

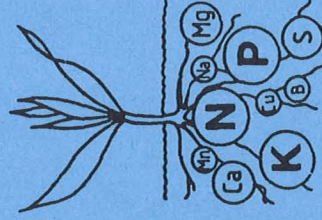


**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

Jämförande undersökning av olika extraktionsmetoder för manganbestämning i jord

**A comparison of different extraction methods for
manganese determination in soil**

Lars Hylander, Subrata Ghoshal och Gyula Simán



**Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära**

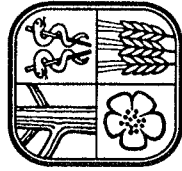
**Rapport 179
Report**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility**

Uppsala 1990

ISSN 0348-3541

ISBN 91-576-4273-7

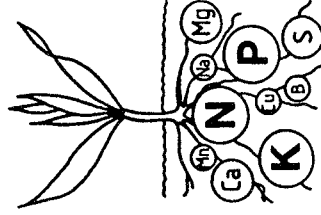


**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

Jämförande undersökning av olika extraktionsmetoder för manganbestämning i jord

**A comparison of different extraction methods for
manganese determination in soil**

Lars Hylander, Subrata Ghoshal och Gyula Simán



**Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära**

**Rapport 179
Report**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility**

Uppsala 1990
ISSN 0348-3541
ISBN 91-576-4273-7

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Inledning	1
Material och metoder	1
Resultat	4
Jordanalys	4
Växtanalys	11
Skörderesultat	15
Diskussion	16
Jordanalys	16
Växtanalys	21
Sammanfattning	23
English summary	24
Litteraturförteckning	25

INLEDNING

Flera extraktionsmedel har framtagits världen över för att bestämma olika fraktioner av växttillgängligt Mn i jorden. Förutom variation i extraktionslösningsens sammansättning tillämpas ofta olika extraktionsförfarande vad avser förhållandet jord: extraktionslösning, extraktionstid, jordprovets vattenhalt före extraktionen samt förhållanden vid ev. inkubering. I detta arbete har tre olika extraktionsmedel använts för bestämning av växttillgängligt mangan (Mn) i jorden vid olika kalknivåer, nämligen $0,5 \text{ M Mg(NO}_3)_2$, $0,02 \text{ M EDTA}$ (Etylen-Diamin-Tetra-Ättiksyra) vid pH 4,65 och $0,005 \text{ M DTPA}$ (Dietylen-Triamin-Penta-Ättiksyra) vid pH 7,3. Mängden extraherbart Mn efter 72 timmars våtinkubering av jorden har jämförts med extraherbart Mn efter 3 timmars inkubering. Inkubering under 72 timmar var tänkt att ge utan inkubering. Inkuberingen under 72 timmar anges i detta arbete som upplysning om jordens potentiella förmåga att tillgodose en gröda med Mn. Extraktion med $0,5 \text{ M Mg(NO}_3)_2$ tillämpas i Sverige vid markartering. Den använda EDTA-metoden har utvecklats av Lakanen & Erviö (1971) och används som referensmetod av FAO European Cooperative Network on Trace Elements (Kiekens & Cottenie, 1985). DTPA-metoden har utvecklats av Lindsay m fl (Lindsay & Norwell, 1978). DTPA och EDTA är båda kelatbildare och används mycket utomlands. Genom att kationer ur extraktionsvätskan kelatbinds, kan ytterligare kationer lös göras utan risk för att kationkoncentrationen blir så hög i extraktionslösningen att jämvikt uppnås med motsvarande joner i jorden. Om jämvikt uppnås upphör fortsatt frigöring av Mn från kolloider och övriga markpartiklar.

MATERIAL OCH METODER

Jordprov till denna undersökning har tagits från 28 försöksplatser i pågående försöksserie med kalk. Försöksplatserna är utspridda över hela Sverige. Jordarna utgjordes, med ett undantag, av mineraljordar som framgår av tabell 1. På varje försöksplats har fyra behandlingsled med kalk etablerats. Ett led har lämnats okalkat och i de övriga har 55, 70 respektive 100 % basmättnad eftersträfvats. Skörderesultatet finns redovisade i separata rapporter (Simán, 1988 a och 1989). Av pH-värdena i tabell 1 framgår att jordarna är sura och kalkbehövande.

Tabell 1. Lerhalt, glödgningsförlust, mullhalt, pH och CEC på

försöksplatserna vid försökets start

Table 1. Clay content, loss on ignition, organic matter, pH and CEC on the experimental sites at the start of the experiments

Försöks- plats nr <i>Site</i>	Lerhalt <i>Clay</i>	Glödgn.- % förlust <i>Loss on</i>	Mullhalt* % <i>Organic</i>	pH _{H₂O}	CEC** (me 100g ⁻¹ jord) <i>CEC**</i>
<i>No</i>	<i>content</i> %	<i>ignition</i> %	<i>matter</i> * %		<i>(me 100g⁻¹ soil)</i>
1	29,0	4,6	2,2	5,8	11,2
2	45,5	8,4	5,1	5,6	26,7
3	35,8	8,2	5,4	5,6	22,9
4	31,4	24,5	21,9	5,9	49,6
5	37,7	6,9	4,0	5,8	23,3
7	40,7	13,8	10,8	5,4	36,8
9	6,0	6,1	5,4	5,6	12,7
10	14,1	4,3	2,9	6,0	14,5
11	6,4	3,8	3,1	6,1	8,1
12	12,6	4,2	2,9	5,7	10,1
13	8,9	3,8	2,9	5,5	9,8
14	9,4	6,4	5,5	6,3	13,1
15	23,8	7,5	5,3	5,8	19,2
16	21,2	5,1	3,0	5,7	16,4
17	34,6	8,0	5,3	5,8	20,0
18	6,0	5,4	4,8	5,3	13,6
19	35,6	4,9	2,2	5,9	17,5
20	41,3	7,1	4,0	5,8	21,1
21	35,4	5,9	3,2	5,8	19,7
22	28,0	5,7	3,3	5,7	16,1
23	48,5	7,1	3,7	5,4	23,8
24	24,2	9,6	7,4	5,7	20,7
26	23,5	6,5	4,3	5,6	19,6
27	26,3	5,4	3,1	5,5	14,9
28	8,7	4,5	3,7	5,7	10,3
29	14,9	12,1	10,6	5,4	17,7
30	20,8	16,9	14,8	5,1	33,8
31	14,7	9,6	8,1	5,7	21,8

* Ekströms korrektionsfaktorer har använts (1927).

**The organic matter content is calculated according to Ekström (1927).

**CEC bestämd vid pH 7 enligt Nömmiks metod (1974).

**The CEC is determined according to the method of Nömmik (1974).

CEC visar att jordarnas kationbindande förmåga varierar väsentligt. Den moiga sanden på försöksplats nr 11 har en CEC på ca 8 me 100 g^{-1} jord medan den leriga muljorden på nr 4 har CEC på 50 me 100 g^{-1} jord. De flesta jordarnas CEC ligger mellan 10 och 25 me 100 g^{-1} jord. Med jord avses lufttorr jord i denna rapport om annat inte anges. Jordprov uttogs i varje led höstarna 1985 och -86. De torkades för att senare analyseras m a p Mn. Därvid användes de tre följande extraktionslösningarna.

- 0,5 M $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$. Förhållandet jord: extraktionslösning var 1:10 (vikt:vikt) och extraktionstiden en timme. $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ är ett icke buffrande neutralsalt vilket medför att extraktionslösningens pH följer jordens pH.
- EDTA-lösning bestående av 0,5 M ammoniumacetat och 0,02 M EDTA (Etylen-Diamin-Tetra-Ättiksyra) med pH 4,65. Förhållandet jord: extraktionslösning var 1:5 (vikt:vikt) och extraktionstiden en halv timme.
- DTPA-lösning bestående av 0,005 M DTPA (Dietylen-Triamin-Penta-Ättiksyra), 0,01 M CaCl_2 och 0,1 M TEA (Tri-Etanol-Amin) med pH 7,30. Förhållandet jord: extraktionslösning var 1:2 (vikt:vikt) och extraktionstiden två timmar.

Jordproven extraherades dels utan förgående inkubering, dels efter 72 timmars inkubering efter det att vatten tillsattes till vattenmättad. Detta för att undersöka om sambandet mellan växtens Mn-upptagning och extraherbart Mn förbättras efter inkubering av jord. Utgångsläget vid analysstillfället var lufttorr jord, där den biologiska aktiviteten är minimal. För att erhålla en uppfattning om jordens potentiella Mn^{2+} -leverande förmåga vattenmättades provet. Det ledde till ökad aktivitet bland mikroorganismer. Därvid erhålls reducerande förhållanden eftersom vattnet förhindrar luftsyrets tillträde och mängden växttillgängligt Mn^{2+} ökar som en följd av den kraftigt ökade mikroorganismaktiviteten. Mellan pH 5,5 och 8 är det främst mikroorganismer som reducerar och oxiderar Mn. (Alexander 1961, Nealson et al 1988). Den vattenmättade jorden inkuberades under 72 timmar. Längden valdes med hänsyn till resultat från tidigare undersökningar med olika långa inkuberingsstider. Därvid gjordes iakttagelse på att biologisk jämvikt ofta infunnit sig efter 72 timmars inkubering (Ghoshal, 1986).

