ionkoncentrációk mértékegysége: mgé/l.

Az SAR értéke nemcsak a víz relatív Na-tartalmától, hanem az összes sókoncentrációtól is függ. Így kifejezi azt is, hogy az oldatok koncentrációjának emelkedésével a szikesítő hatásuk megnő. Ugyanolyan relatív Na-tartalom (Na %) esetén, a kétszer nagyobb sókoncentrációjú víz SAR-értéke $\sqrt{2}$ -ször (1,41-szer) nagyobb, mint a fele akkora sótartalmú öntözővízé.

b) *Helyesbített (adjusted) SAR*. BOWER et al. (1968) az SAR módosításánál a (6) egyenlettel definiált telítettség indexet vették figyelembe,

$$\text{adj. SAR} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}} \cdot (1 - \text{SI}) = \text{SAR} [1 + (8,4 - \text{pH}_s)]. \quad (13)$$

(A pH_s kiszámítása az előzőleg tárgyalt módon történik.)

c) *Korrigált SAR*. OSTER és RHOADES (1977), majd SUAREZ (1981) szerint, az *adj. SAR* jelentősen túlbecsüli az öntözővíz szikesítő hatását, ezért célszerűbb a minősítéshez az $0,5 \text{adj. SAR}$ értéket használni. A legpontosabb megközelítést azonban a hatékony Ca^{2+} -koncentrációra (Ca_x) alapozott, ún. *korrigált SAR* teszi lehetővé, azaz

$$\text{korr. SAR} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{\text{Ca}_x + \text{Mg}}{2}}} \quad (14)$$

(A Ca_x értékét az 1. táblázatból lehet becsülni.)

d) *Effektív SAR*. A Ca- és Mg-ionok egy részének (a $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$ 1/4-ével egyenértékű mennyiségének) kicsapódását feltételezve, az effektív SAR a következőképpen számítható (FILEP, 1992),

$$\text{eff. SAR} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{(\text{Ca} + \text{Mg}) - 0,25(\text{HCO}_3 + \text{CO}_3)}{2}}} \quad (15)$$

Számítási példa. A víz kémiai jellemzői:

HCO_3	5,2	mgeél/l	(0,0052 mol/l)
CO_3	∅		
Ca	1,52	mgeél/l	(0,00076 mol/l)
Mg	1,21	"	(0,00060 mol/l)
Na	3,25	"	
K	0,37	"	
Σkat	6,35		

Tehát: $\text{EC} = 0,635$; a $\text{HCO}_3/\text{Ca} = 3,4$, s így a Ca_x az 1. táblázat szerint $= 0,86$ mgeél/l (interpolált érték).

Eredmények:

$$\text{SAR} = \frac{3,25}{\sqrt{\frac{2,73}{2}}} = 2,80;$$

$$\text{adj. SAR} = 2,8[1 + (8,4 - 7,49)] = 5,35;$$

ahol $\text{pH}_s = 2,35 + 2,86 + 2,28 = 7,49$;

$$\text{korr. SAR} = \frac{3,25}{\sqrt{\frac{0,86 + 1,21}{2}}} = 3,20;$$

$$\text{eff. SAR} = \frac{3,25}{\sqrt{\frac{2,73 - 0,25(5,2)}{2}}} = 3,84.$$

Mg/(Ca+Mg) arány

A nagy magnéziumtartalmú öntözővízből jelentős mennyiségű Mg-ion kötődhet a talajkolloidokhoz. Mivel a Mg-ionok adszorpciós affinitása nagyobb, mint a Na-ionoké, könnyebben tudják kicserélni az adszorbeált Ca-ionokat, mint a Na⁺. A nagy mennyiségű adszorbeált magnézium viszont egyrészt kedvezőtlenül hat a talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságaira, másrészt a magnéziumban gazdag talajok (szikes oldatokkal érintkezve) gyorsabban szikesednek el, mint a hasonló kolloidtartalmú Ca-talajok. Az előzőekből következik, hogy a vízminősítésnél a Mg:(Ca+Mg) arányt, vagy annak százalékos értékét is célszerű figyelembe venni (ARANY, 1955, 1956):

$$\text{Mg}\% = \frac{\text{Mg}}{\text{Ca} + \text{Mg}} \cdot 100 \quad (16)$$

Ha a Mg % nagyobb, mint 50 %, csak az öntözendő talaj tulajdonságainak (vízáteresztő képességének, magnéziumtartalmának stb.) ismeretében lehet dönteni a víz felhasználásáról.

