

SZEMLE

A talajrendszerek termodinamikai stabilitásának vizsgálata dél-ukrajnai öntözött csernozjom talajokon

A csernozjom talajok nagy potenciális termékenységgel rendelkeznek, melynek érvényesülését Ukrajna déli részének természeti viszonyai között a nedvesség hiánya korlátozza. Ebben a régióban az öntözés két aspektusát szükséges megemlíteni. Ezek az öntözés talajjavító és környezetkímélő hatása, melyek megvédhetik a csernozjom talajokat a minőségi követelményeknek meg nem felelő öntözővíz kedvezőtlen hatásaitól és biztosíthatják a természetes rendszerek ökológiai egyensúlyát.

Az öntözővízzel szemben támasztott minőségi követelményeknek olyanoknak kell lenniük a csernozjomok öntözésénél, melyek az adott genetikai típusú talajra adott és meghatározott paraméterek függvényeivel jellemezhető tulajdonságokkal összhangban vannak, általuk a talajrendszer viszonylagos stabilitása megőrizhető. A gyakorlat azt mutatja, hogy az olyan, az öntözővizek minőségének jellemzésére használt mutatók, mint a víz összes sókoncentrációja, az egy- és kétvegyértékű kationok koncentrációinak aránya nem ad lehetőséget a talajfolyamatok kielégítő előrejelzéséhez és fejlődésük lehetséges kereteinek megállapításához.

Többek - közöttük saját sokéves vizsgálataink - adatai arra mutatnak,

hogy a csernozjom talajokban a Duna és a Dnyeszter kis sókoncentrációjú vizeinek hatására kedvezőtlen folyamatok léphetnek fel. Az időszakos szódaképződés és az ezzel kapcsolatos lúgosodás az öntözés során kiválthatja az öntözött talajok szolonyecesedését, s ezzel együtt a talaj szerkezetének romlását, dezaggregálódását, összemosódását és a kedvezőtlen folyamatok kifejlődésének meghatározott fokán a talaj termékenységének csökkenését. A csernozjomok másodlagos szolonyecesedése különösen jól észlelhető, ha öntözésükre víztározók és lagúnák vizét használjuk, melyek sókoncentrációja nagyobb ($>0,6$ g/l), kémiai összetétele kedvezőtlenebb, mint a Duna vízének megfelelő értékei.

Ezeknek a vizeknek a megítélése a jelenleg meglévő és a gyakorlatban alkalmazott minőségi mutatók alapján többnyire ellentmondásos, ami öntözéses felhasználásuknál nehézségeket okoz (SAJMUHAMETOV et al., 1990). Felmerült ezért a csernozjomok öntözésével kapcsolatosan annak a szükségessége, hogy az öntözővizek minősítésére és minőségi mutatóinak kidolgozására alapvetően új megközelítésben induljunk el (ORLOV, 1985; SPOSITO, 1984). Ennek a megközelítésnek az alapjai lehetnek az öntözővíz és talaj

kölcsönhatását leíró termodinamikai összefüggések, sőt a szorpció jelensége lehetővé teszi az öntözővíz minőségét és az öntözött talaj állapotát jellemző egységes termodinamikai mutatók kidolgozását. Ezek az összefüggések jellemezhetik a talaj-víz rendszer fizikokémiai állapotát olyan mutatókkal, mint a pH, pNa és pCa értékek és megadhatják a folyamatok irányát, melyet az ionpotenciálokkal kifejezett tulajdonságok tényleges kölcsönhatása kivált (HOHLENKO, 1988, 1989, 1991).

Ilyen módon a szolonyecsedés folyamatának objektív kritériuma lehet a nátrium-kalcium potenciál (pNa - 0,5 pCa), amely az öntözővíz-egyensúlyi talaj-oldat-talajadszorpció komplex rendszerben a nátrium-, kalciumionok cseréjének energetikai szintjét és a nátriumion szorpciójának adott mértékét adja meg. A tömeghatás törvényével összhangban az ioncsere ezen mennyiségi függvényével az adott energetikai szint megadható az

$$\frac{a_{\text{Na}}}{\sqrt{a_{\text{Ca}}}} = f(g)$$

ionaktivitás aránnyal.

