

A vas és a mangán felvehetősége néhány egyiptomi talajban

F. AWAD, S. FUDA és S. M. ARAFAT

Állami Kutatási Központ Talaj- és Vízhatszósítási Laboratóriuma
és Ain Shams Egyetem, Agrártudományi Kar, Kairó, Egyiptom

A talajok mikrotápanyagainak összes mennyisége csak kevés információt nyújtó adat, mivel ritkán hozható összefüggésbe a növények általi felvehetőséggel, és nem jelzi, milyen módon kötődik meg az adott elem a talajban. Az összes mikrotápanyag-tartalom a felvehető formák mennyiségének százszorosa is lehet. Sok tényező befolyásolja a vas vagy mangán felvehetőségének mértékét a talajban, így a kémhatás [22, 29, 35], az agyagtartalom [7, 18, 38], az összes vízoldható só-tartalom [14, 15, 20, 31, 32], a kalcium-karbonát-tartalom [1, 8, 13, 37] és a szervesanyag-tartalom [2, 9, 17]. Ezenkívül különféle, eltérő hatékonyságú kivonószereket ajánlanak a szakirodalomban a felvehető vas [4, 26, 27] és mangán [5, 27, 28] mennyiségének becslésére.

E rövid bevezetőben foglaltak alapján terveztük meg kutatásainkat a vas és mangán talajbani állapotának vizsgálatára, valamint a növények általi felvehetőségüket szabályozó legfontosabb tényezők azonosítására néhány egyiptomi talajban.

Anyag és módszerek

Tizenegy, Egyiptom különböző vidékein gyűjtött felszíni talajmintát vizsgáltunk, amelyek két talajtípust, az öntés- és a meszes talajokat képviselték. A talajminták fizikai és kémiai tulajdonságait szabvány módszerekkel határoztuk meg, az adatokat az 1. táblázatban közöljük.

Az összes vas- és mangántartalom megállapítása céljából a mintákat perklórsav—fluorhidrogénsav keverékével tártuk fel. [24].

A talajok „felvehető” vas- és mangántartalmát a következő oldatokkal vontuk ki:

1. 0,005 mólos DTPA (0,1 mólos trietanol-amin és 0,01 mólos CaCl_2), 7,3 pH-értéken, 2 órás rázatással [27].
2. Morgan-reagens (7% Na-acetát + 3% ecetsav), 4,8 pH-értéken, 30 perces rázatással [30].
3. 0,02 mólos Komplexon III (Na_2EDTA), 1 órás rázatással [34].
4. 0,01 mólos Komplexon II (EDTA) + 1 mólos $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, 8,6 pH-értéken, 30 perces rázatással [40].
5. 1% EDTA + 20% NH_4 + citrát, 1 órás rázatással [6].

Minden módszer esetében három párhuzamos mérést végeztünk. A kivonatok vas- és mangántartalmát atomabszorpciós spektrofotométer segítségével határoztuk meg.

A talaj felvehető vas- és mangántartalmának biológiai úton történő becslésére minden talajmintából 1,5 kg-ot 15 cm átmérőjű műanyag edényekbe helyeztünk. Az

1. táblázat
A vizsgált talajminták jellemző fizikai és kémiai tulajdonságai

(1) Mintavétel helye	(2) Mechanikai elemzés (részecskefrakció, %)				(7) Fizi- kai talaj- féle- ség	pH	(8) Elekt- romos vezető- képesség, mS	(9) Kicse- rélhető Na%	(10) Szer- ves anyag	CaCO ₃
	(3) Durva homok	(4) Finom homok	(5) Iszap	(6) Agyag					%	
A. Öntéstalajok										
Shalkan	2,3	29,4	33,1	35,3	av	8,2	1,3	6,7	1,9	2,3
Bahim	3,4	25,6	29,6	41,5	a	8,3	0,8	1,1	1,8	2,9
El-Kanater										
El-Khira	5,7	8,1	24,1	62,1	a	8,3	0,6	0,6	1,6	2,7
Kafir El-Azaze	3,2	15,3	22,4	59,1	a	8,1	2,8	0,7	1,8	4,1
El-Khasa	0,6	15,0	36,7	47,6	a	8,6	3,6	18,1	1,1	1,5
Tal El-Kebir	5,0	14,1	22,6	58,3	a	8,9	3,9	77,5	3,0	7,2
El-Hamol	0,4	53,8	34,5	11,4	hv	8,0	12,0	45,6	1,2	1,4
B. Meszes talajok										
Burg El-Arab	61,8	22,9	12,1	3,3	vh	8,8	1,3	9,9	0,7	74,2
Bahig	27,5	54,6	10,8	7,1	vh	8,6	7,3	17,9	0,3	41,6
North Tahrir	9,9	34,8	17,8	37,4	ha	8,2	5,4	31,2	1,4	27,6
West Mariut	5,3	58,2	19,5	17,0	hv	8,1	14,0	71,9	0,6	26,3

av: agyagos vályog; a: agyag; hv: homokos vályog; vh: vályogos homok; ha: homokos agyag.

egyedényekbe 0,375 g NH₄NO₃-ot, 0,075 g K₂SO₄-ot, illetve 0,225 g szuperfoszfátot adagoltunk vetés előtt, és 20—20 árpamagot (Giza 121 fajta) helyeztünk mindegyikbe.

Minden kísérletet három párhuzamosban végeztünk. A talaj nedvességtartalmát a növényfejlődés idején végig a szántóföldi vízkapacitás 70%-án tartottuk desztillált víz adagolásával. A vetés után 10 nappal a csiranövényeket kiritkítottuk, edényenként 10 növényt hagytunk meg. A 40. napon a növényeket 1 cm-re a talaj felszínétől levágtuk, 65 °C-on megszáritottuk, edényenként megmértük a száraz súlyukat, majd a növényi anyagot megdaráltuk és szitáltuk. HNO₃-, HClO₄- és H₂SO₄-sav keverékével történő roncsolás után az oldatból a Fe, ill. a Mn mennyiségét atomabszorpciós módszerrel mértük.

A különböző kémiai kivonószerekkel kapott Fe- és Mn-mennyiségeket, illetve a növények által felvett mennyiségeket statisztikailag elemeztük regressziós analízissel.