Az öntözővizek minősítésének alapelvei

ID. VÁRALLYAY és FEJÉR (1935, 1936), MADOS (1940), ARANY (1955) kutatásait összegezve és továbbfejlesztve készült el Magyarországon az első részletes hazai vízminősítési rendszer (FILEP, 1959, 1961). Eszerint a sókoncentráció, a Na %, a számított szódaegyenérték és a fenoltaleinlúgosság alapján, a különböző összetételű természetes vizek 5 nagy csoportba (minőségi kategóriába) tartoznak:

- I. *Kifogástalan* minőségű vizek (a sókoncentráció < 500 mg/l; Na % < 35).
- II. *Feltételesen*, illetve esetenként *alkalmas öntözővizek* (a. A sótartalom miatt csak jó vízáteresztő képességű talajokon; b. A Na % miatt csak egyes szikes talajok öntözésére alkalmazható).
- III. *Javítás után* alkalmas (a. Hígítás után; b. Kémiai javítás után).
- IV. *Javítás után* is csak *feltételesen* alkalmazható (a. Hígítás után is csak jó vízáteresztő képességű talajoknál; b. Kémiai javítás után is csak jó vízáteresztő képességű, laza talajok öntözésére).
- V. *Alkalmatlan* (eredményesen nem javítható).

Az elbírálás alapjául szolgáló kémiai jellemzők körét később – az osztályozási kategóriákat és a fontosabb határértékeket megtartva – DARAB (1962, 1969) az anion szerinti víztípussal bővítette.

A legfontosabb vízkémiai jellemzők összehasonlítása

Különböző természetes vizek jellemzőit összehasonlítva (2. táblázat), a következőket lehet megállapítani.

2. táblázat
Néhány vízminta fontosabb kémiai jellemzői

(1) Jellemzők	(2) A minta száma									
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
HCO ₃ ⁻ , mgeé/l	2,90	4,40	3,71	4,20	10,10	5,40	8,72	12,90	6,50	2,11
CO ₃ ²⁻ , mgeé/l	∅	∅	0,40	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅
Cl ⁻ , mgeé/l	1,01	1,27	7,34	0,79	8,22	1,04	0,18	0,85	4,54	1,60
SO ₄ ²⁻ , mgeé/l	0,58	∅	∅	2,82	∅	ny	3,59	4,16	9,04	0,74
Ca ²⁺ , mgeé/l	1,83	2,71	2,32	2,13	3,71	2,50	4,90	5,80	8,12	2,46
Mg ²⁺ , mgeé/l	1,47	0,84	1,44	2,33	1,93	1,47	4,19	7,67	6,08	0,30
Na ⁺ , mgeé/l	1,07	2,17	7,73	3,43	12,61	2,48	3,30	2,80	6,95	1,70
K ⁺ , mgeé/l	0,10	0,17	-	0,16	-	0,16	0,06	-	0,04	-
Σ kat, mgeé/l	4,47	5,89	11,49	8,05	18,25	6,61	12,45	16,27	21,19	4,46
HCO ₃ +CO ₃ /Σ anion	0,64	0,78	0,73	0,53	0,55	0,83	0,70	0,72	0,35	0,47
HCO ₃ /Ca	1,58	1,62	1,58	1,97	2,72	2,16	1,78	2,22	0,80	1,33
Ca _x , mgeé/l	1,44	1,47	1,43	1,27	1,12	1,27	1,97	1,23	2,70	1,66
korr. Σ kat, mgeé/l	4,08	4,65	10,6	7,19	15,66	5,38	9,52	11,70	15,77	3,66
eff. Σ kat, mgeé/l	3,75	4,79	10,46	7,00	15,73	5,26	10,27	13,05	19,57	3,93
a) Mért Na %	24	37	67	43	69	37	27	17	33	38
b) Korr. Na %	27	48	73	48	80	46	37	24	44	46
c) Eff. Na %	28,6	45,6	70,4	49,0	80,2	47,1	32	21,5	35,5	43,2
SAR	0,83	1,63	5,64	2,24	7,65	1,76	1,55	1,08	2,60	1,45
d) Korr. SAR	0,89	2,02	6,45	2,56	10,21	2,12	1,97	1,33	3,32	1,71
e) Eff. SAR	0,94	1,96	6,61	2,63	10,10	2,17	1,77	1,24	2,80	1,61
f) Adj. SAR	1,56	3,37	11,30	4,75	19,27	3,88	4,19	3,26	7,07	2,61
Adj. SAR/SAR	1,88	2,06	2,00	2,12	2,51	2,20	2,70	3,00	2,70	1,80