Den växttillgängliga Mn-mängden i jorden beror till stor del på väderleken under vegetationsperioden. Därvid inverkar bl a temperatur, nederbörd och återkommande växlingar mellan torka resp hög vattenhalt i jorden. Figur 1 och tabell 2 visar nederbördsmängder resp månadernas medeltemperaturer på några mätstationer under vegetationsperioden.

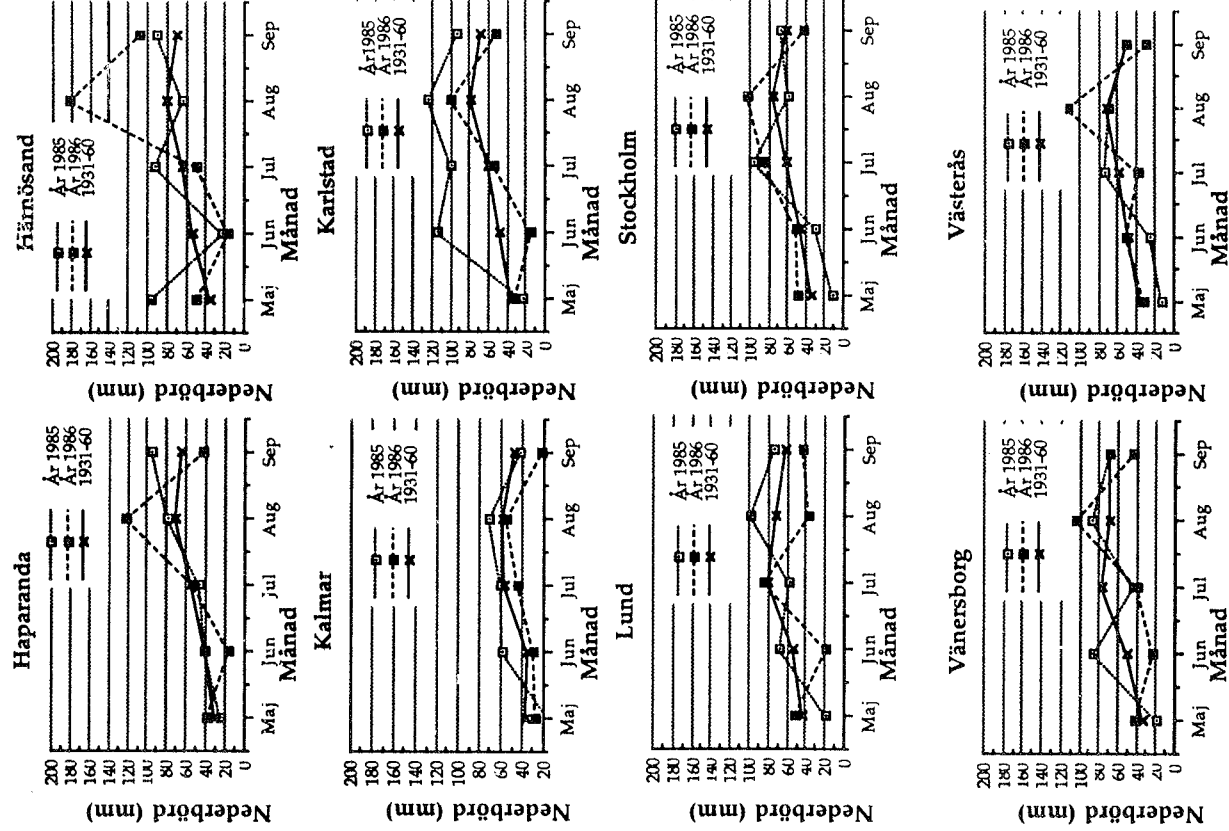


Fig. 1. Nederbörd maj-september. Källa: Väder och vatten. SMHI 1985, 1986.
Fig. 1. Precipitation in mm for May-September at six different places in Sweden. Source: Väder och vatten. SMHI 1985 and 1986

Tabell 2. Medeltemperatur under vegetationsperioden. Källa: Väder och vatten. SMHI 1985, 1986

Table 2. Average temperature for April - September at six different places in Sweden. Source: Väder och vatten. SMHI 1985, 1986

Månad Month	År Year	Härad Härad	Härnösand Härnösand	Kalmar Kalmar	Karlshamn Karlshamn	Lund Lund	Stockholm Stockholm	Västerås Västerås
April	-85	-2,4	0,2	3,7	1,1	4,6	2,4	2,2
	-86	-0,9	0,1	3,5	1,7	4,6	2,9	2,3
	1931-60	-0,9	2,2	4,7	4,0	6,2	4,4	4,5
								4,1
Maj	-85	4,6	6,6	10,1	10,4	12,4	10,2	9,8
	-86	6,1	7,9	11,9	10,4	12,5	12,7	11,0
	1931-60	5,8	7,8	9,6	10,0	11,3	10,1	10,1
								10,1
Juni	-85	12,9	12,7	13,8	13,9	14,4	14,7	13,1
	-86	14,7	15,1	15,4	15,4	15,3	16,2	15,0
	1931-60	12,3	12,7	14,5	14,5	15,2	14,9	14,3
								14,6
Juli	-85	16,0	15,3	16,2	16,1	16,9	16,8	15,4
	-86	15,1	15,0	16,6	15,8	17,2	17,1	15,6
	1931-60	16,3	16,3	17,3	17,2	17,4	17,8	16,7
								17,8
Aug	-85	14,0	15,0	15,4	14,8	16,2	16,2	14,6
	-86	10,7	11,6	14,8	13,0	15,6	13,8	13,2
	1931-60	14,0	15,0	16,4	15,9	16,8	16,6	16,0
								15,8
Sep	-85	8,2	9,1	10,7	9,5	11,9	10,6	9,5
	-86	5,3	7,3	9,5	8,5	11,0	9,3	8,3
	1931-60	8,4	10,4	12,5	11,6	13,5	12,2	12,1
								11,3

I de fältförsök där grödan var stråsåd uttogs växtprov vid blomningsstadiet under åren 1985 och 1986 och analyserades på Mn.

Skördens storlek i samtliga försök bestämdes. I de fall grödan inte var stråsåd har skörden räknats om till spannmålsenheter.

Analysdata och skördeuppgifter har bearbetats statistiskt med SAS, GLM-proceduren (General Linear Models). Denna regressionsprocedur kan användas till obalanserade data. Uppgifterna från försöksrén är obalanserade p g a att det i vissa fall endast finns mätvärden för ett av de

två åren. Det gäller växtanalyserna, som endast har utförts på stråsäd. Vid statistisk behandling har enkel och multipel linjär regressionskvation framtagits. Statistisk signifikans har angetts med asterisk. Signifikansnivåerna 5%, 1% resp. 0,1% anges med *, ** resp. ***.

RESULTAT

Resultat från jordanalys

Mängden extraherbart Mn framgår av tabell 3. Av de tre extraktionsmedlen har $Mg(NO_3)_2$ extraherat ut minst Mn från jorden. Av de två extraktionslösningarna med kelatbildare har DTPA extraherat ut väsentligt mindre Mn än EDTA.

Tabell 3. Magnesiumnitrat-, EDTA- och DTPA-extraherbart Mn i 112 jordprover tagna från 28 försöksplatser vid fyra olika kalknivåer under 1985 och 1986. Extraktion med och utan föregående inkubering av jord. Mn mg kg^{-1} jord

Table 3. $Mg(NO_3)_2$, EDTA and DTPA extractable Mn in 112 soil samples collected during 1985 and 1986 from 28 experimental sites.
Extraction after incubation and without incubation of the soil.
Mn mg kg^{-1} soil

År	Antal prover	$Mg(NO_3)_2$		EDTA		DTPA
		utan inkub.	med inkub.	utan inkub.	med inkub.	utan inkub.
Year	Number of samples	Without incub.	With incub.	Without incub.	With incub.	Without incub.
-85	112	13,3	25,1	29,1	61,8	15,8
-86	112	8,6	22,4	26,7	58,2	13,2
Medeltal						
Average	224	10,9	23,7	27,9	60,0	14,5
						38,2

Tabell 3 visar att extraherbart Mn var högre under år 1985 än 1986 med undantag för DTPA-extraktion efter inkubering. Högre mängd extraherbart Mn kan bero på reducerande förhållanden i jorden före provtagning. Därvid reduceras Mn-oxider med höga valenstal till 2-värt Mn. Proven lufttorkades efter provtagningen bl a för att underlätta fortsatt hantering. Därvid ökar mängden extraherbart Mn och den ursprungliga skillnaden förstärks i regel (Khan & Soltanpour, 1978, Sheppard & Bates, 1982).