Öntözésnél a talaj időszakos lúgosodását befolyásolhatja a mészpoteenciál (pH - 0,5 pCa) értéke, mely a talaj kémhatása (pH) és pufferképessége (pCa) közötti összefüggést adja meg. Meg kell itt jegyezni, hogy a mészpoteenciál magába foglalja a kalcium-karbonát rendszer komponenseit, mely állapotát a CO₂ oldhatósága szabályozza és idézi elő annak változékonyságát. A Duna vizének és az öntözött csernozjom talajok kémiajának dinamikus vizsgálata megerősítette azt, hogy a közeg reakciója függvénye a kalcium-karbonát rendszer változásának és az öntözővíz minőségének romlása következménye annak, hogy a víz felmelegedése és párolgása során a levegő-víz-talaj rendszerben a karbonát egyensúly megváltozik (1. táblázat).

A rendszer hőmérsékletének emelkedésekor a CO₂-oldhatóságának csökkenésével megjelenik a karbonation az oldatban, ami a kalciumion kis koncentrációjánál az öntözővíz erős lúgosodását idézi elő, csökkenti a kalciumion aktivitását és növeli a nátriumionok viszonylagos mennyiségét (GOGOLEV &

1. táblázat

A különböző hőmérsékletű Duna víz termodinamikai mutatóinak értékei

A mintavétel helye és ideje	pH	°C	"I"	pNa	pCa	pH-0,5pCa	pNa-0,5pCa
Főcsatorna, 6:00	7,85	17	0,011	2,83	2,59	6,55	1,6
Elosztó csatorna	7,80	17	0,011	2,85	2,63	6,48	1,5
Ideiglenes csatorna	7,90	18	0,011	2,80	2,60	6,60	1,5
Esőztető berendezés, 16:00	8,05	20	0,011	2,85	2,61	6,75	1,6
Elosztó csatorna	8,85	26	0,010	2,77	2,70	7,50	1,4
Ideiglenes csatorna	8,85	26	0,010	2,76	2,75	7,49	1,4
Esőztető berendezés, 16:00	8,60	27	0,009	2,74	2,73	7,24	1,4

HOHLENKO, 1978). Az öntözővíz minőségének megváltozása, ha melegben öntözünk a csernozjom talaj kémhatásának növekedését és a talaj szolonyecesedését váltja ki. Gyenge pufferképességgel rendelkező talajok esetében a talaj oldatának lúgossá válása, már közvetlenül az öntözés után jelentkezik. Az öntözést követő 5-6. napon a karbonát rendszerek önszabályozásának köszönhetően a talaj sav-bázis tulajdonságainak normalizálódása figyelhető meg, jóllehet a pH és pCa értékek nem mindig érik el az öntözés előtti szintet, megtartva a talaj ellúgosodásának tendenciáját.

Az előzővel ellenkezőleg bármilyen minőségű vízzel történő öntözés következménye a nátrium-kalcium potenciál csökkenése. Az öntözővíz és a talaj kölcsönhatásának intenzitását az öntözővíz és az öntözendő talaj nátrium-kalcium potenciáljának különbsége fogja meghatározni. Az egyensúlyi talajoldat és az öntözővíz ion potenciáljainak együttes mérése lehetővé teszi, hogy elméletileg jól megalapozottan jelezzük az öntözés által kiváltott folyamatok irányát, megadjuk azok nagyságát, miután az öntözővíz-talaj rendszerben az ion potenciálok a termodinamikai egyensúlynak megfelelően tolnak el.

Véleményünk szerint a csernozjom talajok öntözésekor a nátrium-kalcium potenciál a leginkább általános és informatív mutató, amely jelentős mértékben meghatározza (a humusz-felhalmozódással együtt) a csernozjom képződési folyamatok genetikai jellegét. Önálló tájak nem öntözött csernozjomainak esetében a nátrium-kalcium ioncsere (nátrium-kalcium potenciál) energia szintjének nagy értéke kizárja természetes viszonyok között a talajok elszolonyecesedését.