Az eredmények értékelése

Kémiai kísérletek

Az összes és felvehető vas mennyiségének összefüggése a talaj tulajdonságaival

A 2. táblázatban az összes, és a különböző standard módszerekkel kivont felvehető vasmennyiségre vonatkozó adatokat közöljük. Az öntés- és meszes talajokban az összes vas átlagos mennyisége 5,18, illetve 1,44% volt. Az öntéstalajok közül a legnagyobb értéket a Bahtim talajban (6,72%), míg a legkisebbet a Kafr El-Azaze talajban (2,4%) találtuk. Az öntéstalajokban mutatkozó szikesedés csak igen kis mértékben befolyásolja az összes vas mennyiségét. A meszes talajokban az összes vas mennyisége a Burg-El-Arab talajban (74,2% CaCO₃) mutatkozó 0,69%-tól, a 27,6% CaCO₃-tartalmú North Tahrir talajban mért 2,37%-ig terjed. Szikes meszes talajokban (Bahig, North Tahrir és Mariut) az összes vastartalom nagyobb (1,32%), mint a nem szikes talajokban (0,69%). Több szerző [11, 12, 14] számol be hasonló adatokról.

A statisztikai elemzés szerint az összes vas mennyisége szorosan összefügg a CaCO₃-tartalommal (3. táblázat). Erősen szignifikáns negatív korrelációt tapasztalunk a talaj összes vas- és CaCO₃-tartalma között. ($r = -0,795^{**}$). Ugyanakkor az agyagtartalom, a szerves anyag, a pH és az összes vízdoldható sótartalom, valamint az összes vas mennyisége között nincs szignifikáns összefüggés a vizsgált talajokban.

2. táblázat

Az összes, és a különböző kivonószerekkel meghatározott felvehető vastartalom öntés- és meszes talajokban

(1) Mintavétel helye	(2) Összes Fe, %	DTPA	Morgan- reagens	Na ₂ EDTA	EDTA + +(NH ₄) ₂ CO ₃	EDTA + + citrát	(4) Felvehető Fe közép- értéke, ppm
		(3) kioldott felvehető Fe, ppm					
A. Öntéstalajok							
Shalkan	6,21	12,0	4,4	38,1	5,5	60,0	24,0
Bahtim	6,72	8,5	3,8	23,8	4,0	36,3	15,9
El-Kanater							
El-Khria	4,80	17,8	6,9	58,1	9,8	84,4	35,4
Kafr El-Azaze	2,40	42,3	22,5	136,9	26,0	90,0	63,5
El-Khasha	6,49	13,5	5,6	50,6	6,0	114,4	38,0
Tal El-Kebir	3,65	40,0	12,5	133,8	10,0	139,4	67,1
El-Hamol	5,99	10,0	4,4	51,9	7,0	78,8	30,4
a) Átlag	5,18	20,59	8,59	70,46	9,76	86,19	39,18
B. Meszes talajok							
Burg El-Arab	0,69	2,0	7,5	3,8	1,5	6,9	4,34
Bahig	1,18	2,0	7,5	3,1	2,0	5,6	4,04
North Tahrir	2,37	5,0	8,8	7,5	3,0	11,5	7,16
West Mariut	1,74	1,8	6,9	3,1	1,8	8,1	4,34
a) Átlag	1,49	2,7	7,68	4,38	2,08	8,03	4,97

A különböző kivonatok elemzése alapján kapott „felvehető”-Fe-adatok azt mutatják, hogy a kivonó oldattól függetlenül az átlagérték az öntéstalajokban 39,18 ppm, a meszes talajokban 97 ppm (2. táblázat). A kémiai extrakciós módszerekkel kapott vastartalom a nem szikes, a nagy só- és kicserélhető Na-tartalmú, ill. a nagy kicserélhető Na-tartalmú öntéstalajokon 34,7, 30,4, ill. 52,5 ppm volt. Az utóbbi talajokban mért legnagyobb kioldható vastartalom oka lehet az ilyen körülmények között tapasztalható kisebb oxigén-diffúzió, ami növeli a Fe^{2+} arányát [3]. Meszes talajok esetében a legnagyobb értéket (7,17 ppm) a 27,6% $CaCO_3$ -tartalmú North Tahrir talajban, míg a legkisebb értéket (4,04 ppm) a 41,6% $CaCO_3$ -tartalmú Bahig talajban kaptuk.

Érdemes megjegyezni, hogy mindkét vizsgált talajtípus esetében az EDTA + citrát módszerrel kaptuk a legnagyobb felvehetővas-értékeket. Az öntéstalajokban ezek az értékek 36,3 és 139,4 ppm között (átlag: 86,19 ppm), a meszes talajokban 5,6 és 11,5 ppm között (átlag: 8,03 ppm) mozogtak. Ezzel ellentétben a legkisebb felvehetővas-értékeket az EDTA + $(NH_4)_2CO_3$ kivonószerrel kaptuk, mindkét talajtípus esetében. Morgan-reagens és DTPA kivonószer alkalmazásakor közel azonos értékeket mértünk, mint EDTA + $(NH_4)_2CO_3$ -tal, mind az öntés-, mind a meszes talajokban.

Az összes vas mennyisége és a vas kioldható frakciói között összefüggés nem mutatkozott (3. táblázat), viszont mind a Fe-DTPA, mind az Fe- Na_2EDTA frakciók

3. táblázat

A vizsgált talajok egyes tulajdonságai és a különböző módszerekkel meghatározott vastartalom közötti összefüggések korrelációs együtthatói

(1) Változók	(2) Összes Fe	DTPA	Morgan- reagens	Na_2EDTA	EDTA + $(NH_4)_2CO_3$	EDTA + + citrát	(4) Felvehető Fe közép- értéke
		(3) kioldott Fe-frakciók					
a) Összes Fe	1,000						
DTPA	0,109	1,000					
Morgan- reagens	0,429	0,769**	1,000				
Na_2EDTA	0,179	0,988**	-0,714**	1,000			
EDTA + $(NH_4)_2CO_3$	0,045	0,869**	-0,846**	0,859**	1,000		
EDTA + citrát	0,351	0,794**	0,296	0,849**	0,550	1,000	
b) Felvehető Fe középértéke	0,296	0,963**	0,619*	0,986**	0,814**	0,923**	1,000
pH	-0,259	-0,096	-0,007	-0,072	-0,241	-0,164	-0,095
$CaCO_3$, %	-0,795**	-0,504	-0,053	-0,584*	-0,460	-0,695*	-0,617*
c) Agyag, %	0,397	-0,755**	0,447	-0,714**	-0,638*	-0,711*	-0,753**
d) Szerves anyag, %	0,418	-0,788**	0,341	-0,773**	0,491	-0,735**	-0,779**
e) Összes vizoldható sótartalom, %	-0,234	-0,305	-0,127	-0,239	-0,241	-0,242	-0,259

* 5%-os szinten, ** 1%-os szinten szignifikáns.

közötti koreláció erősen szignifikáns volt. Az öt kémiai módszerrel kioldott vastartalom átlagértékei szoros negatív korelációt mutattak az agyagtartalommal ($r = -0,753^{**}$), a szervesanyag-tartalommal ($r = -0,779^{**}$) és a CaCO_3 mennyiségével ($r = -0,617^*$). Ezzel ellentétben ugyanakkor alig van koreláció a talaj pH-jával és az összes vízoldható só-tartalommal.