Tabell 4. Extraherbart Mn (mg kg⁻¹ jord) på olika försöksplatser år 1985 och 1986

Table 4. Extractable Mn (mg kg⁻¹ soil) at the experimental sites in 1985 and 1986 without incubation and with incubation of the soil

För- sök nr	Antal prover Exp. Number site of samples	Mg(NO ₃) ₂		EDIA		DTPA		Total halt Total content
		utan inkub. Without incub.	med inkub. With incub.	utan inkub. Without incub.	med inkub. With incub.	utan inkub. Without incub.	med inkub. With incub.	
1	8	11,6	17,7	32,9	82,6	15,5	37,7	619
2	8	5,6	11,8	11,0	22,3	6,1	17,7	434
3	8	4,8	12,1	11,2	22,0	5,7	14,0	330
4	8	8,6	34,5	20,7	82,9	10,4	78,5	384
5	8	14,1	41,4	35,2	95,9	17,3	66,7	763
7	8	5,9	12,3	13,1	27,5	5,7	13,1	175
9	8	5,0	11,5	11,4	18,9	7,9	16,8	224
10	8	15,8	38,1	38,0	76,1	22,1	52,0	413
11	8	16,9	7,5	73,5	83,6	29,9	55,4	446
12	8	13,4	33,0	42,3	111,1	20,7	79,3	553
13	8	22,2	33,4	73,2	119,0	32,5	96,7	546
14	8	2,2	7,9	9,3	22,5	4,8	17,4	261
15	8	3,6	11,3	11,4	28,2	5,1	13,7	355
16	8	14,1	26,3	24,6	60,9	16,4	35,3	411
17	8	6,0	16,5	19,3	53,3	7,1	34,1	490
18	8	6,0	11,1	12,0	27,4	7,6	19,9	312
19	8	11,5	30,1	24,4	66,9	15,6	41,5	465
20	8	16,3	49,0	56,4	98,1	21,8	50,5	531
21	8	12,2	27,3	36,7	81,4	16,8	50,9	758
22	8	11,9	42,8	35,4	99,5	16,6	60,8	667
23	8	5,5	11,7	11,8	24,6	5,9	17,6	470
24	8	7,1	18,4	15,1	35,5	9,1	13,3	341
26	8	10,7	25,4	25,6	72,5	12,5	47,8	653
27	8	14,0	32,5	33,9	87,7	18,9	59,3	653
28	8	7,4	12,3	15,9	28,0	12,6	19,9	415
29	8	13,1	15,1	18,3	22,3	14,8	16,6	383
30	8	33,8	60,4	53,6	94,5	29,8	28,0	511
31	8	6,9	13,8	15,8	34,6	7,9	17,6	449

Enligt figur 1 var nederbörden större i september 1985 än i september 1986 (undantag Härnösand). Jorden bör därför ha haft större vattenmättnad under hösten 1985 och därmed mer reducerande förhållanden. Medeltemperaturen för september var å andra sidan högre 1985 än 1986 enligt tabell 2. Det medför högre avdunstning men även högre mikrobaktivitet.

Tabell 4 visar att variationen i extraherbart Mn är stor mellan försöksplatserna. Trots att de olika extraktionsmedlen extraherade ut olika mängder Mn ur jorden så förelåg relativt god överensstämmelse mellan dem, då det gäller att bedöma Mn-halten i jord. Vid extraktion utan inkubering har alla tre extraktionsmedlen indikerat försök nr 14 såsom Mn-fattigaste jorden och nr 13 såsom Mn-rikast eller näst Mn-rikast.

Även när det gällde att plocka ut de fem jordarna med minst extraherbart Mn, sorterade de tre extraktionsmedlen ut samma jordar till 4/5 när de inte inkuberats. Däremot varierar den inbördes ordningen. När det gällde att plocka ut de fem Mn-rikaste jordarna förelåg fortfarande relativt god överensstämmelse. Tre jordar indikerades gemensamt av alla tre extraktionsmedlen såsom Mn-rikast.

Tabell 5. Korrelationskoefficienter och signifikanser för korrelering mellan Mn-halter extraherade enligt olika metoder

Table 5. *Correlation coefficients and levels of significance for Mn extracted with different methods with and without incubation, respectively*

	Mg(NO ₃) ₂			EDTA			DTPA		
	Antal prover	utan inkub.	med inkub.	utan inkub.	med inkub.	utan inkub.	utan inkub.	med inkub.	med inkub.
	Number	Without	With	Without	With	Without	Without	With	With
	of samples	incub.	incub.	incub.	incub.	incub.	incub.	incub.	incub.
Mg(NO ₃) ₂ utan inkub.	224	...	0,73***	0,71***	0,57***	0,80***	0,36***		
Mg(NO ₃) ₂ med inkub.	224		...	0,53***	0,67***	0,61***	0,51***		
EDTA utan inkub.	224			...	0,81***	0,86***	0,63***		
EDTA med inkub.	224				...	0,70***	0,76***		
DTPA utan inkub.	224					...	0,53***		

Vid undersökning av extraherbart Mn vid 72 timmars våtinkubering fanns en sämre överensstämmelse mellan de olika extraktionsmedlen. Ingen jord har av alla tre extraktionsmedlen klassats såsom tillhörande de fem Mn-fattigaste när proven inkuberats. Däremot har de tre extraktionsmedlen gemensamt klassat två av jordarna såsom tillhörande de fem Mn-rikaste.

För att belysa sambandet mellan de olika extraktionsmedlen har korrelationsanalys utförts. Av korrelationskoefficienterna i tabell 5 framgår att sambandet mellan de olika extraktionsmedlen är relativt starkt och med hög signifikans. Korrelationskoefficienterna är högre vid extraktion utan inkubering än med inkubering.

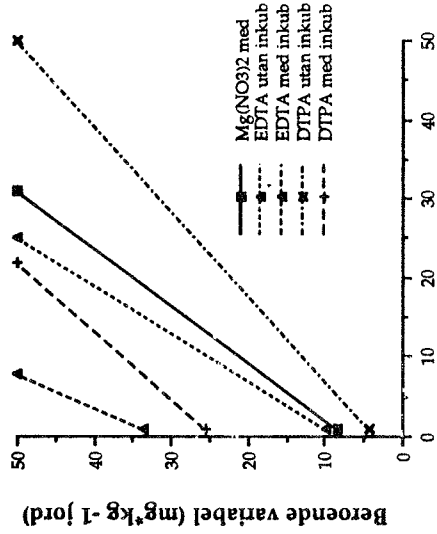
Extraktionsmetodernas samband har även undersökts med regressionsanalys. Den utförda regressionsanalysens linjära ekvation har formen:

$$Y = b_0 + b_1 X$$

Y betecknar extraherbart Mn med olika extraktionsmedel, med och utan föregående inkubering. X betecknar $Mg(NO_3)_2$ -extraherbart Mn utan föregående inkubering. Interceptet betecknas med b_0 . Koefficienten b_1 anger linjens riktningskoefficient. Figur 2 illustrerar den ovan angivna ekvationen grafiskt.

Lägst riktningskoefficient erhöles vid extraktion med DTPA utan inkubering. I detta fall är extraherbart Mn ungefär detsamma som om $Mg(NO_3)_2$ används. Störst riktningskoefficient gav EDTA med inkubering där extraherbart Mn mer än tredubblats i jämförelse med $Mg(NO_3)_2$ utan inkubering.

$Mg(NO_3)_2$ -extraherbart Mn minskade drastiskt (ca 50 %) vid uppkalkning av basmättnaden från: ca 50% till 100%, som framgår av figur 3. (I verkligheten erhöles istället för 100% knappt 90% basmättnad, varför kompletteringskalkning genomfördes hösten 1985). Även DTPA-extraherbart Mn utan inkubering minskade något efter uppkalkning till högre basmättnad. DTPA-extraherbart Mn vid 72 timmars inkubering och EDTA-extraherbart Mn visade dock inte någon tydlig förändring med basmättnadsgraden.



Mg(NO₃)₂ utan inkubering (mg*kg⁻¹ jord)

Extraktionsmetod	b ₀	Riktningkoefficient b ₁	R ²
Extraction method	b ₀	b ₁	R ²
Mg(NO ₃) ₂ med inkub.	8,4***	1,40***	0,528
EDTA utan inkub.	9,8***	1,65***	0,504
EDTA med inkub.	33,7***	2,40***	0,328
DTPA utan inkub.	4,2***	0,91***	0,648
DTPA med inkub.	25,4***	1,17***	0,133

Fig. 2. Mängder extraherbart Mn med olika extraktionsmedel med och utan föregående inkubering jämfört med Mg(NO₃)₂-extraherbart Mn utan inkubering. Värdet från 224 prov till varje extraktionsförfarande.