Megjegyzés: Az ún. *effektív* SAR, Na% és Σkat akkor számítható, ha Ca+Mg > 0,25 (HCO₃ + CO₃)

1. A DARAB által használt HCO₃ + CO₃/Σanion arány (az ún. anion szerinti víztípus) alapján nem lehet számítani a SAR-nak és a Na %-nak a CaCO₃ esetleges kicsapódása miatti változását, így ez a paraméter nem fejezi ki a hidrogén-karbonát- és karbonátionoknak a víz minőségére gyakorolt hatását. Pl. a hasonló sókoncentrációjú 1. és 10. mintánál a HCO₃+CO₃/Σanion arány a fenti sorrendben 0,64 és 0,47. A korr. SAR viszont az 1. számúnál csak 7 %-kal, a jóval kisebb relatív hidrogén-karbonát-tartalmú 10. jelűnél pedig 18 %-kal nagyobb, mint a mért SAR.

2. A módosított Langelier-indexszel „helyesbített” SAR (adj. SAR) a bemutatott mintáknál is jelentősen túlértékeli a víz szikesítő hatását. Az adj. SAR ezeknél a vizeknél 1,8-3,0-szorosa (átlagosan 2,3-szerese) a nem korrigált SAR-nak.

3. A különbözőképpen korrigált SAR és Na % (a HCO_3/Ca aránytól, ill. a HCO_3+CO_3 és a Ca+Mg koncentrációtól függően), mindig valamivel nagyobb – a korrigált sókoncentráció (Σkat) viszont kisebb – mint a mért adatokból közvetlenül számított értékek.

4. Az egyszerűen becsülhető, ún. *effektív SAR*, *eff. Na %* és *eff. Σkat* számértékei [(15), (10) és (8c) egyenlet] jól egyeznek a külföldön leginkább elfogadott, Ca_x -szel korrigált SAR (AYERS és WESTCOT, 1985), illetve a korr. Na % és korr. Σkat értékekkel.

A javasolt öntözővíz-minőségi kategóriák

A vizsgált paraméterek információtartalmát mérlegelve kitűnik, hogy az öntözővíz minőségének elbírálásánál elsősorban a három *alajjellemző*:

- a sókoncentráció vagy elektromos vezetőképesség (EC mS/cm),
- a Na % és
- az SAR számértékét, valamint

ezeknek, a HCO_3/Ca arány vagy a $(\text{Ca}+\text{Mg})\cdot 0,25(\text{HCO}+\text{CO}_3)$ tapasztalati egyenlet alapján korrigált értékeit kell figyelembe venni.