A természetes vizekben a nátrium-kalcium potenciál értéke többnyire párhuzamosan változik a víz összes sókoncentrációjával és minél nagyobb a sók koncentrációja, annál kisebb a nátrium-kalcium potenciál értéke. A nátrium-kalcium potenciál értéke pontosan reagál - mint azt sokéves kísérleteink mutatták - az összetétel minden változására az öntözővízben, s így a víz felmelegedésekor, bepárlódásakor, pangásakor a víz minőségének romlását jelzi a nátrium-kalcium potenciál csökkenése.

Az ellenállóképesség fokának jellemzésére adódik a stabilitási egyúttartó bevezetése:

$$K = \frac{(pNa - 0,5 pCa) \text{ víz}}{(pNa - 0,5 pCa) \text{ ETO}}$$

ahol: ETO = egyensúlyi talajoldat.

Dél-Ukrajna csernozjom talajain száraz és öntözött viszonyok között a talaj (2. táblázat) és az öntözővíz (3. táblázat) termodinamikai mutatóinak természetes viszonyok között sok éven át mért adatainak, valamint modellkísérleteink eredményeinek értékelése után a talajok és vizek rugalmassági (ellenállási) fokuk alapján történő csoportosítására a következőket javasoljuk:

1. Nem öntözött csernozjom és csernozjom típusú talajok stabil ellenálló talaj-rendszere, melyeket a nátrium-kalcium ioncsere energiaszintjének magas értéke jellemez. Ez a nagy energiaszint kizárja a természetes szolonyecesedés lehetőségét. E talajoknál a nátrium-kalcium potenciál értéke 2,5-1,3.

2. Rugalmas rendszert ($K > 1$) képez a csernozjom talaj az öntözővízzel, ha a víz nátrium-kalcium potenciálja megfe-

2. táblázat
Nem öntözött és öntözött csernozjomok termodinamikai jellemzőinek
tartománya Dél-Ukrajnában (a talaj 0-20 cm-es rétegében)

A terület megnevezése	pH	pCa	pNa	$\frac{pNa-0,5pCa}{\sqrt{\frac{a_{Na}}{a_{Ca}}}}$	
<u>Nem öntözött csernozjomok</u>					
A Dnyeszter alsó folyásának masszívuma	<u>6,40</u> 7,50	<u>2,20</u> 2,50	<u>2,90</u> 3,60	<u>1,35</u> 2,35	<u>0,53</u> 0,06
Majko-Beljevszki masszívum	6,80	2,40	3,22	2,02	0,20
Tatarbunarszki masszívum	<u>6,60</u> 7,60	<u>2,30</u> 2,60	<u>2,80</u> 3,60	<u>1,30</u> 2,30	<u>1,00</u> 0,08
Duna-Dnyeszter közötti masszívum	<u>6,50</u> 7,60	<u>2,30</u> 2,60	<u>2,80</u> 3,30	<u>1,50</u> 2,10	<u>0,80</u> 0,15
Cservonojarszki masszívum	6,85	2,54	3,60	2,35	0,12
A Dnyeszter árterülete (szoloncsákos réti csernozjom)	-	2,25	1,62	0,50	7,20
Az Alkali folyó árterülete (szolonyeces csernozjom)	-	3,05	2,30	0,80	3,70
<u>Öntözött csernozjomok</u>					
10 év öntözés a Dnyeszter vizével (Dnyeszter alsó folyásának öntözőrendszere)	<u>6,70</u> 7,80	<u>2,40</u> 2,70	<u>2,90</u> 2,65	<u>1,30</u> 1,80	<u>1,00</u> 0,46
Majko-Beljevszki masszívum	0,75	2,60	2,72	1,42	0,96
15 év öntözés Duna vízzel (Tatarbunarszki öntözőrendszer)	<u>6,80</u> 8,20	<u>2,50</u> 2,70	<u>2,80</u> 2,50	<u>1,15</u> 1,55	<u>1,65</u> 0,64
4 év öntözés a Szaszük tó vizével (Dnyeszter-Duna közötti öntözőrendszer)	<u>6,60</u> 7,20	<u>2,40</u> 2,66	<u>2,00</u> 1,70	<u>0,40</u> 0,80	<u>9,60</u> 3,60
10 év öntözés a Kitaj tó vizével (Cservonojarszkaja öntözőrendszer)	<u>7,00</u> 7,80	<u>2,60</u> 2,80	<u>1,90</u> 2,10	<u>0,50</u> 0,80	<u>5,60</u> 4,50
10 év öntözés a Kitaj tó vizével (Vaszil'evszkaja öntözőrendszer)	<u>7,00</u> 7,30	<u>2,40</u> 2,60	<u>2,00</u> 2,30	<u>0,80</u> 1,00	<u>3,57</u> 2,28