Fig. 2. EDTA and DTPA extractable Mn with (med inkub.) and without (utan inkub.) preceding incubation in comparison with Mg(NO₃)₂ extractable Mn without incubation. Each extraction procedure includes 224 soil samples.

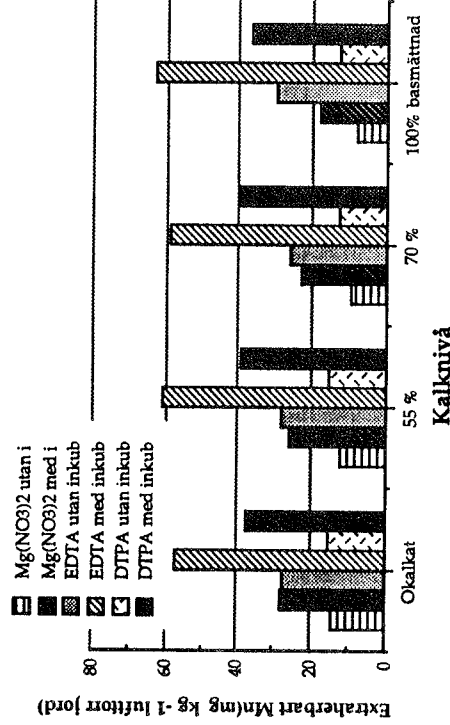


Fig. 3. Extraherbart Mn i jord vid fyra olika kalkningsnivåer.

Fig. 3. Extractable Mn (mg kg^{-1} air dry soil) at four different lime levels (not limed, 55%, 70% and 100% base saturation).

Resultat från växtanalys

Växtprov av stråsäd vid blomningsstadiet från försöken analyserades ledvis m h t innehåll av Mn. Försöksplatsvisa analysresultat framgår av tabell 6. Halterna har varierat mellan 13,5 och 104,5 ppm Mn av ts. Vid uppdelning på försöksled har lägsta halten varit 9 och högsta 128 ppm av ts. Som jämförelse bör Mn-halten i stråsäd vid blomning ligga på 20-60 ppm av ts (Simán -88, stencil). År Mn-halten 200 eller däröver föreligger risk för att grödan är Mn-förgiftad.

I figur 4 redovisas kalkningens effekt på grödans Mn-koncentration. Som framgår av figuren sjönk Mn-koncentrationen med högre basmättad. En fråga som infinner sig är hur växternas Mn-koncentration varierar i förhållande till extraherbart mangan.

Tabell 6. Mn-halt i grödan vid blomning år 1985 resp. 1986. Medeltal från fyra prov på respektive försöksplats och år

Table 6. Mn concentration in the cereal plants at the time of flowering in 1985 and 1986. Average of four samples from each experimental site and year

		År Year 1985		År Year 1986	
För- söks- plats nr	Gröda	Mn-halt ppm av ts	Gröda	Mn-halt ppm av ts	
Sites No.	Crops	Mn in ppm of dry matter	Crops	Mn in ppm of dry matter	
1	Korn*	35,25	-	-	-
2	Korn	56,50	-	-	-
3	Råg**	41,50	-	-	-
4	Råg	36,50	Korn*	26,00	26,00
5	-	-	Havre***	47,00	47,00
10	Korn	20,25	-	-	-
12	-	-	Höstvete****	47,00	47,00
13	-	-	-	-	-
14	Korn	9,75	Havre	30,00	30,00
15	-	-	-	-	-
16	Korn	25,50	Havre	35,50	35,50
18	Havre***	87,50	Havre	88,25	88,25
19	Korn	17,25	Havre	37,00	37,00
20	Havre	116,50	Korn	35,50	35,50
21	-	-	Havre	38,75	38,75
22	-	-	Korn	13,50	13,50
23	Havre	89,50	Vårvete****	45,00	45,00
24	Korn	27,00	-	-	-
25	Korn	30,00	-	-	-
26	Korn	28,00	Korn	29,50	29,50
27	Korn	50,50	Korn	37,25	37,25
28	Havre	57,25	-	-	-
29	Korn	24,75	Korn	33,00	33,00
30	Korn	57,25	Korn	48,00	48,00
31	Korn	22,00	-	-	-
*Barley	**Rye	***Oats	****Winter wheat	*****Spring Wheat	

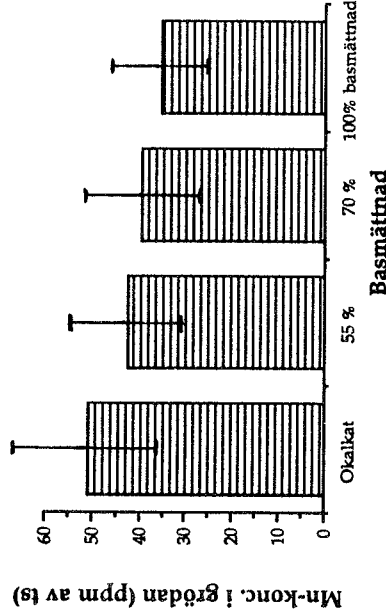


Fig. 4. Mn-koncentration i grödan vid stigande basmättnadsgrad i jorden.
 Fig 4. *Mn concentration in plants at different lime levels (unlimed, 55%, 70% and 100% BS).*

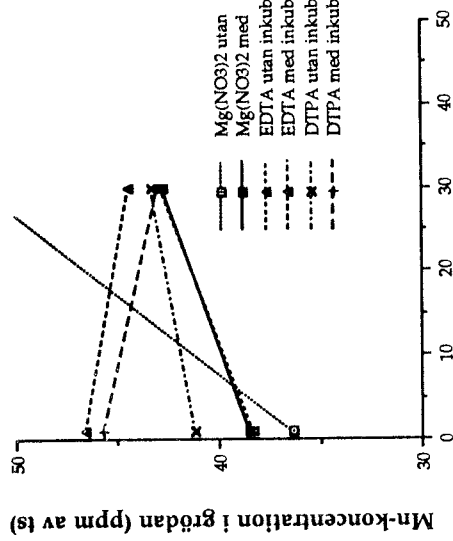
Tabell 7. Korrelation mellan Mn-koncentration i växt och extraherbart Mn i jord. Medeltal för år 1985 och 1986

Table 7. *Correlation between Mn concentration in plant and extractable Mn in soil without incubation (utan inkub.) and with incubation (med inkub.) of the soils. Average for the years 1985 and 1986*

		Mg(NO ₃) ₂		EDTA		DTPA	
Gröda	Antal prover	utan inkub.	med inkub.	utan inkub.	med inkub.	utan inkub.	med inkub.
Crops	Number of samples	Without incub.	With incub.	Without incub.	With incub.	Without incub.	With incub.
Havre Oats	40	0,46**	0,22	0,20	-0,08	0,17	-0,22
H-vete W.wheat	4	0,90	0,64	-0,13	-0,78	0,88	0,14
Korn Barley	76	0,52***	0,38***	0,35**	0,17	0,28*	-0,09
Råg Rye	8	0,07	-0,45	-0,63	-0,30	-0,50	-0,58
V-vete S.wheat	4	0,96*	0,91	-0,91	0,74	0,91	0,11
Samtliga	132	0,17*	0,09	0,08	-0,09	0,02	-0,09

Som tabell 7 visar är korrelationen mellan Mn-koncentration i växt och

extraherbart Mn i jord relativt svag. Endast extraktion med $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ utan inkubering gav signifikant korrelation med Mn-koncentration i växten som medeltal av samtliga grödor och år. Vid uppdelning på olika grödor erhöles den starkaste korrelationen i korn när det gäller extraktion med $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ utan inkubering. Korrelationen är signifikant på 0,1% nivå. Det bör observeras att skillnaden i korrelationskoefficienter mellan olika grödor i tabell 7 troligen inte beror enbart på grödan utan påverkas förmodligen även av faktorer såsom växtplats, klimat, etc. Försöksseriens uppläggning har inte möjliggjort jämförelse av grödorna på samma försöksplats under samma år.



Extraherbart Mn (mg Mn*kg⁻¹ jord)

Extraktionsmetod	b ₀	b ₁	R ²
Extraction method	b ₀	b ₁	R ²
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ utan inkub.	36,3***	0,51*	0,029
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ med inkub	38,5***	0,14	0,008
EDTA utan inkub.	38,3***	0,15	0,008
EDTA med inkub.	46,5***	-0,07	0,008
DTPA utan inkub.	41,2***	0,07	0,001
DTPA med inkub.	45,7***	-0,09	0,009

Fig. 5. Mn-konc. i växten som funktion av extraherbart Mn i jorden.
Fig. 5. Mn concentration in the plant as a function of extractable Mn in the soil ("utan inkub." = without incubation and "med inkub." = with incubation).