Az öntözővizek minősítése, szikesítő hatásuk becslése világszerte a sókoncentráció és az SAR (RICHARDS, 1954; AYERS & WESTCOT, 1985), vagy a sókoncentráció és a Na % alapján történik (ARANY, 1955; FILEP, 1959, 1961; DARAB, 1962, 1969). Nyilvánvaló azonban, hogy jóval több gyakorlati információt nyújt a három alajjellemző (sókoncentráció, Na %, SAR) összevont értékelése. Ehhez mindenek előtt a közöttük fennálló összefüggés matematikai megfogalmazása szükséges. Levezethető (FILEP, 1992), hogy

$$\text{SAR} = 0,02\text{Na}\% \sqrt{\frac{\Sigma\text{kat}}{2 - 0,02 \cdot \text{Na}\%}}, \quad (17)$$

illetve

$$\text{Na}\% = \frac{\sqrt{0,000025\text{SAR}^4(\Sigma\text{kat})^2 + 0,0002\text{SAR}^2(\Sigma\text{kat})^3} - 0,005\text{SAR}^2 \Sigma\text{kat}}{0,0002(\Sigma\text{kat})^2}, \quad (18)$$

ahol $\Sigma\text{kat} = 10 \cdot \text{EC} =$ a sókoncentráció mgé/l. A két egyenlet segítségével tehát ki lehet számítani, hogy a különböző sókoncentrációkhoz és Na %-hoz milyen SAR érték, ill. adott SAR-hez – tetszőleges sókoncentráció esetén – milyen Na%-érték tartozik.

A korábbi vízminősítési irányelvek és a talaj/öntözővíz kölcsönhatással kapcsolatos szakirodalmi adatok felhasználásával végzett számításaink eredménye, az 1. ábrán látható. Az ábra szerint a sókoncentráció és az SAR érték alapján 4 nagy csoportba lehet besorolni a különböző minőségű öntözővizeket.

I. csoport

Minden esetben használható az öntözővíz, ha a sókoncentrációja ≤ 500 mg/l ($EC \leq 0,78$ mS/cm) és az SAR ≤ 2 . A megengedhető Na % pedig a sókoncentrációtól, ill. a víz elektromos vezetőképességétől függ. A kategórián belül két alcsoportot célszerű megkülönböztetni.

Ia. Kiváló minőségű. A sókoncentráció ≤ 500 mg/l ($EC \leq 0,78$ mS/cm) és az SAR < 1 . Ebben a csoportban, $c = 500$ mg/l sókoncentráció esetén a Na % ≤ 23 lehet; ha $c = 250$ mg/l ($EC = 0,39$ mS/cm) a Na% ≤ 30 , és így tovább. Az öntözési idény nagy részében ilyen minőségű a jelentősebb hazai folyók és víztározók vize.

Ib. Jó minőségű öntözővíz. A sókoncentráció ≤ 500 mg/l ($EC \leq 0,78$ mS/cm), az SAR 1–2 közötti. Ha $c = 500$ mg/l, a Na % max. 40; ha $c = 250$ mg/l ($EC = 0,39$ mS/cm), a Na % ≤ 47 , stb.

II. csoport

Csak egyes talajok öntözésére alkalmas, de javítás után minden esetben használható öntözővizek. Ez a kategória három alcsoportra osztható:

IIa. Javítás nélkül felhasználható a víz *homok és jó vízálló szerkezetű vályog* talajok öntözésére (ahol a talajvíz mélyen van) akkor, ha: a sókoncentrációja 500–1000 mg/l ($EC = 0,78$ – $1,6$ mS/cm), az SAR < 2 , a Na % ≤ 25 – 40 . Szakszerű *hígítás* után pedig, mivel a sókoncentráció és az SAR az I. csoportra jellemző értékre csökken, bármilyen talaj öntözésére alkalmas.

IIb. Ha a víz sókoncentrációja kisebb 500 mg/l-nél ($EC < 0,78$ mS/cm), de az SAR 2 és 4 között van, Na %-a pedig (a sótartalomtól függően) 40–75 közé esik, javítás nélkül csak szikes legelők öntözésére használható. Nem szikes talajok öntözése esetén szükséges a víz *kémiai javítása, gipszszése*. (Javítás után a sókoncentráció megnő, a Na % viszont jelentősen csökken).

