

## **Essentiella spårämnen i jordbruket – Markens potentiella leveransförmåga till fodergrödor och spannmål”, Projnr.: 0233059**

### **Bakgrund**

Svenska jordbruksjordars förmåga att leverera dessa essentiella mikronäringsämnen som koppar (Cu), kobolt (Co), mangan (Mn), selen (Se) och molybden (Mo), till jordbruksgrödor, inklusive gräs och fodergrödor, uppvisar en stor variation (Eriksson et al., 2000; Johnsson, et al., 1997). Halterna är idag lägre än näringsbehoven/rekommendationerna för idisslare och svin och i komplett foder tillsätts dessa ämnen i form av mineralsalter (Simonsson, 1995, Viuf et al., 1999; Spörndly 1999). Även intaget av till den svenska befolkningen är relativt lågt. Som exempel kan nämnas att det nuvarande intaget av Se hos den svenska befolkningen är mellan 30 och 40  $\mu\text{g dag}^{-1}$  (W. Becker, Livsmedelsverket, personligt meddelande), vilket är nära den gräns som anses innebära risk för bristsymtom, det vill säga 20  $\mu\text{g dag}^{-1}$ . Det rekommenderade intaget är enligt WHO (1992) mellan 50 och 200  $\mu\text{g dag}^{-1}$ .

Den stora variationen av halterna av spårämnen i grödan förklaras av att växttillgängligheten av de essentiella mikronäringsämnena regleras av många olika faktorer så som genetiska skillnader mellan växtarter och av markfaktorer såsom modernmaterialens geologiska sammansättning, halten organiskt material, lerhalten, halten sesquioxider (Fe och Al oxider) redoxpotentialen samt pH-värdet. Olika brukningsmetoder kan också påverka tillgängligheten genom att påverka jorden på olika sätt.

Syftet med projektet har varit att bestämma hur olika faktorer, platsskillnader varmed menas geografiska skillnader i form av jordens geologiska ursprung samt jordartskillnader, och brukningsmetoder såsom gödselmetod och odlingssystem, reglerar halterna av de essentiella spårämnena Cu, Co, Se och Mo i grödan. Dessutom bestämdes olika jordars potentiella leveranskapacitet av essentiella spårelement.

### **Material och metoder**

#### **Insamling av jord och växtprov**

Från 10 stycken långliggande bördighetsförsök (Carlgren och Mattsson, 2001) har dels arkivprov av höstvetekärn- och jordprov, totalt 40 jordprov och 20 kärnprov (att endast 20 kärnprov insamlades beror på att parceller från samma behandling slagits samman) och dels 40 färska jordprover används. Två behandlingar ingick i studien: (i) endast mineralgödsel, 150 kg N, R+30 kg P, R+80 kg per ha, där R står för mängden som bortförts med skörden (IID3); (ii) som ovan plus 20 ton stallgödsel per ha vart fjärde år. P- och K-givorna anpassades till det som tillfördes via stallgödsel (ID3).

Vallprov och färska jordprov från 2004 år's växtsäsong, insamlades också från tre långliggande fältförsök i Skåne: Bollerup, Önnestad och Östra Ljungby (Andrist\_Rangel et al, 2006; Gissen och Larsson, 2008). De odlingssystem som ingick i undersökningen var konventionellt med kreatur (B), biodynamiskt med kreatur (C) och ekologiskt med kreatur (D).

## Platsskillnader

För att studera hur platsskillnader (geologiskt material och jordart) påverkar koncentrationen i grödan och i jorden jämfördes prov av växtmaterial och jord från de olika försöksplatserna. Jämförelsen gjordes dels mellan de 10 bördighetsförsöken (Carlgren och Mattsson, 2001) och dels mellan de 3 långliggande försöken i Skåne (Gissén och Larsson, 2008).

Betydelsen av olika markfaktorer för grödans innehåll av de 5 studerade spårämnen studerades med multipel stegvis regression mellan halten i höstvetekärna och markfaktorerna lerhalt, halten organiskt kol (C), markens pH(H<sub>2</sub>O), koncentrationen av spårämnen i marklösningen (0,01 M CaNO<sub>3</sub> extraherbart) samt markens totala innehåll av spårämnen (7 M HNO<sub>3</sub> extraherbart). Denna studie utfördes på vetekärn- och jordprov från de 10 bördighetsförsöken (Carlgren och Mattsson, 2001).