Az összes és a felvehető Mn mennyiségének összefüggése a talajtulajdonságokkal

A 4. táblázat adatai a vizsgált talajok összes Mn- és a különböző kivonószerekkel meghatározott felvehető Mn-tartalmát mutatják. Az összes mangán mennyisége az öntéstalajokban jóval nagyobb, mint a meszes talajokban. Az előbbieken az Mn-mennyiség 300,0—1322,5 ppm-ig terjed, átlaga 975,4 ppm, míg a meszes talajokban az értékek 190—370 ppm között változnak, átlaguk 295,0 ppm. A sós, meszes szikes talajokban több az összes Mn (330 ppm), mint a nem szikes talajokban (190,0 ppm). Hasonló eredmények találhatók az irodalomban [9, 19] egyiptomi öntés- és meszes talajok, illetve néhány nagy só-tartalmú szikes talaj [15] vonatkozásában.

A közölt adatok statisztikai elemzése alapján szignifikáns negatív koreláció áll fenn az összes Mn és a CaCO_3 %-os mennyisége között, míg a többi talajtulajdonsággal (agyagtartalom, szerves anyag, pH és összes vízoldható só-tartalom) nem mutatkozott szignifikáns koreláció (5. táblázat). Több szerző [8, 13, 37] közül hasonló adatokat.

4. táblázat
Az összes és a különböző kivonószerekkel meghatározott felvehető mangántartalom öntés- és meszes talajokban

(1) Mintavétel helye	(2) Összes Mn, ppm	DTPA	Morgan- reagens	Na ₂ EDTA	EDTA + + (NH ₄) ₂ CO ₃	EDTA + + citrát	(4) Felvehető Mn közép- értéke, ppm
A. Öntéstalajok							
Shalkan	1212,5	7,4	28,9	106,5	22,2	60,8	45,16
Bahim	1322,5	6,9	21,9	94,8	22,1	47,7	38,62
El-Kanater							
El-Khria	1032,5	21,3	65,2	132,7	17,9	67,8	60,98
Kafr El-Azaze	300,0	29,1	98,3	85,8	18,1	43,1	54,88
El-Khasha	1280	17,7	59,6	127,4	22,9	90,3	60,04
Tal El-Kebir	487,5	14,2	111,8	66,3	9,6	62,0	52,78
El-Hamol	1192,5	23,9	54,1	131,3	22,2	90,5	5,40
a) Átlag	975,3	17,21	62,78	106,4	19,29	66,03	53,84
B. Meszes talajok							
Burg El-Arab	190,0	4,7	11,8	12,2	6,9	10,6	9,24
Bahig	292,5	2,8	11,0	8,1	2,5	5,3	5,94
North Tahrir	327,5	13,8	16,6	40,1	9,3	8,8	17,72
West Mariut	370,0	5,4	14,2	16,4	4,9	10,7	10,32
a) Átlag	295	6,68	13,4	19,2	5,9	8,86	10,81

A 4. táblázat adatai azt mutatják, hogy a különböző módszerek segítségével kioldott mangán átlagos mennyisége az öntéstalajokban 53,84, a meszes talajokban 10,81 ppm. A vizsgált öntéstalajokban mutatkozó legmagasabb felvehetőmangán-értékek oka feltehetően az, hogy e talajok olyan szuszpendált anyagból álló üledéken alakultak ki, mely 0,23% összes mangánt tartalmaz MnO_2 -ban kifejezve [25].

Vizsgálataink szerint az öntés- és meszes talajokban a sófelhalmozódás, ill. szikesedés kismértékben befolyásolja a felvehető Mn-mennyiségeket. Mindkét típushoz tartozó talajokból Na_2EDTA oldattal sokkal több mangán volt kioldható, mint a többi kivonószerrel. Az öntéstalajokban a kioldott Mn-mennyiségek 66,3 és 132,7 ppm közé estek, átlaguk 106,4 ppm, míg a meszes talajokban a megfelelő értékek 8,1 és 40,1 ppm között mozogtak, átlaguk 19,2 ppm. Ezzel kapcsolatban egyes szerzők [36] úgy találták, hogy a Na_2EDTA -val kioldható mangán és az ún. „könnyen redukálható, kicserélhető és vízben oldható mangán” összege közel azonosnak mutatkozott kanadai talajokban.

Az 5. táblázat adatai szerint szoros szignifikáns korrelációk mutatkoznak az összes mangán, valamint egyenként az Na_2EDTA -val, $EDTA + (NH_4)_2CO_3$ -tal és az $EDTA +$ citráttal kioldott mangánfrakciók között. Ezenkívül, az adatok szerint az összes, különböző módszerekkel kioldott Mn-mennyiségek szignifikánsan korreláltak egymással különböző szinten, ez alól csak a Morgan-reagenssel kioldott mennyiségek

5. táblázat

A vizsgált talajok egyes tulajdonságai és a különböző módszerekkel meghatározott mangántartalom közötti összefüggések korrelációs együtthatói

(1) Változók	(2) Összes Mn	DTPA	Morgan- reagens	Na_2EDTA	$EDTA +$ $+(NH_4)_2CO_3$	$EDTA +$ $+ citrát$	(4) Felvehető Mn közép- értéke
		(3) kioldott Mn-frakciók					
a) Összes Mn	1,000						
DTPA	0,193	1,000					
Morgan reagens	0,077	0,746**	1,000				
Na_2EDTA	0,849**	0,659*	0,509	1,000			
$EDTA +$ $+(NH_4)_2CO_3$	0,866**	0,536	0,329	0,929**	1,000		
$EDTA +$ citrát	0,801**	0,602*	0,590*	0,932**	0,834**	1,000	
b) Felvehető Mn közép- értéke	0,665*	0,786**	0,751**	0,937**	0,824**	0,942**	1,000
pH	-0,270	-0,386	-0,121	-0,339	-0,402	-0,119	-0,208
$CaCO_3$, %	-0,701*	-0,588*	-0,569	-0,830**	-0,759**	-0,769**	-0,833**
c) Agyag, %	0,264	0,579*	0,730**	0,557	0,454	0,458	0,657*
d) Szerves anyag, %	0,247	0,384	0,745**	0,454	0,402	0,479	0,620*
e) Összes víz- oldható sótar- talom, %	-0,203	-0,039	-0,326	-0,273	-0,346	-0,146	-0,239

* 5%-os szinten, ** 1%-os szinten szignifikáns.

kivételek. Az extrakciós módszertől függetlenül, a felvehető Mn-mennyiségek 5%-os szinten szignifikáns korrelációt mutattak az agyagtartalommal az összes vizsgált talaj esetében. Ennek több oka lehet:

a) a növényi gyökök azon képessége, hogy redukálják azt a kolloid eloszlású MnO_2 -ot, amely a talajok finomdiszperz frakciójához kötődik [16].

b) Egyes szerzők [33] szerint az aktív Mn adekvát mennyisége — a növények megbízható Mn-forrása — eredetileg az agyagfrakcióban van jelen.

c) Redukciós körülmények inkább nehéz mechanikai összetételű talajokban várhatók [13].