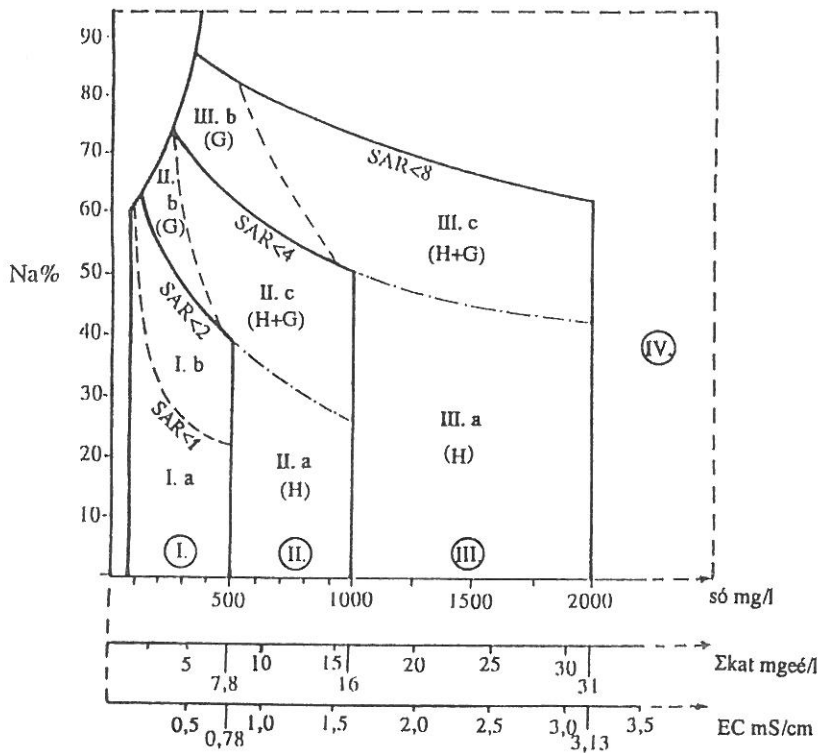
IIc. Nem szikes talajok öntözésére *csak hígítás és/vagy kémiai javítás* után alkalmas a víz akkor, ha a sókoncentrációja 350–1000 mg/l ($EC = 0,55$ – $1,6$ mS/cm), az SAR azonban 2–4, a Na % pedig (1000 mg/l koncentráció esetén) 50 feletti, kis sókoncentráció mellett pedig ≥ 70 %.

III. csoport

A javítás után is csak egyes talajok öntözésére használható természetes vizek sókoncentrációja ≤ 2000 mg/l ($EC \leq 3,1$), az SAR = 4–8. (Az alcsoportokra jellemző paraméterek értékelésénél itt is az 1. ábrát lehet figyelembe venni).

IV. csoport

Öntözésre nem használható és nem javítható a víz, a nagy sótartalom vagy a nagy Na-tartalma miatt.



I. ábra

Az öntözővíz kémiai jellemzői és minősége közötti összefüggések.

Öntözővíz-minőségi kategóriák; I. Minden esetben alkalmazható. II. Csak egyes talajok öntözésére használható, javítás után minden esetben alkalmas. III. Javítás után is csak egyes talajok öntözésére alkalmas. IV. Öntözésre nem használható.

H = hígítással, G = gipszszéssel javítható

Az egyes kategóriák határértékei – az ismeretek bővülésével – később változhatnak, a kémiai jellemzők közötti kapcsolatot kifejező (17) és (18) egyenlet viszont általános érvényű törvényszerűségeket tükröz.

A mért ionkoncentrációk alapján végzett besorolás sokszor – különösen határesetekben – nem ad reális képet a víz szikesítő hatásáról. Általában a HCO_3/Ca arány alapján végzett számításokkal, vagy a $(\text{Ca}+\text{Mg})-0,25(\text{HCO}+\text{CO}_3)$ egyszerű tapasztalati egyenletből (8a egyenlet) kiindulva, a hidrogén-karbonát-ionok módosító hatását is figyelembe kell venni. Nemegyszer az öntözővíz alkalmazhatósági kategóriája is más lesz, ha a HCO_3/Ca aránytól és a sókoncentrációtól függő Ca_x , illetve a Ca_x -szel vagy az effektív $(\text{Ca}+\text{Mg})$ tartalommal korrigált SAR, Na % és sókoncentráció alapján végezzük a minősítést (3. táblázat). A 3. táblázatban szereplő A. és B. jelű minta, a mért adatokból számított, nem korrigált jellemzők szerint minden esetben alkalmas öntözésre (1. ábra). Ez