På samma jordar som användes för studien av olika markfaktorerers betydelse för grödans innehåll ovan, studerades också de olika jordarnas potentiella leveransförmåga av spårelement. Här användes dock färsk jordar som insamlades separat.

För att bestämma den potentiella leveransförmågan användes DGT-metoden (diffusive gradients in thin films; Zhang and Davison, 2000). Metoden ger ett mått på olika jordars förmåga att leverera spårämnen eller att buffra mot en lokal sänkning av marklösningens koncentration av spårelement på grund av upptag till roten. Metoden bygger på att metalljoner diffunderar från marklösningen igenom en tunn yttre gel (diffusive gel) mot en annan inre gel (resin gel) där de binds upp och aktiviteten av jonen blir 0. De två gelerna hålls i position med hjälp av en cylindrisk hållare i teflon (diameter 3 cm) med en öppning i ena änden där gelerna via ett membranfilter exponeras mot marklösningen. Den exponerade ytan är 2,54 cm<sup>2</sup>. Hållaren med de två gelerna och det skyddande filtret placeras i en jordsmet (100 % vattenmättnad). Efter en bestämd tid, t.ex. 24 tim., tas hållaren upp, sköljs av och den inre resingelen placeras i en syra för att eluera ut de joner som bundits. Genom att dividera den koncentration av respektive jon som erhållits i gränsskitet mellan den yttre diffusionsgelen, C<sub>DGT</sub>, med koncentrationen i marklösningen C, erhålls ett förhållande, L. I ett fall där det sker en betydande tillförsel av joner från den fasta fasen till området närmast DGT-enheten där koncentrationen har minskat p.g.a. diffusion in till den inre resingelen, ger L-värdet ett kvantitativt mått den fasta fasens förmåga att tillföra nya joner till marklösningen. En hög kvot ger en hög leveransförmåga.

Den mängden som bundits beror på exponeringstid, temperatur samt på en diffusionskoefficient som är unik för den enskilda jonen. Allteftersom koncentrationen i lösningen närmast DGT-enheten minskar kommer denna att fyllas på med joner från den fasta fasen (labil fraktion). Flödet och mängden som tillförs beror på den fasta fasens leverans- eller buffrande förmåga, alltså markfaktorer som lerhalt, C-halt och pH.

### *Fördelningen av spårelement mellan olika hårt bundna fraktioner i jorden*

För att studera hur olika markfaktorer påverkar fördelningen av spårelement mellan olika hårt bundna fraktioner i jorden utfördes en sekventiell extraktion av jordar från de tre odlingssystemsförsöken i Skåne (Gissén och Larsson, 2008)

### **Behandlingskillnader**

#### *Inverkan av olika gödselmetoder på växttillgängligheten av essentiella spårämnen*

Olika gödselmetoders påverkan på grödans innehåll av essentiella spårelement bestämdes med hjälp av höstvetekärn- och jordprov från 10 stycken långliggande bördighetsförsök (Carlgren och Mattson, 2001).

Två behandlingar ingick i studien: (i) endast mineralgödsel, 150 kg N, R+30 kg P, R+80 kg per ha, där R står för mängden som bortförts med skörden (IID3); (ii) som ovan plus 20 ton stallgödsel per ha vart fjärde år. P och K givorna anpassades till det som tillfördes via stallgödsel (ID3).

#### *Inverkan av olika odlingssystem på växttillgängligheten av essentiella spårelement*

I en undersökning som syftade till att studera inverkan av olika odlingssystem på växttillgängligheten av essentiella spårelement som Co, Cu, Mn, Mo, och Se, insamlades vallprov och jordprov från 2004 år's växtsäsong, från tre långliggande fältförsök i Skåne: Bollerup, Önnestad och Östra Ljungby (Gissén och Larsson, 2008). De odlingssystem som ingick i undersökningen var konventionellt med kreatur (B), biodynamiskt med kreatur (C) och ekologiskt med kreatur (D).

Resultaten utvärderades med variansanalys där halterna (mg/kg) och mängd i grödan (g/ha) i de tre behandlingarna jämfördes med varandra. Växtföljderna vall1 och vall 2 slogs ihop varvid 2 provrutor per behandling och plats erhöles. Skörd 1 och skörd 2 behandlades separat.