Ett annat sätt att studera sambandet mellan Mn-koncentration i växt och extraherbart Mn i jord är enligt följande regression:

Mn-koncentration i växt = $b_0 + b_1$ extraherbart Mn i jord.

I figur 5 återges ekvationen grafiskt tillsammans med intercept (b_0) och riktningskoefficienter (b_1). Figuren antyder att ökning i extraherad mängd Mn med EDTA respektive DTPA efter föregående inkuberings inte motsvaras av högre Mn-koncentration i växten (neg. riktningskoefficient). Värdena är inte statistiskt signifikanta. Inte heller riktningskoefficienterna för $Mg(NO_3)_2$ med inkuberings respektive EDTA och DTPA utan inkuberings är signifikanta. Endast extraktion med $Mg(NO_3)_2$ utan inkuberings har signifikant riktningskoefficient, som dessutom är relativt stor.

Regression med kvadratisk funktion har utförts, men det förbättrade förklaringsgraden endast obetydligt.

Skörderesultat

Sambandet mellan skördenivå (y) och extraherbart Mn (x_1) och kalkningsnivå (x_2) har också undersökts enligt formen:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$$

Tabell 8. Merskördens beroende av extraherbart Mn i jorden och kalkningsnivå. 224 prov vid varje extraktionsförfarande.

Merskörd ($kg\ ha^{-1}$) är medeltal för 3 år från 112 behandlingsled
Table 8. Dependence of yield increase of the level of extractable Mn in soil and of lime levels. 224 samples for each extraction procedure. Yield increase is the average of 3 years at each of the 112 treatments. ("utan inkub." = without incubation and "med inkub." = with incubation)

Extraktionsmetod	b_0	Riktningskoefficienter		R^2
Extraction method	b_0	Extraherbart Mn b_1	Kalkningsnivå b_2	R^2
		Extractable Mn b_1	Lime level b_2	
$Mg(NO_3)_2$ utan inkub.	-112,4	2,97	7,86***	0,116
$Mg(NO_3)_2$ med inkub.	-169,6*	3,24*	8,24***	0,144
EDTA utan inkub.	-111,7	1,55	7,19***	0,123
EDTA med inkub.	-120,7	0,92	7,06***	0,127
DTPA utan inkub.	-95,4	1,41	7,45***	0,114
DTPA med inkub.	-92,2	0,48	7,24***	0,115

y är merskörd, som omräknats till spannmålsenheter. Även i de fall grödan inte varit stråsäd har omräkning till spannmålsenheter utförts. R²-värdena är mycket låga (0,11-0,14). Riktningskoefficienterna (b_1 och b_2) för skördenivå såsom beroende av extraherbart Mn är inte signifikanta på 1% nivå. Kalkningens inverkan (b_2) på skördens storlek är dock signifikant på 0,1% nivå (se tab. 8). Tillägg av samvariationsfaktorn (extraherbart Mn * kalknivå) i ovannämnda ekvation gav inget eller obetydligt förbättrat R²-värde.

DISKUSSION

Jordanalys

Andelen extraherbart Mn i jorden varierar kraftigt beroende på faktorer såsom använt extraktionsmedel och dess koncentration, extraktionstid, -temperatur, samt förhållande jord: extraktionslösning, jordens finfördelningsgrad, pH, multhalt, lerhalt, halter av andra kationer, etc. Även extraktionsförfarande och den ev inkuberingstidens längd och temperatur samt jordens fuktighet påverkar mängden extraherbart Mn. Som figur 2 och 3 liksom tabell 3 och 4 visar avtog mängden extraherbart Mn med extraktionslösningsarna i följande ordning vid samma inkuberingstid:

EDTA > DTPA > $Mg(NO_3)_2$

$Mg(NO_3)_2$ extraherade ut minst Mn. Det var väntat eftersom $Mg(NO_3)_2$ är ett neutralsalt, som endast förtränger utbytbar bundet Mn. (Browman et al 1969). Av de två extraktionsmedlen med kelatbildare har DTPA extraherat ut väsentligt mindre Mn än EDTA. Det beror troligen främst på den relativt låga koncentrationen av DTPA men också på DTPA-lösningens relativt höga pH på 7,3. Det är långt över jordarnas ursprungliga pH, som varierar mellan 5,1 och 6,8. Andersson (1975) fann att extraktionsmedlens pH har stor betydelse för mängden extraherbart Mn. I försök genomförda av Beyers & Coetzer (1971) minskade EDTA-extraherbart Mn till hälften när extraktionslösningens pH har höjts från 4,6 till 7,0. Även Lakanen & Erviö (1971) erhöll mindre mängd extraherbart Mn vid extraktion med EDTA vid pH 7,0 i jämförelse med pH 4,65. Skillnaden var dock betydligt mindre, nämligen 3% i medeltal för alla undersökta jordar. För torv var skillnaden obefintlig medan för finsand skilde det ca 8% vid extraktion vid de två olika pH-värdena.

Haynes & Swift (1983) jämförde DTPA (0,005 M) med EDTA (0,04 M) på måttligt sura jordar. Det visade sig att en höjning av pH över jordens naturliga pH förändrade DTPA-extraherbara mikronäringsämnen, däremot knappast EDTA-extraherbara. En höjning av DTPA-koncentrationen till 0,04 M har sänkt de oregelbundna pH-beroende variationerna. Det berodde på att mängden extraherbara mikronäringsämnen därvid minskade vid ökande pH på alla jordar. En ökad keltatkoncentration medför att större mängder mikronäringsämnen kan extraheras. Haynes & Swift (1983) drog slutsatsen att 0,005 M DTPA inte är användbar över ett brett pH-intervall. Speciellt inte om det bland mikronäringsämnena är betydelsefullt att bestämma tillgängligheten av Mn.

Ur figur 2 kan man utläsa att EDTA är ett kraftigt extraktionsmedel. Dels har EDTA störst riktningskoefficient, dels har det störst intercept. Detta gäller både med och utan föregående inkubering. Det visar att EDTA till stor del har extraherat ut Mn, som inte är direkt utbytbar. Liknande resultat har även framkommit i bl a amerikanska och finska undersökningar (Dolar & Keeney, 1970, Lakanen & Erviö, 1971). Det beror troligen på EDTA:s förmåga att bryta ner humusföreningar, som innehåller och/ eller komplexbinder bl a Mn (Beyers & Coetzer, 1971, Andersson 1975). Man kan fråga sig huruvida dessa kvantiteter är växttillgängliga på kort sikt.

Tabell 3 och 4 visar också att en inkubering före extraktion hade stor inverkan på extraherbart Mn. I denna undersökning medförde en inkubering vid vattenmättnad under 72 timmar, att extraherbart Mn fördubblades eller tredubblades. Däremot förefaller syftet med inkuberingen, nämligen att bättre beskriva manganets växttillgänglighet, inte ha uppnåtts. Sambandet mellan växtens Mn-upptagning och extraherbart Mn var sämre med föregående inkubering än utan. Det förefaller alltså som om inkuberingen gav ett sämre resultat än extraktion av lufttorr jord när det gäller att beskriva den dynamiska situation som råder beträffande Mn^{2+} -tillgången i fält.

Jordproverna var lufttorra vid inkuberingens början. Även torkning kan öka mängden extraherbart Mn i jämförelse med extraktion av fältfuktiga prov (Hammes & Berger, 1960 a,b, Ståhlberg, 1970). Det kan förefalla motsägelsefullt eftersom torkning medför lufttillträde varvid Mn^{2+} förväntas oxidera till 3- och 4-värda former. Dessa är inte upptagbara för växterna och inte heller extraherbara med våra extraktionsmedel. Enligt Hammes & Berger (1960 b) härstammar Mn, som frigörs vid torkning, från

jordens organiska substans. Mn som är komplexbundet av organiska föreningar, frigörs när det organiska materialet oxideras vid torkning. Andra möjligheter är reduktion i samband med koncentrationsökningar i markvätskan (även här oxideras organiskt material) och dismutation av trevärt Mn till 2- och 4-värd under torkningsprocessen. De ökade Mn^{2+} -mängderna kan kvarstå i månader och år. (Ståhlberg, 1970).