a besorolás az *A. mintánál*, a korrigált értékeket használva sem változik. A hasonló sótartalmú *B. vízminta* azonban – mivel a korr. SAR = 2,25; a korr. Na % pedig 49 – csak a szikes talajoknál, ill. a csak kémiai javítás után alkalmazható csoportba (II.b.) kerül. A *C. öntözővíz*, nagyobb sókoncentrációja miatt, első közelítésben a II.a. kategóriába tartozik, a korrigált mutatók figyelembevételével viszont jó vízáteresztő képességű talajoknál is csak javítás után alkalmas öntözésre.

3. táblázat
Vízminők minősítése a mért és a korrigált jellemzők alapján

(1) Jellemzők	(2) A vízminta jele		
	A	B	C
HCO ₃ ⁻ , mgeé/l	2,90	5,45	7,15
CO ₃ ²⁻ , mgeé/l	∅	∅	∅
Cl ⁻ , mgeé/l	1,75	1,15	2,45
SO ₄ ²⁻ , mgeé/l	2,35	0,40	1,75
Ca ²⁺ , mgeé/l	3,30	2,90	4,95
Mg ²⁺ , mgeé/l	1,10	1,45	2,70
Na ⁺ , mgeé/l	2,55	2,65	3,60
Σ kat, mgeé/l	6,95	7,00	11,25
EC, mS/cm	0,695	0,70	1,125
a) Sókonzentráció, mg/l	445,0	448,0	720,0
SAR	1,72	1,79	1,84
Na %	36,5	37,8	32,0
HCO ₃ /Ca	0,878	1,88	1,45
Ca _x , mgeé/l	2,20	1,32	1,61
b) korr. Σ kat, mgeé/l	5,85	5,42	7,91
c) eff. Σ kat, mgeé/l	6,22	5,63	9,46
d) korr. sókonc., mg/l	375,0	347,0	506,0
e) eff. sókonc., mg/l	398,4	360,3	605,4
f) korr.SAR	1,98	2,25	2,45
g) eff.SAR	1,88	2,16	2,31
h) korr.Na %	43,6	49,0	45,5
i) eff. Na %	41,0	47,1	38,1

Cseppenkénti öntözésnél, a tárgyalt jellemzők mellett, számolni kell a *csepegtető testek eltömődésének veszélyével* is. Eltömődést okozhat: a vízben lebegő hordalék (iszap, agyag stb.), a nem oldódó vegyületek képződése (kalcium-karbonát, vas- és mangánhidroxidok, vasfoszfátok kicsapódása), a mikroorganizmusok elszaporodása, valamint a bakteriális tevékenységből eredő vas-, mangán- és kéntartalmú üledék. *Felszíni vizeknél a legfontosabb paraméterek:* az összes lebegő anyag mennyisége, s a CaCO₃ kicsapódását jelző mutatók, pl. a víz keménysége vagy a $(Ca-Ca_x) \cdot 50$ szorzat értéke (ahol 50 = CaCO₃ egyen-

értéktömege). Szerves szennyezőket tartalmazó felszíni vizeknél (az említeteken kívül): a biológiai oxigénigény (BOI), a kémiai oxigénigény (KOI), az összes szervesanyag-tartalom, s az összes baktériumszám ismerete is szükséges.

Cseppenkénti öntözésre használt felszín alatti vizeknél pedig: az oldott oxigén, a vas- és mangán-koncentráció, a kénhidrogén- (H_2S) koncentráció, a vasbaktériumok és a szulfátredukáló baktériumok mennyisége a mértékadó.

A fentiekkel kapcsolatos néhány határértéket a 4. táblázat tartalmaz.