### **Analysmetoder**

#### *Växtprov*

Växtprover, höstvetekärna och vall, analyserades på sitt totala innehåll av spårelement genom uppslutning av 1 g prov i 50 ml 7 M HNO<sub>3</sub>.

#### *Jordprov*

Halterna av spårelement i jordprover bestämdes genom extraktion i 0,01 M CaNO<sub>3</sub> vilket motsvarar ungefär mängden av respektive ämne i marklösningen. För att få fram halten hårt bundet spårämne extraherades jordarna 7 M HNO<sub>3</sub> (Öborn et al., 1995).

På jordprov från de tre fältförsöken i Skåne utfördes sekvensiell extraktion, 0,01 M CaNO<sub>3</sub> (halterna i marklösningen), 1 M NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (halten utbytbar bundet), 0,5 M NH<sub>4</sub>Ac + 0,02 M EDTA (halten komplexbundet) och 7 M HNO<sub>3</sub> (totalhalten) (Öborn et al., 1995).

Halterna i växt och jordprov bestämdes med ICP-MS (Perkin-Elmer Elan 6000).

Resultaten utvärderades statistiskt med hjälp av variansanalys och parvis t-test

## Resultat och diskussion

### Platsskillnader

*Spårelementhalten i grödan* Det förekom signifikanta skillnader i grödans innehåll av spårelement odlade på de olika jordarna. Av Tabell 1 framgår att de högsta halterna av Co i höstvetekärnan återfanns i kärnor från Ekebo. För Cu är halterna högst i kärnor från Ekebo och Fors. Likartade halter av Mn finns i kärnor från 8 av de 10 försöksplatserna. Ett signifikant lägsta värde återfanns i kärnor från Kungsängen. Relativt höga halter Mo hittades i S. Ugglarp, Ekebo, Kungsängen och Fors.

Den multipel stegvis regression mellan halten i höstvetekärna och markfaktorerna lerhalt, halten organiskt kol (C), markens pH(H<sub>2</sub>O), koncentrationen av spårämnen i marklösningen (0,01 M CaNO<sub>3</sub> extraherbart) samt markens totala innehåll av spårämnen (7 M HNO<sub>3</sub> extraherbart) visade att för Co och Cu erhöles den högsta förklaringsgraden av det *totala innehållet* i marken, 32 % respektive 57 %. Sambandet mellan innehållet i kärnan var positivt, ökande totalhalt ger högre innehåll i kärnan. För Mn och Mo erhöles den högsta förklaringsgraden av *marklösningens innehåll* av respektive ämne, 45 % resp 61 %, också detta samband var positivt. För Se erhöles inget signifikant samband.

För att få en uppfattning om vilka faktorer som har störst betydelse för lösligheten av de studerade spårelementen utfördes även multipel stegvis regression med avseende på koncentrationen av spårämnen i marklösningen som funktion av markfaktorerna lerhalt, halten organiskt C och markens pH(H<sub>2</sub>O). Co och Mn i marklösningen förklarades av markens pH-nivå, 64 % för Co respektive 70 % Mn. Båda dessa samband var negativa. Mo koncentrationen i marklösningen uppvisade däremot ett svagt positivt samband med pH-nivå, förklaringsgrad 18 %. Marklösningen innehåll av Se förklarades till 53% av ett negativt samband med lerhalten. Cu koncentrationen i marklösningen visade en tendens att påverkas av lerhalten. Sambandet var negativt.

Den relativt höga förklaringsgraden som erhöles av totalhalten av Co och Cu för kärnas innehåll av dessa ämnen tyder på att det geologiska materialets mineralsammansättning har stor betydelse. Att likartade faktorer påverkar Co och Cu indikeras också av en högkorrelation mellan innehållet i kärnan av dessa ämnen ( $r = 0,7$ ) samt att de högsta halterna i kärnan återfanns i vete från samma jordar, Ekebo i Skåne och Fors i Uppland.

Inverkan av marklösningens koncentrationen på Mn- och Mo-halten i kärnan, förklaras troligen av markens pH-nivå. Koncentrationen av framförallt Mn men även Mo i marklösningen regleras främst av pH.