A szervesanyag-tartalom is szignifikáns pozitív korrelációt mutat a felvehető Mn-tartalommal. A szerves anyag a benne levő szerves savak miatt gyakorol hatást a talaj Mn-vegyületeinek oldhatóságára, mivel azokkal a mangán olyan szerves komplexet alkot, melynek oldékonysága széles pH-tartományban viszonylag nagy. Erősen szignifikáns negatív korreláció tapasztalható a felvehető Mn- és a $CaCO_3$ -tartalom között. Ellentétben ezzel, semmilyen összefüggés nem mutatkozott bármelyik kivonószerezrel kivont mangánfrakció és a talaj pH-ja, ill. az összes vízoldható só-tartalom között. A kivonható mangán és a talaj pH-ja közötti nem szignifikáns korreláció feltehetően annak tudható be, hogy a vizsgált talajok pH-tartománya viszonylag szűk.

Biológiai kísérletek

Növényfejlődés-vizsgálatok

A 6. táblázat adatai azt mutatják, hogy az öntéstalajon nőtt árpa-csiranövények szárazanyagsúlya viszonylag nagyobb, mint a meszes talajokon nőtt növényeké. Ennek oka feltehetően elsősorban az öntéstalajok nagy természetes tápanyag-szolgáltató képessége (mind az összes, mind a felvehető makro- és mikrotápanyagok tekintetében), másodsorban meszes talajokban a nagy $CaCO_3$ -tartalom depresszíven hat ezen tápanyagok felvehetőségére. Hasonló eredményekről számol be több közlemény [10, 28, 32].

A tenyészedény-kísérlet során a növekedési időszakban a legkisebb mértékű növényi növekedést (0,13 g/edény) a Tal El-Kebirből származó szikes (ESP-érték: 77,5) talajon tapasztaltuk. Sem az El Hamol öntéstalajon, sem a West Mariet talajon még csírázást sem észleltünk. Ezekben az esetekben a növények csírázását elsősorban a talajok nagy só- és kicserélhető Na-tartalma gátolta.

Összefüggés a felvehető Fe mennyisége, valamint a növény Fe-tartalma és Fe-felvétele között

A 6. táblázat adatai szerint az árpacsírák vastartalma, illetve a vizsgált talajokból felvett vas mennyisége széles tartományban változott. Az öntéstalajokon nőtt növények vastartalma 44,33 és 859,42 ppm volt, míg a meszes talajokon neveltéké 341 és 379,2 ppm között mozgott. Az árpanövény által felvett és a különböző kémiai módszerekkel kioldott vastartalom közötti összefüggés korrelációs koefficiense és a regressziós egyenletek a 7. táblázatban láthatók. Minden talajra nézve érvényes a

6. táblázat
Öntés- és meszes talajokon nőtt árpa csíranövények szárazanyag-súlya, valamint vas- illetve mangántartalma és -felvétele

(1) Talajmintavétel helye	(2) Szárazanyag- súly, g/edény	Fe		Mn	
		(3) -tartalom, ppm	(4) -felvétel, µg/edény	(3) -tartalom, ppm	(4) -felvétel, µg/edény
A. Öntéstalajok					
Shalkan	0,39	162,67	63,44	56,33	21,97
Bahtim	0,44	44,33	19,51	69,33	30,51
El-Kanater El-Khria	0,23	591,74	136,10	51,93	11,94
Kafr El-Azaze	0,23	557,84	128,30	45,49	10,49
El-Khasha	0,39	557,33	217,36	74,33	28,99
Tal El-Kebir	0,13	859,42	111,72	25,43	3,31
El-Hamol*					
a) Átlag	0,31	462,22	112,73	53,80	17,86
B. Meszes talajok					
Burg El-Arab	0,30	352,67	105,80	55,33	16,59
Bahig	0,31	341,00	105,71	51,33	15,91
North Tahrir	0,20	379,20	75,84	33,79	6,76
West Mariut*					
a) Átlag	0,27	357,62	95,78	46,81	13,08

* Csíranövény nem kelt ki.

táblázatban feltüntetett értékek szerint, hogy a vasfelvétel és az ötféle kivonószerrer kioldott vasmennyiségek között nincs szignifikáns korreláció. Azonban az EDTA + citráttal, a Na₂EDTA-val, ill. DTPA-val az összes talajból kioldott vasmennyiségek szignifikáns korrelációt mutattak 5%-os szinten a növények szöveteinek vastartalmával. Ezenfelül, az EDTA + citráttal és Na₂EDTA-val kivont vas mennyisége még szignifikáns korrelációt mutat az öntéstalajokon nőtt növények vastartalmával. Meszes talajokban a használt kivonószerekkel kapott értékek (kivéve az EDTA + (NH₄)₂CO₃ esetében) korreláltak mind a növényekben mért vastartalommal, mind a növények által felvett vassal. Ezek az eredmények összhangban vannak más, szakirodalmi adatokkal [4, 21, 26].

A fent említett adatok alapján levonható az a következtetés, hogy a „felvehető” vas mennyiségének becslésére a vizsgált talajok esetében legelőnyösebb az EDTA + citrát és a Na₂EDTA kivonószerek alkalmazása.

Összefüggés a felvehető Mn mennyisége, valamint a növény Mn-tartalma és Mn-felvétele között

A 6. táblázatból kitűnik, hogy az öntéstalajokon nőtt csíranövények Mn-tartalma és Mn-felvétele viszonylag nagyobb, mint a meszes talajokon nevelteké. Az utóbbi talajokon nőtt növények kisebb Mn-tartalmának több oka lehet [8, 12, 13, 23, 39].