4. táblázat

A csepegtető testek eltömődésének veszélyét jelző vízminőségi mutatók
(NAKAYAMA, 1982, cit. AYERS & WESTCOT, 1985)

(1) Jellemzők	(2) Eltömődési veszély		
	(3) Nincs	(4) Mérsékelt	(5) Nagy
a) Összes lebegő anyag, mg/l	< 50	50-100	> 100
Fe, mg/l	< 0,1	0,1-1,5	> 1,5
Mn, mg/l	< 0,1	0,1-1,5	> 1,5
H_2S , mg/l	< 0,5	0,5-2,0	> 2,0
pH	< 7,0	7,0-8,0	> 8,0
b) Baktériumszám, db/ml	< 10000	10000-50000	> 50000

Hangsúlyozni kell, hogy mindegyik öntözővíz-minősítési rendszer csak általános irányelveként kezelhető, mivel a víz alkalmazásának feltételeit a helyi körülmények (talajtulajdonságok, éghajlati adottságok, öntözési mód, öntözési rend stb.) is jelentősen befolyásolják.

Összefoglalás

Áttekintettük az öntözővíz minőségének kifejezésére használható kémiai jellemzőket, majd a magyarországi vízminősítési irányelvekben és a külföldi szakirodalomban javasolt határértékekből kiindulva, számítottuk a három alapjellemező (a víz sókoncentrációja, Na %-a és SAR értéke) közötti összefüggéseket.

A (17) és a (18) egyenlet felhasználásával, pontosan definiált és könnyen értelmezhető minőségi csoportokba osztottuk a különböző összetételű természetes vizeket (1. ábra). A ($HCO_3 + CO_3$)-ionoknak a víz szikesítő hatását növelő – az 1. ábra szerinti besorolást módosító – szerepét, a HCO_3/Ca aránytól függő hatékony Ca^{2+} -koncentrációval (1. táblázat), vagy az effektív (Ca+Mg) koncentrációval ((8a) egyenlet) korrigált Na %, SAR és Σkat alapján lehet megítélni.

Irodalom

- ARANY S., 1955. Öntözővizek a tiszalöki öntözőrendszerben. *Agrokémia és Talajtan.* 4. 97–108.
- ARANY S., 1956. A szikes talaj és javítása. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W., 1985. Water quality for agriculture. *FAO Irrig. and Drainage Paper.* 29. Rev 1. Rome
- BOWER, C. A. et al., 1965. An index of the tendency of CaCO_3 precipitation from irrigation waters. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 29. 91–92.
- BOWER, C. A., OGATA, G. & TUCKER, J. M., 1968. Sodium hazard of irrigation waters as influenced by leaching fraction and by precipitation or solution of calcium carbonate. *Soil Sci.* 106. 29–34.
- DARAB K., 1962. Talajgenetikai elvek felhasználása az Alföld öntözésénél. *OMMI Kiadványok.* No 4. Budapest.
- DARAB K., 1969. A talajvizek és öntözővizek elbírálása a szikesedés nézőpontjából. In: DARAB K. & FERENCZ K.: Öntözött talajok talajtérképezése. 94–104. *OMMI Kiadványok.* No 10. Budapest.
- EATON, F. M., 1950. Significance of carbonates in irrigation waters. *Soil Sci.* 69. 123–133.
- FILEP GY., 1959. Öntözővizek minőségi csoportosítása kémiai összetételük alapján. *Egyetemi dokt. ért., Gödöllő.*
- FILEP GY., 1961. Öntözésre szánt vizek gyakorlati osztályozása. *Agrokémia és Talajtan.* 10. 315–334.
- FILEP GY., 1966. Öntözővizek kémiai összetételének és talajtani hatásának értékelése. *Kandidátusi értekezés.* Debrecen.
- FILEP GY., 1992. Az öntözővíz-minősítés tudományos alapjainak továbbfejlesztése. *Kézirat.* Debrecen.
- FINE, L. O. et al., 1959. Study of the sodium adsorption ratio and residual sodium carbonate concepts. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 23. 263–266.
- GRIFFIN, R. A. & JURINAK, J. J., 1973. Estimation of activity coefficients from the electrical conductivity of natural aquatic systems and soil extracts. *Soil Sci.* 16. 26–30.
- LANGELIER, W. F., 1936. The analytical control of anti-corrosion water treatment. *J. Amer. Water Works Assoc.* 28. 1500–1521.
- MADOS L., 1940. Öntözővizek vizsgálata és minősítése. *Mezőgazd. Kut.* 12. 121–131.
- OSTER, J. D. & RHOADES, J. D., 1977. Various indices for evaluating the effective salinity and sodicity of irrigation waters. *Proc. Int. Salinity Conf.*, 16–20 August, 1–14. Lubbock (Texas). 1–14.
- RICHARDS, L. A. (Ed.), 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils.* Agric. Handbook. No 60. USDA, Washington, D. C.
- SUAREZ, D. L., 1981. Relationship between pH_c and SAR and an alternative method for estimating SAR of soil or drainage water. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 45. 469–475.
- THORNE, D. W. & THORNE, J. P., 1954. Change in composition of irrigated soils as related to the quality of irrigation waters. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 18. 92–97.
- ID. VÁRALLYAY GY. & FEJÉR E., 1935. A Hortobágy öntözésénél figyelembe jövő vizek összetétele. *Kísérl. Közl.* 38. 136–142.