Det positiva sambandet mellan Mo i marklösningen och markens pH-nivå tyder på att Mo som tas upp i växten åtminstone delvis utgörs av någon anjon, troligen MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

**Tabell 1.** Halter av spårämnen (cobalt (Co), koppar (Cu), mangan (Mn), molybden (Mo) och selen (Se) i höstvetekärna från bördighetsförsök. De försöksled som ingick i provtagningen var ID3 och IID3. Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader. För varje försöksplats visas också pH(H<sub>2</sub>O), kolhalten (C) och lerhalten. Co, Mo och Se i µg kg<sup>-1</sup> Cu och Mn i mg kg<sup>-1</sup>, (n=4)

Försöksplats		Co, µg kg <sup>-1</sup>	Cu, mg kg <sup>-1</sup>	Mn, mg kg <sup>-1</sup>	Mo, µg kg <sup>-1</sup>	<sup>a)</sup> Se µg kg <sup>-1</sup>
Fjärdingslöv (M1)	Medelvärde	2,15 <b>a</b>	2,97 <b>a</b>	31,70 <b>a</b>	662,8 <b>a</b>	45,17
pH; C; Ler	Intervall	2,10-2,19	2,32-3,62	24,80-38,60	621,4-704,2	20,6-69,75
		6,6; 1,4%; 17%				
Orup (M2)	Medelvärde	3,35 <b>a</b>	2,73 <b>a</b>	35,70 <b>a</b>	595,2 <b>a</b>	21,29
pH; C; Ler	Intervall	2,74-3,96	1,73-3,73	32,67-38,72	461,5-728,9	20,05-22,53
		5,7; 2,1%; 13%				
Örja (M4)	Medelvärde	3,28 <b>a</b>	1,90 <b>b</b>	33,23 <b>a</b>	384,4 <b>a</b>	15,98
pH; C; Ler	Intervall	2,25-4,30	1,21-2,58	28,97-37,48	280,2-488,7	13,30-18,65
		6,2; 1,2%; 15%				
S. Ugglarp (M5)	Medelvärde	3,33 <b>a</b>	2,56 <b>a</b>	21,87 <b>b</b>	2109 <b>b</b>	28,86
pH; C; Ler	Intervall	2,29-4,38	2,27-2,85	21,86-21,87	1123-3095	24,68-33,03
		5,5; 1,4%; 8%				
Ekebo (M6)	Medelvärde	7,05 <b>b</b>	5,15 <b>c</b>	30,72 <b>a</b>	2370 <b>b</b>	23,15
pH; C; Ler	Intervall	6,95-7,15	4,87-5,43	22,47-38,98	1164-3577	13,75-32,55
		5,7; 2,7%; 14%				
Bjeretorp (E94)	Medelvärde	2,37 <b>a</b>	2,44 <b>a</b>	24,95 <b>a</b>	744,9 <b>a</b>	62,02
pH; C; Ler	Intervall	1,39-3,35	1,65-3,23	24,56-25,35	604,2-885,5	19,75-104,3
		6,2; 1,9%; 30%				
Vreta Kloster (E9)	Medelvärde	3,24 <b>a</b>	2,70 <b>a</b>	31,72 <b>a</b>	568,8 <b>a</b>	22,62
pH; C; Ler	Intervall	2,48-4,01	1,63-3,77	30,96-32,47	545,1-592,4	15,84-29,41
		6,8; 1,9%; 50%				
Högåsa (E10)	Medelvärde	2,02 <b>a</b>	1,79 <b>b</b>	28,17 <b>a</b>	451,1 <b>a</b>	31,93
pH; C; Ler	Intervall	1,50-2,54	1,44-2,15	18,79-37,54	253,6-648,5	17,07-46,80
		6,3; 2,4%; 10%				
Kungsängen (C7)	Medelvärde	2,59 <b>a</b>	3,08 <b>a</b>	12,98 <b>c</b>	3042 <b>b</b>	44,44
pH; C; Ler	Intervall	2,40-2,79	3,02-3,13	12,07-13,88	2120-3964	25,67-63,20
		6,1; 2,1%; 56%				
Fors (C8)	Medelvärde	5,24 <b>c</b>	5,11 <b>c</b>	29,17 <b>a</b>	2302 <b>b</b>	25,25
pH; C; Ler	Intervall	3,25-7,23	5,09-5,13	22,29-36,06	1782-2823	20,90-29,60
		7,7; 2,2%; 18%				

<sup>a)</sup> För Se erhöles inte några signifikanta skillnader

Det negativa och starka sambandet mellan Mn i marklösningen och markens pH samt den höga förklaringsgraden av Mn-halten i marklösningen för kärnans innehåll av Mn, tyder på att det främst är katjonen Mn<sup>2+</sup> som tas upp i växten.