3. táblázat

Dél-Ukrajna természetes vizei termodinamikai mutatóinak tartománya

Az öntözővíz forrása	μ	pH	pNa	pCa	pH- 0,5pCa	pNa- 0,5pCa
Dnyeszter folyó, 1981-1990	<u>0,008</u> 0,015	<u>7,6</u> 8,2	<u>3,05</u> 2,45	<u>2,56</u> 3,00	<u>6,20</u> 6,80	<u>1,80</u> 1,20
Duna és leágazó csatornái, 1986-1991	<u>0,007</u> 0,015	<u>7,6</u> 8,2	<u>3,50</u> 2,62	<u>2,66</u> 2,80	<u>6,27</u> 6,80	<u>2,17</u> 1,22
Koziszkai víztározó, 1989-1991	<u>0,010</u> 0,012	<u>8,14</u> 7,85	<u>3,05</u> 2,60	<u>2,41</u> 2,82	<u>6,52</u> 6,60	<u>1,90</u> 1,20
Nerusaji víztározó, 1989-1991	<u>0,011</u> 0,025	<u>7,6</u> 8,5	<u>2,80</u> 2,50	<u>2,45</u> 2,90	<u>6,20</u> 7,00	<u>1,57</u> 1,05
Drakulevszki víztározó, 1989-1991	<u>0,010</u> 0,022	<u>8,2</u> 8,5	<u>2,65</u> 2,25	<u>2,60</u> 2,80	<u>6,90</u> 7,10	<u>1,35</u> 0,90
Katlabuh tó, 1989-1991	<u>0,020</u> 0,038	<u>7,8</u> 8,6	<u>2,60</u> 2,20	<u>2,60</u> 2,30	<u>6,50</u> 7,20	<u>1,30</u> 0,80
Jalpus tó, 1988-1991	<u>0,025</u> 0,030	<u>8,0</u> 8,6	<u>2,06</u> 1,90	<u>2,70</u> 2,90	<u>6,70</u> 7,10	<u>0,80</u> 0,50
Kitaj tó, középső rész (Cservonojarszki önt.rendszer) 1986-1991	<u>0,022</u> 0,045	<u>7,3</u> 8,2	<u>1,76</u> 2,00	<u>2,44</u> 2,50	<u>6,20</u> 6,60	<u>0,50</u> 0,85
Vaszil'evszki öntöző- rendszer, 1986-1991	<u>0,020</u> 0,030	<u>7,8</u> 8,5	<u>2,10</u> 2,40	<u>2,60</u> 2,80	<u>6,50</u> 7,10	<u>0,80</u> 1,06
Szaszik tó (déli rész), 1986-1991	<u>0,020</u> 0,030	<u>8,2</u> 8,8	<u>2,00</u> 2,15	<u>2,70</u> 2,80	<u>6,80</u> 7,30	<u>0,70</u> 0,80
Szaszik tó (északi rész), 1986-1991	<u>0,030</u> 0,040	<u>8,2</u> 9,1	<u>1,70</u> 2,15	<u>2,70</u> 3,10	<u>6,80</u> 7,50	<u>0,40</u> 0,70
Vinogradovszki víztározó 1989-1991	<u>0,020</u> 0,060	<u>8,0</u> 8,8	<u>2,20</u> 1,95	<u>2,60</u> 2,85	<u>6,70</u> 7,40	<u>0,85</u> 0,65
Dmitrovszki víztározó 1989-1991	<u>0,010</u> 0,024	<u>7,5</u> 8,5	<u>2,80</u> 2,30	<u>2,45</u> 2,86	<u>6,25</u> 7,10	<u>1,60</u> 0,80