- ID. VÁRALLYAY GY. & FEJÉR E., 1936. Adatok az öntözővizek minőségi megítéléséhez. *Kisérlet. Közl.* 39. 1-3.
- WILCOX, L. V., BLAIR, G. Y. & BOWER, C. A., 1954. Effect of bicarbonate on salinity of water for irrigation. *Soil Sci.* 77. 256-266.

Érkezett: 1998. április 7.

Quality and Classification of Irrigation Water

Gy. FILEP

University of Agricultural Sciences, Debrecen (Hungary)

Summary

The chemical parameters used to express the quality of irrigation water were reviewed and correlations were calculated between the three basic parameters (the salt concentration, Na % and SAR value of the water) using the limit values recommended by Hungarian water classification guidelines and in the international literature. Using equations (17) and (18) natural water sources with various compositions were divided into precisely defined and easily interpreted quality classes (Figure 1). The role of ($\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$) ions in increasing the alkalinity of the water, which thus modifies the classification as given in Figure 1, can be estimated from Na %, SAR and Σkat values corrected with the effective Ca^{2+} concentration (Table 1), which depends on the HCO_3/Ca ratio, or with the effective (Ca+Mg) concentration (equation 8a).

Table 1. Equilibrium calcium concentration (Ca_x) in the upper layer of irrigated soil as a function of the HCO_3/Ca ratio and salt concentration (EC) of the irrigation water*. (1) Electrical conductivity of the irrigation water (EC), mS/cm. Note: If $P_{\text{CO}_2} = 0.0007$ atm. and there is no MgCO_3 precipitation.

Table 2. Major chemical characteristics of some water samples. (1) Parameters. a) Measured Na %; b) Corrected Na %; c) Effective Na %; d) Corrected SAR; e) Effective SAR; f) Adjusted SAR. (2) Sample No. Note: Effective values of SAR, Na % and Σkat can be calculated if $\text{Ca}+\text{Mg} > 0.25$ (HCO_3+CO_3).

Table 3. Classification of water samples on the basis of measured and corrected parameters. (1) Parameters. a) Salt concentration, mg/l; b) Corrected Σkat values, meq/l; c) Effective Σkat values, meq/l; d) Corrected salt concentration, mg/l; e) Effective salt concentration, mg/l; f) Corrected SAR; g) Effective SAR; h) Corrected Na %; i) Effective Na %. (2) Water sample code.

Table 4. Water quality parameters indicating the danger of sprinklers becoming blocked (NAKAYAMA, 1982, cit. AYERS & WESTCOT, 1985). (1) Parameters. a) Total suspended material, mg/l; b) Bacterium No./ml. (2) Danger of blockage: (3) None, (4) Moderate, (5) Great.

Figure 1. Correlations between the chemical parameters and quality of irrigation water. Irrigation water quality categories: I. Usable in all cases. II. Only usable for certain soils; usable in all cases after improvement. III. Only usable for certain soils even after improvement. IV. Not suitable for irrigation. H = can be improved by dilution, G = by liming.