För Cu förklarades ca 20 % av kärnans Cu-innehåll av ett positivt samband med markens pH-nivå. Enligt Oorts et al. (2005, in press) skulle en bidragande orsak till detta vara att Cu-affiniteten inte bara ökar till markpartiklarna utan även till ytan av växternas rötter. Detta innebär att trots att Cu koncentrationen i marklösningen kan tänkas minska vid ökande pH så binds den mindre mängden Cu effektivare till rötternas ytor.

De uteblivna sambanden mellan kärnas innehåll av Se och olika markfaktorer tyder på att tillgängligheten av Se troligen i högre grad än övriga ämnen regleras av biologiskt styrda processer.

*Jordarnas innehåll av spårelement.* I tabell 2 och 3 visas den totala halten av de analyserade spårelementen i de jordar som studerats, dels från de 10 bördighetsförsöken (Tabell 2. Carlgren och Mattsson, 2001) och dels från de tre försök i Skåne (Tabell 3) som beskrivs av Gissén och Larsson (2008).

Halterna av de analyserade spårelementen uppvisar en storvariation som beror på bland annat skillnader i geologiskt ursprung, och olika markfaktorer som t.ex. pH, kolhalt och lerhalt.

**Tabell 2.** Halter av hårt bundet (extraherbart med 7 M HNO<sub>3</sub>, motsvarar ungefär totalhalten) cobalt (Co), koppar (Cu), mangan (Mn), molybden (Mo) och selen (Se) i matjorden från bördighetsförsök, bestämda genom extraktion i 7 M HNO<sub>3</sub> (motsvarar totalhalter). De försöksled som ingår var ID3 och IID3. Mo och Se har enheten µg kg<sup>-1</sup> (n=4). Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader.

Försöksplats		Co, mg kg <sup>-1</sup>	Cu, mg kg <sup>-1</sup>	Mn, mg kg <sup>-1</sup>	Mo, µg kg <sup>-1</sup>	Se, µg kg <sup>-1</sup>
Fjärdingslöv	Medelvärde	4,03 <b>a</b>	7,19 <b>a</b>	225 <b>a</b>	272 <b>a</b>	306 <b>a</b>
	Intervall	3,38-5,27	5,94-8,41	173-284	168-374	209-432
Orup	Medelvärde	3,12 <b>a</b>	3,77 <b>b</b>	130 <b>a</b>	291 <b>a</b>	651 <b>ab</b>
	Intervall	2,03-3,90	3,25-4,27	130-285	221-400	392-819
Örja	Medelvärde	5,77 <b>b</b>	10,61 <b>c</b>	374 <b>b</b>	480 <b>a</b>	322 <b>a</b>
	Intervall	5,51-6,32	9,53-11,61	330-433	285-722	265-387
S. Ugglarp	Medelvärde	2,89 <b>a</b>	5,04 <b>b</b>	221 <b>a</b>	417 <b>a</b>	525 <b>a</b>
	Intervall	2,35-3,55	3,26-8,81	166-320	347-510	473-558
Ekebo	Medelvärde	3,91 <b>a</b>	5,14 <b>b</b>	271 <b>ab</b>	145 <b>a</b>	525 <b>a</b>
	Intervall	2,22-7,02	4,73-5,60	120-529	129-160	274-667
Bjeretorp	Medelvärde	7,99 <b>c</b>	8,98 <b>c</b>	576 <b>c</b>	1535 <b>b</b>	549 <b>b</b>
	Intervall	6,80-9,41	7,85-10,08	460-718	1383-1644	381-617
Vreta Kloster)	Medelvärde	11,44 <b>d</b>	21,17 <b>d</b>	535 <b>c</b>	1690 <b>b</b>	695 <b>c</b>
	Intervall	10,76-12,07	20,45-21,94	494-601	1329-2322	526-837
Högåsa	Medelvärde	2,51 <b>a</b>	7,14 <b>a</b>	163 <b>a</b>	912 <b>c</b>	410 <b>a</b>
	Intervall	1,90-4,03	6,64-7,53	129-235	788-1143	233-661
Kungsängen)	Medelvärde	18,9 <b>d</b>	31,5 <b>e</b>	589 <b>c</b>	1366 <b>b</b>	1154 <b>c</b>
	Intervall	18,2-19,4	29,9-33,1	556-630	1061-1703	788-1412
Fors	Medelvärde	6,22 <b>b</b>	18,2 <b>f</b>	760 <b>d</b>	258 <b>a</b>	429 <b>a</b>
	Intervall	5,69-6,51	15,6-19,7	703-814	211-305	269-640