7. táblázat
Az árpa csiranóvények Fe- és Mn-tartalma, illetve -felvétele,
valamint a különböző oldószerekkel meghatározott felvehető Fe-, illetve Mn-tartalom közötti összefüggések
korrelációs együtthatói és a regressziós egyenletek

(1) Kivonószerek	(2) Fe-tartalom, ppm		(4) Fe-felvétel, µg/edény		(5) Mn-tartalom, ppm		(6) Mn-felvétel, µg/edény	
	r	(3) Regressziós egyenletek	r	(3) Regressziós egyenletek	r	(3) Regressziós egyenletek	r	(3) Regressziós egyenletek
A. Összes talajminta								
DTPA	0,685*	y = 252,437 + 11,0x	0,248	—	0,185	—	0,325	—
Morgan-reagens	0,529	—	0,212	—	0,387	—	0,426	—
Na ₂ EDTA	0,704*	y = 259,347 + 3,318x	0,298	—	0,397	—	0,361	—
EDTA + (NH ₄) ₂ CO ₃	0,451	—	0,258	—	0,571	—	0,589	—
EDTA + citrát	0,718*	y = 209,897 + 5,681x	0,529	—	0,338	—	0,329	—
B. Öntéstalajok (6 minta)								
DTPA	0,728	—	0,211	—	0,262	—	0,500	—
Morgan-reagens	0,519	—	0,211	—	0,782*	y = 78,279 + 0,381x	0,851*	y = 34,494 + 0,259x
Na ₂ EDTA	0,768*	y = 115,604 + 4,713x	0,273	—	0,679	—	0,481	—
EDTA + (NH ₄) ₂ CO ₃	0,407	—	0,222	—	0,938**	y = 8,138 + 3,295	0,895**	y = 19,033 + 1,963x
EDTA + citrát	0,944**	y = 213,475 + 7,729x	0,709	—	0,342	—	0,256	—
C. Meszes talajok (3 minta)								
DTPA	0,955*	y = 325,258 + 10,788x	0,999**	y = 125,698 + 9,971x	0,947*	y = 59,87 + 1,839x	0,975*	y = 19,549 + 0,910x
Morgan-reagens	0,955*	y = 160,114 + 24,896x	0,962*	y = 234,72 + 17,889x	0,953*	y = 94,162 + 3,605x	0,981*	y = 36,442 + 1,778x
Na ₂ EDTA	0,990**	y = 318,352 + 8,182x	0,990**	y = 130,447 + 7,221x	0,957*	y = 59,498 + 0,629x	0,984*	y = 19,331 + 0,310x
EDTA + (NH ₄) ₂ CO ₃	0,804	—	0,935	—	0,647	—	0,729	—
EDTA + citrát	0,996**	y = 307,316 + 6,288x	0,977*	y = 139,339 + 5,44x	0,012	—	0,121	—

* 5%-os szinten, ** 1%-os szinten szignifikáns.

A. 7. táblázat adatai alapján egyértelmű, hogy a növények Mn-tartalma vagy Mn-felvétele és az összes talajmintából mért „felvehető” Mn-tartalom közötti korreláció nem szignifikáns. Azonban az öntéstalajok esetében az EDTA + $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, illetve a Morgan-reagens oldatokkal kioldott Mn-mennyiség szignifikáns korrelációt mutatott a növény Mn-tartalmával, vagy a Mn-felvétellel. Meszes talajokban a Na_2EDTA -val, a Morgan reagenssel és a DTPA oldatokkal kivont mangán 5%-os szinten szignifikáns korrelációt mutatott akár a növényben levő, akár az általa felvett Mn-tartalommal.

Fentiek alapján megállapítható, hogy a vizsgált körülmények között az öntéstalajoknál a Morgan-reagens, a meszes talajoknál pedig az EDTA + $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ a legelőnyösebb kivonószer a felvehető Mn-tartalom becslésére.

Összefoglalás

Laboratóriumi és tenyészedény-kísérletekkel vizsgáltuk a talajtulajdonságoknak a vas és a mangán növények általi felvehetőségére gyakorolt hatását néhány egyiptomi öntés- és meszes talajon. Eredményeink alapján megállapítható, hogy az összes vas és mangán mennyisége öntéstalajokban jóval nagyobb volt, mint meszes talajokban.

A talajok nagyobb sótartalma vagy kicserélhető Na-tartalma csak kis hatást gyakorolt az összes vas- vagy mangántartalomra. Szignifikáns negatív korreláció mutatkozott a vizsgált talajokban a CaCO_3 - és a vas-, ill. mangántartalom között.

EDTA + citrát oldatos módszerrel kaptuk a legnagyobb vaskoncentrációértékeket mindkét talaj esetében. Ugyanakkor a mangán szempontjából a megfelelő oldat a Na_2EDTA volt.

A biológiai kísérletek szerint az EDTA + citráttal és Na_2EDTA -val kivonható vas mennyisége minden talaj esetében szignifikáns korrelációt mutatott a növények vastartalmával vagy a növény általi felvétellel. A Morgan-reagens a többi kivonószerhez viszonyítva előnyösebb a „felvehető” vas mennyiségének becslésére öntés- és meszes talajokon, míg az öntéstalajok „felvehető” mangántartalmának becslésére az EDTA + $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ oldat alkalmazása mutatkozott a legelőnyösebbnek.

Irodalom

- [1] ABDALLAH, Y. N.: Effect of calcium carbonate on the movement and fixation of certain micronutrients. M. Sc. Thesis, Fac. of Agric. Ain Shams Univ. Egypt. 1973.
- [2] ABDEL-LATEIF, I. A.: Studies on the chemistry of chelate-compounds and their reaction in soils. Ph. D. Thesis, Fac. of Agric. Ain Shams Univ. Egypt. 1973.
- [3] ANTER, F. et al: The status of iron and manganese as affected by drainage conditions. Egypt. J. Soil Sci. 17. 223—236. 1977.
- [4] BALL, J.: Contribution to the geography of Egypt. Ministry of Finance and Economy, Survey of Egypt. "c.f. Egypt. J. Soil Sci. 13. 79—95. 1973."
- [5] BOER, G. T. & REISENAUER, H. M.: DTPA as an extractant of available soil iron. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 4. 121—124. 1973.