lel a nem öntözött talaj egyensúlyi oldata ion potenciáljának. Ez a feltétel akkor teljesül, ha a víz nátrium-kalcium potenciálja 1,7-1,3. Ilyen vizeket találunk pl. a Duna és Dnyeszter folyókban, a Kalugai tóban, a Kozijcski tározóban, stb.

3.. Feltételelesen stabil rendszereket ($K = 1,0 - 0,7$) képez öntözésnél a csernozjom talaj néhány víztározó vizével, melyek nátrium-kalcium potenciálja 1,4-1,0. Ilyen vizek voltak vizsgálataink során a nyerusajai, a drakulevszki, és a dnyesztrowszki öblökben. Ezek vize csernozjomoknál kismértékben kiszélesíti a talajrendszer funkcionális hatásait, előidézve e talajok gyenge szolonyecsedését. Ez a folyamat megelőzhető, ha az öntözővízbe vagy az öntözendő talajba kalciumtartalmú anyagot adunk. A víz-talaj rendszer itt reverzibilis.

4. Gyenge stabilitású rendszereket ($K = 0,7-0,4$) képez a csernozjom talaj olyan vizekkel, melyek nátrium-kalcium potenciálja 1,0-0,7. (Ilyen pl. a Vinogradovi és Kagacsi víztározók, a Katlabuh tó és a Kitaj tó vize). Ez az öntözővíz előidézheti a talaj szolonyecsedését. Ebben az esetben a víz kiszélesíti a rendszer funkcionálós hatásait és a változás nem teljesen megfordítható.

5. Nem stabil rendszer ($K < 0,4$) képződik abban az esetben amikor a víz nátrium-kalcium potenciálja ($< 0,7$) jelentősen eltér a talaj ion potenciáljától. (pl. a Szaszüh tó vize, a Jalpug tó északi részének vize, a Kitaj tó vize). Ez a rendszerben irreverzibilis változásokat okoz, ami a talaj erős szolonyecsedését és degradációját idézi elő.

A talaj-víz rendszer, mint termodinamikai rendszer ellenállóképességére alapozva a vizek négy osztályba sorolása lehetséges, figyelembe véve a

csernozjomoknak, mint talajrendszereknek Dél-Ukrajna viszonyai által meghatározott stabilitási szintjét (4. táblázat).

Az öntözővizek minőségi normatívájában minden mutató egységes energetikai alapon nyugszik, egymással összefüggenek, egymást feltételezik és megfelelnek a kívánalomnak, hogy az öntözés káros hatásait, mint a másodlagos sófelhalmozódás, lúgosodás és másodlagos szolonyecsedés meggátolják.

Az osztályozás alapjául a vizek következő mutatói szolgálnak:

- I: a víz, mint elektrolit oldat ionerőssége, mely az öntözővíz általános energetikai mutatója és meghatározza az oldatban az ionok elektrosztatikai kölcsönhatását, aktivitását. Az oldat ionerőssége, mint önálló mutató nem határozza meg az öntözővíz milyenségét, azt, hogy adott víz melyik osztályba tartozik.

- Nátrium-kalcium potenciál ($pNa - 0,5 pCa$) az öntözővíz fontos minőségi mutatója, mivel a nátrium adszorpció mértékének objektív kritériuma.

- pH érték: a kalcium-karbonát rendszer állapotának integrált mutatója, amely a víz sav-bázis egyensúlyát jellemzi.

- Mész potenciál ($pH - 0,5 pCa$) mutató a csernozjom talajok édes vízzel történő öntözésénél. Rövid lejárátú prognózishoz a talaj kémhatásának lúgosodása és az időszakos szódaképződés lehetőségére ad módot.

- K - a talajrendszer stabilitási koeficiense. Olyan integrált mutató, mely az öntözés hatásának hosszútávú előrejelzésére alkalmas.