**Tabell 3.** Hårt bundet ( extraherbart med 7 M HNO<sub>3</sub>, motsvarar ungefär totalhalten) cobalt (Co), koppar (Cu), mangan (Mn), molybden (Mo) och selen (Se) i jordar från tre försöksplatser i Skåne, (Gissén och Larsson, 2008). Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader . För varje försöksplats visas också pH(H<sub>2</sub>O), kolhalten (C) och lerhalten (n=6).

Försöksplats		Co,mg kg <sup>-1</sup>	Cu,mg kg <sup>-1</sup>	Mn,mg kg <sup>-1</sup>	Mo,mg kg <sup>-1</sup>	Se,mg kg <sup>-1</sup>
Bollerup	Medelvärde	7,99 <b>a</b>	12,0 <b>a</b>	711 <b>a</b>	0,83 <b>a</b>	0,43 <b>a</b>
pH; C; Ler	Intervall	6,25-12,1	11,3-13	604-1106	0,68-1,03	0,33-0,54
Önnestad	Medelvärde	1,38 <b>b</b>	9,69 <b>b</b>	136 <b>a</b>	0,55 <b>b</b>	0,80 <b>b</b>
pH; C; Ler	Intervall	1,13-1,63	8,02-11,2	107-208	0,29-1,03	0,63-1,07
Östra Ljungby	Medelvärde	2,02 <b>b</b>	5,11 <b>c</b>	128 <b>b</b>	0,23 <b>b</b>	0,90 <b>b</b>
pH; C; Lera	Intervall	1,61-2,35	3,85-6,26	100-153	0,21-0,27	0,76-1,14

*Jordars potentiella leveranskapacitet av essentiella spårelement.* För alla analyserade spårämnen utom Se erhöles signifikanta skillnader i L-värde mellan de undersökta jordarna. L-väden för de olika jordarna visas i Tabell 4.

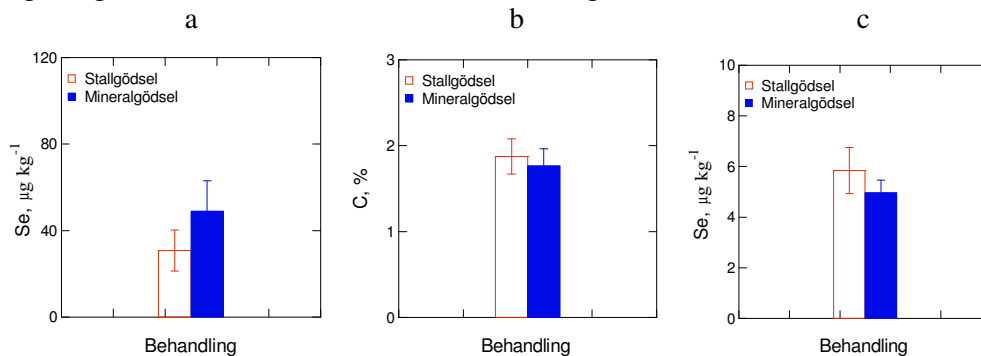
**Tabell 4.** Jordarnas potentiella leveransförmåga ( $L=C_{dgt}/C_0$ ) av (cobalt (Co), koppar (Cu), mangan (Mn), molybden (Mo) och selen (Se) i matjorden från bördighetsförsök, bestämda genom DGT metoden. De försöksled som ingår var ID3 och IID3. Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader (n=4).