Förklaringen till ökningen av extraherbart Mn efter våtinkuberingen torde bero på förändringen i redoxpotentialen (Eh). Vid pH lägre än 5 är redoxpotentialens inverkan på mängd Mn^{2+} minimal. Enligt tabell 1 är de flesta jordarnas pH knappt 6 i okalkat led. I övriga led stiger pH till maximalt ca pH 7. Mellan pH 6 och 8 har både Eh och pH inverkan på reduktion av svårslösligt Mn^{4+} till vattenlösligt och extraherbart Mn^{2+} . Mätning av Eh har ej utförts i dessa försök, men man kan anta att Eh har varit väsentligt mindre än 300 mV eftersom vattenmättnaden vid inkuberingen medförde att syrgasen försvann.

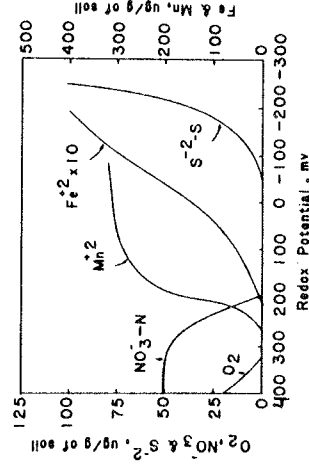


Fig. 6. Stabiliteten hos olika redoxpar såsom beroende av redoxpotentialen. Källa: Reddy & Patrick, (1983).

Fig. 6 The stability of various redox couples as a function of the redox potential. Source: Reddy & Patrick, (1983).

Mikroorganismernas aktivitet kan också ha medfört att redoxpotentialen sänkts ytterligare till åtminstone 200 mV, som enligt figur 6 leder till att det mesta av Mn överförs till 2-värd form. Eftersom jordprov togs på hösten innehåller de relativt mycket ej omsatt organiskt material från skörderester, rötter etc. Mikroaktiviteten är relativt hög då inkubering sker vid hög temperatur (20°C) och jorden är vattenmättad. (Reddy & Patrick, 1983).

Överensstämmelsen var relativt god mellan extraherbart Mn bestämt med de undersökta extraktionsmedlen när jorden inte inkuberats före extraktion. Det har inte framkommit något starkt samband mellan jordart och mängd extraherbart Mn. Däremot har totalhalten av Mn stor inverkan på extraherbart Mn. Låg totalhalt av Mn medför små mängder extraherbart Mn. Detta oberoende av om proven inkuberas eller ej före analys. Hög totalhalt av Mn medför däremot inte alltid stor mängd extraherbart Mn vid extraktion utan föregående inkubering. Inkubering av proven har medfört att extraherbart Mn nästan undantagslöst har ökat. Ökningen är störst i prov med hög totalhalt av Mn.

Jord nr 11 avviker markant från övriga genom att mängden $Mg(NO_3)_2$ -extraherbart Mn minskar då jorden inkuberas. Tendensen är densamma under båda försöksåren. Jordarten är moig sand med mycket låg kationbyteskapacitet. Jordens totalhalt av Mn befinner sig på medelnivån. Det är tänkbart att manganet är så hårt bundet i Mn-oxider att det inte hinner reduceras under inkuberingstiden på tre dygn. Samtidigt medför en tillväxande mikrobmängd att en del Mn^{2+} immobiliseras.

Den låga mängden DTPA-extraherbart Mn efter 72 timmars inkubering av jord nr 30 är anmärkningsvärd med tanke på att övriga extraktionsmetoder anger att denna jord har bland den största mängden utbytbar Mn. Värdena för inkubering och DTPA-extraktion förefaller orimligt låga för tre av proven 1986 varför analysfel är tänkbart.

Vanligen minskar extraherbart Mn^{2+} med ökande basmättnad och därmed stigande pH i markvätskan (Steenbjerg, 1933, Mäntylähti, 1981, Jahiruddin et. al. 1986). Det framgår av figur 3 i de fall extraktionsmedlet utgörs av DTPA utan inkubering eller av $Mg(NO_3)_2$. Med EDTA extraherades i denna undersökning ungefär lika stora mängder Mn oberoende av basmättnadsgrad. Det kan till viss del bero på EDTA-lösningens låga pH på 4,65, som ligger väsentligt lägre än pH hos försöksplatsernas jordar. Det medför att en del Mn-föreningar, främst vid högre basmättnad, löses upp och kan extraheras. Ännu större betydelse har den höga koncentrationen av kelatbildaren EDTA. Haynes & Swift (1983) erhöll högst mängd extraherbart Mn inom pH-intervall 4,5 - 6,5 vid extraktion med EDTA resp. DTPA, när kelatkoncentrationen var 0,005 M. Enligt figur 3 fick vi liknande resultat vid extraktion med 0,005 M DTPA efter våtinkubering av jorden. När kelatkoncentrationen i den refererade undersökningen höjdes till 0,04 M EDTA resp. DTPA extraherades inte längre högst Mn-mängd vid svagt sur pH-reaktion utan det skedde vid mycket låga pH-värden. Ökande pH i extraktionslösningen ledde därvid

till avtagande mängd extraherbart Mn.

Khan & Soltanpour (1978) fann att 7 dagars inkubering av jord under ett fuktighestryck av 1/3 bar resulterade i att mängden DTPA-extraherbart Mn sjönk till i medeltal 1/3 av mängden vid extraktion av lufttorr jord utan inkubering. Lufttorkning av de inkuberade jordarna före analys ökade mängden extraherbart Mn igen, dock vanligen inte till ursprungliga nivåer. Ugnstorkning vid 110°C under 48 timmar istället för lufttorkning ökade DTPA-extraherbart Mn till det dubbla. Det berodde antagligen på frigörelse av Mn från organiskt material. Proverna bestod av fastmarksjordar med 0,3 - 3% organiskt material och pH-värden mellan 7,3 och 9,2. Orsaken till att Khan & Soltanpour erhöll minskade mängder extraherbart Mn medan vi erhöll ökade efter inkubering, beror främst på att inkuberingen skedde vid olika vattenhalt. Våra jordprover var vattenmättade, dvs ca 50% vatten av totalvolymen, under inkuberingen. Khan & Soltanpours prov hade en fuktighetstension av 1/3 bar. Det innebär vattenhalter mellan ca 5 och 35% för deras undersökta jordar. (Som jämförelse är tensionen 0,1 bar i markytan vid dräneringsjämvikt och en meters dräneringsdjup.) Fuktigheten var alltså lägre än fältkapacitet. Mäntylähti (1981) erhöll i sina undersökningar resultat, som visade att mängden utbytbar Mn var oberoende av vattenhalten, såvida den var lägre än fältkapacitet. Vid jämförelse med resultat från mätningar av Eh, påverkades Mn^{2+} -mängden endast om vattenhalten var över fältkapacitet.

Växtanalys

Korrelation (tab. 7) och regression (fig. 5) mellan extraherbart Mn i jorden och grödans Mn-koncentration tyder på att säkert och relativt starkt samband föreligger mellan Mn extraherbart med $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ och Mn-koncentrationen i havre resp. korn. Skillnaderna i havre- resp korngrödans Mn-koncentration kan till 46 resp. 52% förklaras av skillnader i mängd Mn extraherbart med $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$. Övriga grödor förekom alltför sällan i försöken för att erhålla signifikanta värden. Våtkubering under 72 timmar förefaller inte i något fall förklara sambandet bättre än extraktion utan inkubering. Dels sänks korrelationskoefficienterna och dessutom är de inte statistiskt säkra på 5% signifikansnivå. Enda undantaget när det gäller signifikansen utgör $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ -extraktion med inkubering. Även i detta fall minskar dock korrelationskoefficienten p g a inkuberingen.

Noterbart är att EDTA-extraktion enbart i ett fall givit statistiskt säkert värde (1% signifikansnivå) och att EDTA-extraktion ger väsentligt lägre korrelation med Mn-koncentrationen i grödan än vad $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ -extraktion har givit. Randall et al (1976) fann EDTA vara överlägset $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ när det gällde överensstämmelse mellan havrens Mn-upptagning och extraherbart Mn med resp. extraktionsmedel på 37 jordar med mindre än 6% organiskt material. EDTA:s korrelation var ca 0,6 och $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$:s var ca 0,5. Skillnaden kvarstod även när pH och halt organiskt material inkluderats i regressionskvationen. DTPA (pH 7,3) var i den undersökningen i stort jämbördig med EDTA. Extraktionslösningen med EDTA avvek lite från vår EDTA-lösning medan de två andra extraktionslösningarna hade den sammansättning vi använt. De undersökta jordarnas pH var 5,4 - 7,4 (medelvärde 6,5) och innehållet av organiskt material var 0,6 - 5,8% (medelvärde 2,7%). De förefaller vara jämförbara med jordarna i vår undersökning. I enlighet med resultat från bl a Salcedo et al (1979) visar sig DTPA-extraktion vara den osäkraste av de undersökta metoderna för att förutsäga grödans Mn-koncentration. Det kan bero på att DTPA-extraktion inte är anpassad till jordar med lågt pH.