- [6] BROWMAN, M. G. et al: Evaluation of tests for predicting the availability of soil manganese to plants. *J. Agr. Sci.* **72**, 335—340. 1969.
- [7] CHENG, K. L. & BRAG, R. H.: Two specific methods of determining copper in soil and plant material. *Anal. Chem.* **25**, 655—659. 1953.
- [8] COUTINHO, A. S. et al: Total and extractable iron, manganese and zinc in the old alluvial, calcareous soils of "Comina defaro" (Portugal). *Agronomia Lusitana*. **33**, 257—298. 1973.
- [9] DAHIYA, S. S. & SINGH, M.: Effect of CaCO_3 and iron application on the availability of manganese in light-textured soil. *Plant and Soil*. **46**, 239—243. 1977.
- [10] EL-DAMATY, A. H. et al: Factors affecting the manganese status in the soils of the U.A.R. *Egypt. J. Soil Sci.* **11**, 7—26. 1971.
- [11] EL-DEMERDASH, S. et al.: Trace elements content in some soils of Egypt. *A.R.E. J. Desert Inst.* **21**, 127—137. 1971.
- [12] EL-GALA, A. M. & HENDAWY, SH.: Studies on iron availability and behaviour in some soils of Egypt. *Egypt. J. Soil Sci.* **12**, 12—15. 1972.
- [13] EL-KADI, M. A.: Factors affecting certain micronutrients availability in soils. Ph. D. Thesis. Fac. of Agric. Ain Shams Univ. Egypt. 1970.
- [14] EL-LEBOUDI, A. et al: The application of statistical analysis in the study of Mn status in relation to certain soil properties. *Egypt. J. Soil Sci.* **11**, 77—88. 1971.
- [15] EL-NANNAH, M. et al: Preliminary studies on some micronutrients in recently reclaimed soils. *Egypt. J. Soil Sci.* **20**, 145—150. 1980.
- [16] EL-RASHIDI, M. A. et al: Estimation of Fe and Mn solubility in saline alkali soils by the use of some chemical solutions. *Egypt. J. Soil Sci.* **18**, 217—231. 1978.
- [17] EL-SHERIF, S. M. et al: Status of manganese as affected by physical and chemical features of some alluvial and marine-alluvial soils in U.A.R. *Egypt. J. Soil Sci.* **10**, 129—141. 1970.
- [18] FLORES, R. A. et al: Influence of properties of Costa Rican South Pacific soils on their minor cation content. I. Exchangeable and reducible Mn. *Turrialba*. **29**, 97—104. 1979. "c.f. *Soils and Fert.* **43**, (8933) 1980."
- [19] Gangwar, M. S. et al: Note on the distribution of total and available Fe in soil profiles of Nainital Foothills. *Indian J. Agr. Sci.* **41**, 1120—1132. 1971.
- [20] GHANEM, I. et al: Studies on Mn in soil. I. Status of Mn in some selected soils of Egypt. *Egypt. J. Soil Sci.* **11**, 113—124. 1971.
- [21] HAMMAD, S. A.: Effect of salinity on the uptake of some nutrients in some selected soils of Egypt. M. Sc. Thesis. Fac. of Agric. Zagazig Univ. Egypt. 1979.
- [22] HASSANEIN, H. G. et al: Evaluation of chemical extractants for determining the availability of iron, manganese, zinc and copper in different soils. *Egypt. J. Soil Sci.* **20**, 151—157. 1980.
- [23] HAUSENBVILLER, R. L.: Sulphur and micronutrients. *Soil science principles and practices*. WM. C. Brown Co. Publishers. 1972.
- [24] HODGSON, J. F.: Chemistry of the micronutrient elements in soils. *Advance in Agron.* **15**, 119—159. 1963.
- [25] JACKSON, M. L.: *Soil chemical analysis*. Prentice-Hall of Indian Private Ltd. New Delhi. 1967.
- [26] LINDSAY, W. L. & NORVELL, W. A.: Equilibrium relationships of Zn, Fe, Ca, and H with EDTA and DTPA in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **33**, 62—68. 1969.
- [27] LINDSAY, W. L. & NORVELL, W. A.: Development of a DTPA soil test for Zn, Fe, Mn and Cu. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* **42**, 421—428. 1978.
- [28] METWALLY, A. I. et al: Evaluation of different chemical extractants for the determination of available soil manganese in calcareous soils. *Egypt. J. Soil Sci.* **13**, 79—96. 1973.
- [29] MOHAPATRA, A. R. & KIBE, M. M.: Studies on the distribution and availability of micronutrients in Mararashtra soils. I. Mn. *J. Indian Soc. Soil Sci.* **20**, 67—77. 1972.
- [30] MORGAN, M. F.: The universal soil testing system. *Conn. Agric. Exp. Sta. Bull.* **372**. 1935.

- [31] NABHAN, H. M. & COTTENIC, A.: Specific effects of salts on the mobility of Fe, Mn, Zn and Cu in soil and their uptake by corn. *Agrochimica* **18**, 359—368. 1974.
- [32] RABIL, M. H.: Availability of some micronutrients in salt affected soils. M. Sc. Thesis. Fac. of Agric. Ain Shams Univ. Egypt. 1979.
- [33] RANDHAWA, N. S. et al: Distribution of different forms of Mn in the Punjab soils. *Soil Sci.* **92**, 106—112. 1961.
- [34] RAVIKOVITCH, S. et al: Zinc availability in calcareous soils. I. Comparison of chemical extraction methods for estimation of plant "available" zinc. *Soil Sci.* **105**, 57—61. 1968.
- [35] RYON, J. et al: Solubility of Mn, Fe, and Zn as affected by application of sulphuric acid to calcareous soil. *Plant and Soil* **40**, 421—427. 1974.
- [36] SAFO, E. Y. & LOWE, L. E.: Manganese status of some Fraser Valley soils. *Can. J. Soil Sci.* **53**, 95—102. 1973.
- [37] SAVIĆ, B. et al: The CaCO_3/Ca ratio and availability of some microelements (Mn, Cu and B) in a highly calcareous soil. *Rad. Polj. Fak. Univ. Sarajevu.* **23**, 39—44. 1974. "c.f. *Soil and Fert.* **39**, (1753). 1976."
- [38] SHUMAN, L. M.: Zinc, manganese and copper in soil fractions. *Soil Sci.* **127**, 10—17. 1979.
- [39] SHUMAN, L. M. & ANDERSON, O. E.: Relationship of extractable soil manganese to soil properties. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* **42**, 666—668. 1978.
- [40] TRIEWELLER, S. F. & LINDSAY, W. L.: EDTA-ammonium carbonate soil test for zinc. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **33**, 49—54. 1969.

Érkezett: 1984. január 20.

Availability of Iron and Manganese in Some Egyptian Soils

F. AWAD, S. FUDA and S. M. ARAFAT

Soils and Water Use Laboratory, National Research Centre and Faculty of Agriculture,
Ain Shams University, Cairo (Egypt)

Summary

Laboratory and greenhouse experiments were conducted to study the availability of Fe and Mn in some alluvial and calcareous soils of Egypt as affected by the soil properties.

The results revealed that the amounts of total Fe or Mn were much higher in alluvial soils than in calcareous soils. Salinity or alkalinity of soils had a very slight influence on the total Fe or Mn in the soils. A significant negative correlation was found between the total Fe or Mn and the CaCO_3 content in the investigated soils.

In the case of both soils, the highest amounts of Fe were extracted with the EDTA + citrate method, while that of Mn was obtained with the Na_2EDTA solution.

The biological experiment showed that the amounts of Fe extractable by EDTA + citrate and Na_2EDTA from all soil samples were significantly correlated with the Fe content or uptake of plants. It has been concluded that Morgan's reagent is superior to other extractants for alluvial and calcareous soils, while EDTA + $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ is the most favourable for estimating the available Mn in alluvial soils.