Az öntözővizek minősítésének fenti, csernozjom talajok esetén javasolt módszerének felhasználása feltehetően alkalmazható más régiókban eltérő fel-

4. táblázat

A víz minőségi mutatói és felhasználásának feltételei Dél-Ukrajna csernozjom talajain öntözésére

Víz kategória és alkalmazhatóságának értékelése	Az oldat ion-erőssége, "I", mol/l	Nátrium-kalcium potenciál pNa-0,5pCa	pH	Mész potenciál pH-0,5 pCa	A talaj-víz rendszer stabilitásának együtthatója	A víz alkalmazásának feltételei
I. Feltétel nélkül alkalmas	< 0,015	≥ 1,3	6,5 - 8,0	≥ 6,5	$K \geq 1$	
II. Feltételesen alkalmas, gyenge másodlagos szolonyecsedés lehetséges	0,015-0,020	1,3 - 1,0	8,0 - 8,3	6,5 - 6,7	$K = 1,0 - 0,7$	Kisadag gipsz adagolása (3-4 t/ha), nem szolonyeces talajoknál vetésforgó
III. Korlátozottan alkalmas, közepes másodlagos szolonyecsedés lehetséges	0,020 - 0,03	1,0 - 0,7	8,3 - 8,5	6,7 - 7,0	$K = 0,7 - 0,4$	Vetésforgó évelő füvek nagy részarányával, gipszes és periódusos mélyszántás a gipszes réteig.
IV. Nem szolonyeces csernozjomok öntözésére alkalmatlan, a talaj erős szolonyecsedése és degradációja lehetséges	> 0,030	< 0,7	> 8,5	> 7,0	$K < 0,4$	Speciális módszer szükséges a víz tisztítására

tételek mellett, ahol az öntözés hatására a talajok lúgosodása, másodlagos szolonyecesedése végbe megy, vagy végbe mehet. Lehetővé tenné a javasolt vízminősítési osztályozás az előbb említett folyamatok előrejelzését, biztosítaná az öntözővíz differenciált, a talaj tulajdonságaitól és a víz minőségétől függő felhasználását, sőt lehetővé tenné optimális feltételek mellett a talaj állapotának számítás útján történő ellenőrzését.

Irodalom

- GOGOLEV, I. N. & HOHLENKO, T. N., 1978. Ob odnom iz vozmoznüh putei obrazovanija szodü. In: Pocsvenno-meliorativnue problemü i puti povüsenija plodorodija orosaemüh zemel'juga USzSzR. 116-188. Materialü szovesanija v g. Odessze.
- HOHLENKO, T. N., 1988. Ocenka kacsesztva orosztel'nüh vod po termodinamicszkim pokazateljam. Melioracija i vodnoe hozjaisztvo. 2. 38-40.
- HOHLENKO, T. N., 1989. Prognozirovanie intenzivnoszti processzov oszoloncevanija csernozegov pri orosenii. Tez. dokl. US cezda VOD (Himija pocsv). Novoszibirszk.
- HOHLENKO, T. N., 1989. Termodinamicszeszkie aszpektü izemenenija csernozegov pod vlijaniem orosenija. In: Antropogennaja evolucija pocsv i pocsvennogo pokrova. 274-275. Moszkva-Puscsino.
- KHOHLENKO, T. N., 1991. Structural levels of soil systems stability in irrigations chernozem with water of different quality. In: Genesis and control of fertility of salt affected soils. 357-360. Moscow.
- ORLOV, D. C., 1985. Himija pocsv. Izd. MGU.
- SAJMUHAMETOV, M. S. & KURAKULOV, C. N., 1990. Reakcija obmena Ca-Na v csernozegovah i prognozirovanie vlijanija orosztel'nüh vod na nektorüe ih szvoisztva. Pocsvovedenie. (3) 88-104.
- SPOSITO, G., 1984. Termodinamika poc-vennüh rasztvorov. Hidrometeoizdat.

T. N. HOHLENKO

Állami Egyetem, Odessza

Érkezett: 1992. január 16.