De olika extraktionsmedlen uppvisade god samstämmighet då det gäller att indikera Mn-fattiga jordar. Det väcker idén att m h a extraktionslösningarnas analysresultat förutsäga när det bör föreligga Mn-brist hos grödan. Enligt Ståhlberg (1970) föreligger risk för Mn-brist om man vid extraktion av torr jord med 0,5 M $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ erhåller mindre än 2,5 mg Mn kg^{-1} jord. Därvid ligger försöksjorden 14 klart under gränsen (tab. 4). Enligt tabell 6 förelåg kraftig Mn-brist vid blomningen (9,75 ppm) i

korngrödan, som odlades på den platsen 1985. Stråsäd behöver nämligen 20-60 ppm Mn av ts för optimal tillväxt (Sima'n, 1988 b). Däremot förelåg knappast Mn-brist i havregrödan följande år på samma plats. Försöksplats 19 bör med sina 11,5 mg Mn kg⁻¹ jord ha relativt god Mn-försörjning för växterna. Trots det hade kornet där låg Mn-koncentration (17,25 ppm) vid blomningen 1985. Även här hade havregrödan året därpå godtagbar Mn-koncentration.

Sillanpää (1982) anger 2-3 mg DTPA-extraherbart Mn liter⁻¹ jord såsom gränsvärde för jordar med Mn-brist. Värdet på 4-5 mg Mn liter⁻¹ jord eller därunder tyder på att risk för Mn-brist föreligger. Enligt dessa värden föreligger inte brist på jordarna i vår undersökning. Försök 14 har ca 6 mg Mn liter⁻¹ jord. Sillanpää anger halter över 140-200 mg Mn liter⁻¹ jord såsom innebärande förgiftningsrisk. Våra undersökta jordar hade alla mindre än 50 mg Mn liter⁻¹ jord.

Växtanalysernas högre värden under 1986 än 1985 överensstämmer inte med jordanalysernas värden, som var högre 1985 än 1986. En tänkbar orsak är tidsskillnaden mellan provtagningarna. Växtanalyserna uttogs i juni och många av försöksplasma hade torrare försommar 1985 än 1986 enligt figur 1. Jordproverna uttogs däremot i september- oktober och dessa månader var regnigare 1985 än 1986 (undantag Härnösand).

Det dåliga sambandet mellan extraherbart Mn i jorden och skördenivå överensstämmer med resultaten Wright et al (1988) erhöill för skörd av vallväxter. Det kan förklaras med att grödan i de flesta fall erhåller tillräckliga mängder Mn. Som framgår av tabell 6 är det endast på försöksplats nr 14 och 19 år 1985 och på nr 22 år 1986, som grödan har haft kraftig Mn-brist vid blomningsstadiet. Enstaka andra försöksrutor med hög basmättnad har också haft gröda med låga Mn-halter vid blomningsstadiet. Det är även tänkbart att vissa rutor haft Mn-brist under någon annan period. Mn²⁺-tillgången i marken och därmed växternas möjlighet att uppta Mn varierar nämligen mycket under växtsäsongen, medan Mn-analyserna beskriver en statisk situation, eftersom analystillfällena är mycket få. Det torde dock endast röra sig om en liten andel av observationerna där tillväxt och skördenivå har påverkats av jordens Mn²⁺-halt. Därmed försvinner den faktorn bland alla andra skördepåverkande faktorer, såsom tillgång av övriga näringsämnen, klimat, jordstruktur, mm.

SAMMANFATTNING

- Extraherbart Mn i jorden bestämdes i 28 försök på fastmarksjordar över hela Sverige 1985 och 1986. Försöken erhöll fyra olika kalkbehandlings (okalkat led och uppkalkning till 55%, 70% respektive 100% basmättnad).
- I undersökningen ingick prövning av tre olika extraktionsmedel; 0,5 M $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, 0,02 M EDTA vid pH 4,65 och 0,005 M DTPA vid pH 7,3. Extraktion av lufttorr jord jämfördes med extraktion efter 72 timmars våtkubering.
- I de led där grödan var stråsad under 1985 och 1986 uttogs växtprov vid blomningsstadiet för analys av Mn.
- I medeltal extraherade $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 10,9, DTPA 14,5 och EDTA 27,9 mg Mn kg^{-1} jord utan inkubering. Med inkubering mer än fördubblades mängderna.
- Extraherbart Mn med de använda extraktionsmedlen korrelerade sinsemellan med 71 - 86% utan inkubering och med 51 - 67% med inkubering.
- $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ -extraherbart Mn minskade till hälften när basmättnaden höjdes från 50 till 100%.
- Mn-koncentrationen i växten minskade kraftigt vid ökad basmättnad.
- Det förelåg statistiskt signifikant samband mellan extraherbart Mn i jord utan inkubering och Mn-koncentrationen i komplantor vid blomning. Korrelationskoefficienterna var 0,52 för $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, 0,35 för EDTA och 0,28 för DTPA.
- Inkubering gav endast signifikant korrelationskoefficient (0,38) för $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ -extraktion.
- Förklaringsgraden för merskördens beroende av extraherbart Mn och kalkningsled är låg (0,1). Kalkningens skördehöjande effekt är signifikant.

ENGLISH SUMMARY

Extractable manganese (Mn) in soil in relation to Mn content in plant has been studied in 28 field experiments, situated all over Sweden. The soils range from silty sands to clays and all except two have an organic matter content between 2 and 12%. Each experimental site received four different treatments of lime. One was left without liming and the others were limed to 55, 70 and 100% base saturation, respectively. Samples of the soils were taken from each treatment in the autumns of 1985 and 1986. After air-drying of the soils, the extractable Mn was determined by using three different extractants, namely 0.5 M $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, 0.02 M EDTA (pH 4.65) and 0.005 M DTPA (pH 7.3). The extraction of air-dried soil was compared with extraction of soil incubated during 72 hours under water saturation. The average values of extractable Mn in all of the soils were 10.9, 14.5 and 27.9 Mn kg^{-1} air dried soil at extraction by $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, DTPA and EDTA, respectively. Extractable Mn more than doubled if the soils were incubated.

The r-values between extractable Mn extracted by the different extractants were 0.71 - 0.86 without incubation and 0.51 - 0.67 with incubation. The R^2 -values for regression between extraction with $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ without incubation and the other extractants ranged from 0.13 (for DTPA with incubation) to 0.65 (for DTPA without incubation).

$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ extractable Mn decreased to 50% when the base saturation increased from 50% to 100%.

Samples of the plants were taken at the flowering stage of the cereal crops in 1985 and 1986. The whole plants (except the roots) were analysed for their Mn content and compared with soil Mn. There was a statistically significant correlation between extractable Mn without incubation of the soil and the Mn concentration in barley. The r-values were 0.52 for $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, 0.35 for EDTA and 0.28 for DTPA. Incubation of the soil resulted in only one significant r-value, which was 0.38 for $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$. Increasing base saturation of the soil resulted in a marked decrease of the plant Mn concentration.

The yield of all crops was determined for each treatment and transformed into units of cereal (kg ha^{-1}). The R^2 -values for the multiple regressions of the increasing yield depending on the level of soil extractable Mn and the lime treatment were low (0.1), independent of which extractant that was used. The effect of liming on increasing the harvest was significant. There seemed to be a connection between extractable Mn and the harvest, but the

R²-values were not significant because of the many other factors that influence the harvest.

Mg(NO₃)₂ extraction without incubation seemed to be best suited of the studied extraction methods for indicating Mn deficient soils. However, its reliability is rather low and a possible deficiency of Mn in the plant will largely depend upon factors such as the climate.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Alexander, M. 1961. Introduction to soil microbiology. New York och London.
- Andersson, A. 1975. Relative Efficiency of Nine Different Soil Extractants. Swedish J. Agric. Res. 5:125-135.
- Beyers, C. P. De L. & Coetzer, F. J. 1971. Effect of concentration, pH and time on the properties of diammonium EDTA as a multiple soil extractant. Agrochemophysica 3:49-54.
- Borggaard, O. K. 1976. The Use of EDTA in Soil Analysis. Acta Agric. Scand. 26:144-150.
- Browman, M. G., Chesters, G. & Pionke, H. B. 1969. Evaluation of tests for predicting the availability of soil manganese to plants. J. agric. Sci. Camb. 72:335-340.
- Dolar, S. G. & Keeney, D. R. 1971. Availability of Cu, Zn and Mn in Soils. I. Influence of soil pH, organic matter and extractable phosphorus. J. Sci. Food Agric. 22:273-286.
- Ekström, G. 1927. Klassifikation av svenska åkerjordar. SGU Ser C. Nr 345. Stockholm
- Ghoshal, S. 1986. Utveckling av praktiskt tillämpbar metod för bestämning av växttillgänglig fraktion av jordmangan. Stencil. SLL.
- Hammes, J. K. & Berger, K. C. 1960 a. Manganese deficiency in oats and correlation of plant manganese with various soil tests. Soil Sci. 90:239-244.