Table 1. Some characteristic physical and chemical properties of the investigated soil samples. (1) Location. (2) Mechanical analysis, %: (3) Coarse sand. (4) Fine sand. (5) Silt. (6) Clay. (7) Texture. av: clay loam; a: clay; hv: sandy loam; vh: loamy sand; ha: sandy clay. (8) E.C., mS. (9) ESP. (10) Organic matter, %. A. Alluvial soils. B. Calcareous soils.

Table 2. Total and available Fe extracted by different methods from alluvial and calcareous soils. (1) Location. a) average. (2) Total Fe, %. (3) extracted Fe, ppm. (4) Mean of available Fe, ppm. For A—B. see Table 1.

Table 3. Simple correlation coefficients between various Fe determination methods and some properties of the soils. (1) Variables. a) total Fe; b) mean available Fe; c) clay, %; d) organic matter, %; e) total soluble salts, %. (2) Total Fe. (3) extracted Fe fractions. (4) Mean of available Fe. *Significant at 5% level, **at 1% level.

Table 4. Total and available Mn extracted by different methods from alluvial and calcareous soils. (1) Location. a) average. (2) Total Mn, ppm. (3) extracted Mn, ppm. (4) Mean of available Mn, ppm. For A—B. see Table 1.

Table 5. Simple correlation coefficients between various Mn determination methods and some properties of the soils. (1) Variables. a) total Mn; b) mean available Mn; c) clay, %; d) organic matter, %; e) total soluble salts, %. (2) Total Mn. (3) extracted Mn fractions. (4) Mean of available Mn. *Significant at 5% level, **at 1% level.

Table 6. Dry weight and Fe or Mn content of and uptake by barley seedlings grown on alluvial and calcareous soils. (1) Location. a) average. (2) Dry weight, g/pot. (3) Content, ppm; (4) uptake, µg/pot. For A—B. see Table 1. *No germination.

Table 7. Simple correlation coefficients and regression equations between Fe content and uptake and Mn content and uptake of barley seedlings, respectively, and their respective quantities extractable by various methods from the different soils. (1) Extractants. (2) Fe content, ppm. (3) Regression equations. (4) Fe uptake, µg/pot. (5) Mn content, ppm. (6) Mn uptake, µg/pot. A. All soil samples. B. Alluvial soils (6 samples). C. Calcareous soils (3 samples). *Significant at 5% level, **at 1% level.

Aufnehmbarkeit von Fe und Mn in einigen ägyptischen Böden

F. AWAD, S. FUDA und S. M. ARAFAT

Staatliche Forschungszentrale, Laboratorium für Boden- und Wassernutzung, Landwirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Ain Shams Universität, Kairo (Ägypten)

Zusammenfassung

Es wurde der Einfluss einiger Bodeneigenschaften auf die Fe- und Mn-Aufnahme der Pflanzen aus einigen ägyptischen Alluvial- und Kalkböden untersucht.

Auf Grund unserer Resultate konnte festgestellt werden, dass die Gesamtmenge von Fe und Mn in Alluvialböden bedeutend höher war als in den Kalkböden. Der höhere Salz-, oder der austauschbare Na-Gehalt der Böden übte auf den gesamten Fe- und Mn-Gehalt nur eine geringe Wirkung aus. Es zeigte sich in den untersuchten Böden eine signifikante negative Korrelation zwischen dem CaCO_3 -Gehalt und dem Fe-, bzw. Mn-Gehalt. Die höchsten Eisenkonzentrationswerte erhielten wir im Falle beider Böden mittels der mit der EDTA-Zitrat-Lösung arbeitenden Methode. Für Mangan war Na_2 -EDTA das entsprechende Lösungsmittel.

Den biologischen Versuchen zufolge zeigte die mit EDTA-Zitrat und mit Na_2 -EDTA extrahierbare Eisenmenge bei beiden Böden eine signifikante Korrelation mit dem Eisengehalt der Pflanzen (oder mit deren Fe-Aufnahme). Im Vergleich zu den übrigen Extraktionsmitteln erwies sich der Morgan-Reagent zur Schätzung der aufnehmbaren Eisenmenge auf Alluvial- und Kalkböden als vorteilhafter, während zur Schätzung des aus Alluvialböden aufnehmbaren Mn-Gehaltes die EDTA + $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -Lösung die vorteilhafteste war.

Tab. 1. Wichtigere physikalische und chemische Kennwerte der untersuchten Bodenproben. (1) Ort der Probenahme. (2) Körnung (Körnchenfraktion, %): (3) Grober Sand.

(4) Feiner Sand. (5) Schlamm. (6) Ton. (7) Physikalische Bodenart. (8) Elektrische Leitfähigkeit, mS. (9) Austauschbares Na, %. (10) Organischer Stoffgehalt, %. A. Alluvialböden. B. Kalkböden. av: tonhaltiger Lehm; a: Ton; hv: sandiger Lehm; vh: lehmiger Sand; ha: sandiger Ton.

Tab. 2. Gesamter und mit verschiedenen Extraktionsmitteln bestimmter „aufnehmbarer“ Fe-Gehalt in Alluvial- und Kalkböden. (1) Ort der Probenahme. a) Mittelwert. (2) Gesamter Fe-Gehalt, %. (3) Aufnehmbarer Fe-Gehalt, ppm. (4) Mittelwert des aufnehmbaren Fe-Gehaltes, ppm. A. und B.: s. unter Tab. 1.

Tab. 3. Korrelationskoeffizienten der zwischen einigen Eigenschaften und dem mit verschiedenen Methoden bestimmten aufnehmbaren Fe-Gehalt der Böden bestehenden Zusammenhänge. (1) Varianten. a) Gesamter Fe-Gehalt; b) Mittelwert des aufnehmbaren Fe-Gehaltes; c) Tongehalt, %; d) Organischer Stoffgehalt, %; e) Gesamter wasserlöslicher Salzgehalt, %. (2) Gesamter Fe-Gehalt, (3) Fe-Fraktionen. (4) Mittelwert des aufnehmbaren Fe-Gehaltes. *Signifikant bei $P=5\%$; **signifikant bei $P=1\%$.

Tab. 4. Gesamter und mit verschiedenen Extraktionsmitteln bestimmter „aufnehmbarer“ Mn-Gehalt in Alluvial- und Kalkböden. (1) Ort der Probenahme. a) Mittelwert. (2) Gesamter Mn-Gehalt, ppm. (3) Aufnehmbarer Mn-Gehalt, ppm. (4) Mittelwert des aufnehmbaren Mn-Gehaltes, ppm. A. und B.: s. unter Tab. 1.