Försöksplats		Co, L*10 <sup>-3</sup>	Cu, L*10 <sup>-3</sup>	Mn, L*10 <sup>-3</sup>	Mo, L*10 <sup>-3</sup>	Se, L*10 <sup>-3</sup>
Fjärdingslöv (M1)	Medelvärde	3 <b>a</b>	15 <b>a</b>	12 <b>a</b>	10 <b>a</b>	6
	Intervall	0-6	12-21	6-22	4-15	4-9
Orup (M2)	Medelvärde	6 <b>a</b>	17 <b>a</b>	3 <b>a</b>	34 <b>b</b>	10
	Intervall	2-13	13-23	2-7	11-49	4-28
Örja (M4)	Medelvärde	12 <b>a</b>	18 <b>a</b>	12 <b>a</b>	14 <b>ac</b>	6
	Intervall	1-37	13-22	8-20	6-29	4-10
S. Ugglarp (M5)	Medelvärde	22 <b>b</b>	15 <b>a</b>	14 <b>a</b>	19 <b>a</b>	5
	Intervall	2-60	12-20	1-43	7-26	2-7
Ekebo (M6)	Medelvärde	3 <b>a</b>	24 <b>b</b>	4 <b>a</b>	22 <b>ab</b>	6
	Intervall	2-4	11-32	2-8	17-26	5-9
Bjeretorp (E94)	Medelvärde	6 <b>a</b>	26 <b>b</b>	11 <b>a</b>	14 <b>a</b>	6
	Intervall	2-15	18-32	7-15	5-29	5-7
Vreta Kloster (E9)	Medelvärde	1 <b>a</b>	16 <b>a</b>	73 <b>b</b>	6 <b>ac</b>	4
	Intervall	0-3	14-18	50-119	4-9	0-9
Högåsa (E10)	Medelvärde	3 <b>a</b>	16 <b>a</b>	9 <b>a</b>	5 <b>ac</b>	9
	Intervall	0-6	11-19	2-21	4-6	1-23
Kungsängen (C7)	Medelvärde	29 <b>b</b>	12 <b>a</b>	8 <b>a</b>	11 <b>a</b>	14
	Intervall	29-30	10-13	5-12	7-14	2-23
Fors (C8)	Medelvärde	-	11 <b>a</b>	85 <b>b</b>	4 <b>ac</b>	16
	Intervall	-	9-13	59-111	4-5	2-34

Vid multipel stegvis regression mellan L-värde och markfaktorerna lerhalt, halt organiskt C, totalhalten i marken för respektive ämne samt markens pH-nivå framkom att L-värdet, (eller ”den fasta fasens leveransförmåga”) för Mn, Co, och Mo framförallt bestäms av markens pH-nivå. För Mn var sambandet positivt och för Co och Mo negativt. Förklaringsgraden var 41%, 19%, respektive 40%. För koppar erhöles den högsta förklaringsgraden av lerhalten, 16%, och för Se erhöles inget signifikant samband

### Behandlingseffekter

*Inverkan av olika gödselmetoder på växttillgängligheten av essentiella spårämnen*  
Resultaten visade att tillförseln av stallgödsel till jordar med en lerhalt på över 15 % orsakade ett lägre innehåll av Se i höstvetekärna jämfört med då endast mineralgödsel tillförts (Fig 1a). Skillnaden förklaras av att den långvariga tillförseln (sedan 1957) av stallgödsel orsakat en signifikant högre mullhalt i dessa jordar och därmed en starkare bindning av Se (Johnsson, 1991) jämfört med jordar med lägre lerhalt (Fig. 1b). Dessutom var mängden Se i fraktionen som motsvarar marklösningen högre i stallgödselbehandlingen än i mineralgödsel behandlingen trots att upptaget i grödan var lägre från den förra än från den senare (Fig. 1c). Detta tyder på att andelen växttillgängligt Se i den mest lösliga fraktionen var lägre i stallgödselbehandlingen än där endast mineralgödsel tillförts, troligen på grund av en större andel förekom som lösliga organiska komplex. Ingen signifikant skillnad i jordarnas totala Se-halt eller i skörd mellan behandlingarna erhöles. För övriga spårämnen, Co, Cu, Mn, Mo erhöles inte några signifikanta skillnader mellan behandlingarna.