- Hammes, J. K. & Berger, K. C. 1960 b. Chemical extraction and crop removal of manganese from air-dried and moist soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 24:361-364.
- Haynes, R. J. & Swift, R. S. 1983. An evaluation of the use of DTPA and EDTA as extractants for micronutrients in moderately acid soils. *Plant and Soil* 74:111-122.
- Jahiruddin, M., Chambers, B. J., Livesey, N. T. & Cresser, M. S. 1986. Effect of liming on extractable Zn, Cu, Fe and Mn in selected Scottish soils. *J. Soil Sci.* 37:603-615.
- Khan, A. & Sultanpour, P. N. 1978. Effect of wetting and drying on DTPA-extractable Fe, Zn, Mn and Cu in soils. *Commun. in Soil Sci.* *Plant Anal.* 9(3):193-202.
- Kiekens, L. & Cottenie, A. 1985. Estimation of trace element status by chemical soil and plant analysis. Newsletter from the FAO European Cooperative Network on Trace elements. 4:47-74.
- Lakanen, E. & Erviö, R. 1971. A Comparison of Eight Extractants for the Determining of Plant Available Micronutrients in Soils. *Acta Agraria Fennica* 1971, 223-232.
- Lindsay, W. L. & Norwell, W. A. 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:421-428.
- Mäntylähti, V. 1981. Determination of plant-available manganese in Finnish soils. *J. of the Scientific Agricultural Society of Finland* 53:391-508.
- Nealson, K. H., Tebo, B. M. & Rosson, R. A. 1988. Occurrence and Mechanisms of Microbial Oxidation of Manganese. *Advances in Applied Microbiology*, 33:279-318.
- Nömmik, H. 1973. Ammonium chloride-imidazole extraction procedure for determining titratable acidity, exchangeable base cations, and cation exchange capacity in soils. *Soil Science*, volym 118, nr 4:254-262.
- Randall, G. W., Schulte, E. E. & Corey, R. B. 1976. Correlation of plant manganese with extractable soil manganese and soil factors. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40:282-287.

- Reddy, K. R. & Patrick, W. H. Jr. 1983. Effects of aeration on reactivity and mobility of soil constituents: Chemical mobility and reactivity in soil systems. SSSA Special Publication 11:11-33.
- SAS Institute Inc. 1985. SAS user's guide: Basics, Version 5. Ed. Cary, N. C. USA.
- Salcedo, I. H. Ellis, B. G. & Lucas, R. E. 1979. Studies in Soil Manganese: II.: Extractable Manganese and Plant Uptake. Soil Sci. Soc. Am. J. 43:138-141.
- Sillanpää, M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study. FAO. Rome.
- Simán, G. 1988 a. Effekt av kalk på mark och gröda samt orsaksutredande analys vid avvikande kalkeffekter. Några resultat från den pågående kalkförsöksserien R3-1037. Stencil.
- Simán, G. 1988 b. Tillfredsställande koncentrationer av växtnäring i några kulturväxter under tillväxtperioden. Stencil.
- Simán, G. 1989. Effect of lime on soil and crop in Swedish field experiments. Agrokémia és talajtan, volym 38, nr 3-4:765-774.
- Steenbjerg, F. 1933. Undersøgelser over Manganindholdet i dansk jord. I. Det ombyttelige mangan. Tidsskr. PlAvt.39:401.
- Ståhlberg, S. 1970. Förslag till metod för uppskattning av mangantillståndet genom jordanalys. Statens Lantbrukskemiska Laboratorium. Uppsala.
- Väder och vatten. 1985, 1986. SMHI. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. Ansv. utgivare: Hårsmar, P. O. Maj - okt. 1985, maj- okt. 1986. Norrköping.
- Wright, R. J. Baligar, V. C. Wright, S. F. 1988. Estimation of Plant Available Manganese in Acidic Subsoil Horizons. Commun. in Soil Sci. Plant. Anal. 19(6): 643-662.

Förteckning över samtliga rapporter erhålles kostnadsfritt. I mån av tillgång kan tidigare nummer köpas från avdelningen.

A list of all Reports can be obtained free of charge. If available, issues can be bought from the division.

- | | | |
|-----|------|---|
| 160 | 1984 | Gyula Siman: Undersökning av Si-Mn-slagg från Öye Smelteverk A/S särskilt med hänsyn till dess skördehöjande verkan och kemiska markeffekter.
Investigation of Si-Mn-slag from Öye Smelteverk A/S Norway, with particular regard to its effect on plant and soil. |
| 161 | 1985 | Karl Olof Nilsson: Allsidig växnäringsstillförsel V. Fältförsök i västra försöksdistriktet.
Balanced supply of complete plant nutrient V. Field trials in the Western Experimental District. |
| 162 | 1985 | Jan Persson: Kalkningseffekt - betydelsen av kalkslag och siktkvalitet.
Effect of lime correlated to kind of lime and particle size. |
| 163 | 1985 | Göte Bertilsson och Jan Persson: Kalkfraktioner och kalkningseffekt.
Particle size and efficiency of lime. |
| 164 | 1985 | Lennart Mattsson: Markbördighetsförsök i Norrland.
Soil fertility experiments in North Sweden. |
| 165 | 1986 | Gyula Simán: Mark- och skördeeffekter i de permanenta kalkningsförsöken under en 20-årsperiod, 1962-1982.
Effects on crop yields and soil properties of lime and fertilizers in the long-term liming experiments from 1962 to 1982. |
| 166 | 1986 | Kåll Carlgren: Bladgödsling med cocktail-preparat till höstvetete.
Foliar application of plant nutrients to winter wheat. |
| 167 | 1986 | Torbjörn Lindén och Lennart Mattsson: Variationer i markens mineralväveförhållanden. En undersökning på olika jordar i Uppland och Västergötland.
Variations in soil mineral nitrogen. An investigation on different soils in two areas of Sweden. |
| 168 | 1986 | Holger Kirchmann: Kisel i mark-växt-systemet med särskild hänsyn till slaggsilikater. En litteraturomgång.
Silicon in the soil-plant-system with special reference to slag silicates. A literature review. |

- 169 1987 Lennart Mattsson: Kvävegödslingseffekt i höstvetete med och utan behandling med CCC, fungicid och insekticid. **Nitrogen response in winter wheat with and without treatment with CCC, fungicide and insecticide.**
- 170 1987 Lennart Mattsson: **Long-term effects of N fertilizer on crops and soils.**
Långtidseffekter av kvävegödsling på gröda och mark.
- 171 1988 Käll Carlgren: Bladgödsling med mangan i kärl- och fältförsök.
Foliar application of manganese in pot and field trials.
- 172 1988 Staffan Steineck: Flytgödsel till vall.
Slurry applied to grass and mixed ley.
- 173 1988 Jens Blomquist och Einar Gudmundsson: Spridning av svinflytgödsel i växande gröda - pilotstudie med ny teknik.
Application of Pig Slurry to Winter Wheat during the Growing Season.
- 174 1988 Lennart Mattsson och Torbjörn Lindén: Kväveförsök i potatis med bestämning av mineralkväve i marken.
Nitrogen experiments in potatoes combined with soil mineral nitrogen determinations.
- 175 1988 Lennart Mattsson: Kväveförsök i höstvetete med bestämning av mineralkväve i marken.
Nitrogen experiments in winter wheat with soil mineral N determinations.
- 176 1989 Lennart Mattsson: Fastliggande kvävegödslingsförsök med bestämning av mineralkväve i marken.
Soil mineral nitrogen determination in long term experiments.
- 177 1989 Staffan Steineck, Knud Erik Larzen och Erkki Kempainen: Stallgödsel - Växtnäringsbalans.
Manure spreading - Plant nutrient balance.
- 178 1990 Sigfús Bjarnason: Datorstödd gödslingsplanering.
Computer aided fertilizer planning.
- 179 1990 Lars Hylander, Subrata Ghoshal och Gyula Simán: Jämförande undersökning av olika extraktionsmetoder för manganbestämning i jord.
A comparison of different extraction methods for manganese determination in soil.

I denna serie publiceras forsknings-
och försöksresultat från avdelningen
för växtnäringslära, Sveriges lant-
bruksuniversitet. Serien finns till-
gänglig vid avdelningen och kan
beställas därifrån

This series contains reports of research
and field experiments from the Division
of Soil Fertility, Swedish University of
Agricultural Sciences. The series can be
ordered from the Division of Soil Fertility.

DISTRIBUTION:

Sveriges lantbruksuniversitet
Avdelningen för växtnäringslära
Box 7014
750 07 UPPSALA

Tel. 018-67 12 49, 67 12 55