Tab. 5. Korrelationskoeffizienten der zwischen einigen Eigenschaften und dem mit verschiedenen Methoden bestimmten aufnehmbaren Mn-Gehalt der Böden bestehenden Zusammenhänge. (1) Varianten. a) Gesamter Mn-Gehalt; b) Mittelwert des aufnehmbaren Mn-Gehaltes; c) Tongehalt, %; d) organischer Stoffgehalt, %; e) gesamter wasserlöslicher Salzgehalt, %. (2) Gesamter Mn-Gehalt. (3) Mn-Fraktionen. (4) Mittelwert des aufnehmbaren Mn-Gehaltes. *Signifikant bei $P=5\%$; **Signifikant bei $P=1\%$.

Tab. 6. Menge der Trockensubstanz, bzw. Eisen- und Mangangehalt, sowie Fe- und Mn-Aufnahme der Gerstenkeimpflanzen auf Alluvial- und Kalkböden. (1) Ort der Bodenprobenahme. a) Mittelwert. (2) Menge der Trockensubstanz, g/Gefäss. (3) Fe-, bzw. Mn-Gehalt, ppm. (4) Fe-, bzw. Mn-Aufnahme, $\mu\text{g}/\text{Gefäss}$. A. und B.: s. unter Tab. 1. *Die Saat ist nicht aufgegangen.

Tab. 7. Korrelationskoeffizienten und Regressionsgleichungen für die zwischen dem Fe- und Mn-Gehalt, bzw. der Fe- und Mn-Aufnahme der Gerstenkeimpflanzen und dem mit verschiedenen Extraktionsmitteln bestimmten aufnehmbaren Fe- und Mn-Gehalt der Böden bestehenden Zusammenhänge. (1) Extraktionsmittel. (2) Fe-Gehalt, ppm. (3) Regressionsgleichungen. (4) Fe-Aufnahme, $\mu\text{g}/\text{Gefäss}$. (5) Mn-Gehalt, ppm. (6) Mn-Aufnahme, $\mu\text{g}/\text{Gefäss}$. A. Sämtliche Bodenproben. B. Alluvialböden (6 Proben). C. Kalkböden (3 Proben). *Signifikant bei $P=5\%$; **signifikant bei $P=1\%$.

Усвояемость железа и марганца в некоторых египетских почвах

Ф. АВАД, Ш. ФУДА и Ш. М. АРАФАТ

Государственный Научно-исследовательский Центр, Лаборатория почвоведения и водного хозяйства, Отделение Сельскохозяйственных Наук Университета Аин Шамс, Каир (Египет)

Резюме

В лабораторных и вегетационных опытах изучили влияние свойств почв на усвояемость растениями железа и марганца, содержащихся в некоторых египетских аллювиальных и карбонатных почвах.

Результаты опытов показали, что общее количество железа и марганца в аллювиальных почвах превышало общее количество этих элементов в карбонатных

почвах. Более высокое содержание в почве солей или ионов обменного натрия в незначительной степени влияло на общее содержание железа или марганца.

Нашли достоверную отрицательную зависимость между содержанием в почвах CaCO_3 и содержанием железа или марганца. Методом растворения в лимонной кислоте в обоих случаях получили самые высокие величины содержания железа. Для определения содержания марганца наиболее подходящим был раствор Na_2EDTA .

Результаты биологических опытов показали, что количество железа, растворяемого в EDTA + цитрате и Na_2EDTA для изученных почв показало тесную зависимость с содержанием железа в растениях или с количеством железа, усвоенного растениями. Для оценки содержания усвояемого железа в аллювиальных и карбонатных почвах наиболее пригоден растворитель Морган, для определения усвояемого марганца в аллювиальных почвах раствор $\text{EDTA} + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

Табл. 1. Физические и химические свойства изученных почв. (1) Место взятия образцов. (2) Механический состав (содержание механических фракций, %): (3) Грубый песок. (4) Тонкий песок. (5) Ил. (6) Глина. (7) Почва по механическому составу. (8) Электропроводность, мС. (9) Содержание ионов обменного натрия, %. (10) Содержание органического вещества, %. А. Аллювиальные почвы. В. Карбонатные почвы. ав: тяжелый суглинок; а: глина; hv: легкий суглинок; vh: супесь; ha: легкая глина.

Табл. 2. Содержание общего железа и усвояемого железа, определенного растворением различными растворителями в аллювиальных и карбонатных почвах. (1) Место взятия образцов. а) среднее. (2) Общее железо, %. (3) Содержание растворимого, усвояемого железа, ppm. (4) Среднее содержание усвояемого железа, ppm. А.—В. смотри в таблице 1.

Табл. 3. Коэффициенты корреляции зависимостей между отдельными свойствами изученных почв и содержанием железа, определенным различными методами. (1) Переменные. а) общее железо; б) средние величины усвояемого железа; в) глина, %; д) органическое вещество, %; е) общее содержание воднорастворимых солей, %. (2) Общее железо. (3) Растворенные фракции железа. (4) Средние величины усвояемого железа. *5% уровень достоверности. **1% уровень достоверности.

Табл. 4. Содержание общего и усвояемого марганца, определенного растворением в различных растворителях, в аллювиальных и карбонатных почвах. (1) Место взятия образцов. а) среднее. (2) Общий марганец, ppm. (3) Растворенный, усвояемый марганец, ppm. (4) Средние величины усвояемого марганца, ppm. А.—В. смотри в таблице 1.

Табл. 5. Коэффициенты корреляции зависимостей между отдельными свойствами изученных почв и содержанием марганца, определенным различными способами. (1) Переменные. а) общий марганец; б) Средние значения усвояемого марганца; в) глина, %; д) органическое вещество, %; е) общее содержание воднорастворимых солей, %. (2) Общий марганец. (3) Растворенные фракции марганца. (4) Средние значения усвояемого марганца. *на 5% уровне достоверности. **на 1% уровне достоверности.

Табл. 6. Вес сухого вещества, содержание и усвоение железа и марганца проростками ячменя на аллювиальной и карбонатной почвах. (1) Место взятия образцов. а) среднее. (2) Вес сухого вещества, г/сосуд. (3) Содержание, ppm. (4) Усвоение: $\mu\text{г}/\text{сосуд}$. А.—В. смотри в таблице 1. *Проростков не было.

Табл. 7. Содержание железа и марганца в проростках ячменя, или их усвоение растениями, а также коэффициенты корреляции зависимостей между содержанием железа и марганца, определенным различными методами, а также уравнения регрессии. (1) Растворители. (2) Содержание железа, ppm. (3) Уравнения регрессии. (4) Усвоение железа, $\mu\text{г}/\text{сосуд}$. (5) Содержание марганца, ppm. (6) Усвоение марганца, $\mu\text{г}/\text{сосуд}$. А. Все образцы почв. В. Аллювиальные почвы (6 образцов). С. Карбонатные почвы (3 образца). *на 5% уровне достоверности. **на 1% уровне достоверности.