**Fig. 1.** (a) Se koncentration i höstvetekärna, (b) jordarnas C-halt, (c) Se koncentrationen i marklösningen ( $n=6$ ;  $p<0,05$ . Parvis t-test användes vid utvärderingen. Tunna streck indikerar standardfelet).

### *Inverkan av olika odlingsystem på växttillgängligheten av essentiella spårämnen*

De enda signifikanta skillnaden som erhöles var att mängden Cu (g/ha) i vall från skörd 2 var signifikant högre ( $p<0,05$ ) i konventionellt jordbruk med kreatur (B) än i de båda andra behandlingarna, biodynamiskt med kreatur (B) och ekologiskt med kreatur (D) (Tabell 5).

Vid analys av resultaten från de sekventiella extraktionerna erhöles inte några signifikanta skillnader i fördelningen av spårämnen mellan de olika hårt bundna fraktionerna i jordar



från de olika odlingssystemen. Framförallt beroende detta på en stor variation inom de olika odlingssystemen. Det framkom dock att den lättlösliga fraktionen, marklösning och utbytbar bundet tillsammans endast utgjorde en mycket liten andel av markens totala innehåll (7 M HNO<sub>3</sub>-extraherbart). För Co och Cu var andelen mellan 0,05 och 0,1%, Mn 0,9-1,2, Mo 0,8-1,8. För Se låg andelen något högre, mellan 1,3- 2,3 %.

**Tabell 5.** Medelvärden av essentiella spårämneshalter (mg/kg) och mängder (g/ha) i vallgröda från 3 olika odlingssystem i Skåne, B = Konventionellt med kreatur; C=Biodynamiskt med kreatur; D= Ekologiskt med kreatur

	Skörd	Co		Cu		Mn		Mo		Se	
		mg/kg	g/ha	mg/kg	g/ha	mg/kg	g/ha	mg/kg	g/ha	mg/kg	g/ha
B	1	0,010	0,045	4,36	20,5	34,9	167	1,34	7,13	0,072	0,378
	2	0,010	0,038	6,21	24,0	36,4	141	9,40	37,1	0,095	0,359
C	1	0,015	0,056	3,79	13,5	32,2	117	1,50	5,57	0,170	0,653
	2	0,027	0,070	5,92	15,3	27,6	73,4	3,85	10,1	0,146	0,358
D	1	0,009	0,028	3,63	11,5	29,1	93,2	1,79	5,57	0,065	0,129
	2	0,023	0,074	5,82	17,3	29,1	91,9	4,33	12,0	0,111	0,313

### Slutsatser

Platsskillnader, så som skillnader i geologiskt material, jordart, halten organiskt material, pH-nivå, påverkar tydligt halten av essentiella spårelement i grödan såväl som i jorden.

Jordars potentiella leveransförmåga av de flesta undersökta essentiella spårämnena varierar mellan olika platser.

Påverkan av bruksmetoder så som gödslingsmetod och jordbrukssystem var betydligt mindre framträdande än skillnader mellan olika platser. Den enda signifikanta skillnaden som erhöles var ett lägre upptag av selen till höstvetekärna från lerjordar som gödslats med stallgödsel jämfört med jordar som inte stallgödslats. Förklaringen var troligen minskad löslighet på grund av ökad halt organisk material.

En möjlig förklaring till uteblivna skillnader mellan odlingssystem kan vara att det tar längre tid än den tid som de försök som ingått i denna studie har bedrivits, att påverka jordarnas egenskaper i tillräcklig hög grad för att behandlingseffekter/bruksmetod skall få genomslag på omsättningen av spårelement.

Jordar med större spännvidd i egenskaper än de jordar som ingår i de försök som används i denna studie bör användas i framtida forskning för att öka möjlighet att avgöra olika markfaktorers inbördes betydelse för reglering av grödans innehåll av essentiella spårelement.

### Litteratur

Andriss-Rangel, Y., Edwards, A.C., Hiller, S. and Öborn, I. 2007. *Ecosystems and environment*, **122**, 413-426.

- Carlgren, K. and Mattsson, L. 2001. *Acta agric. Scand. Sect. B, Plant and Soil Sci.* **51**, 49-78.
- Eriksson, J., Stenberg, B., Andersson, A. and Andersson, R. 2000. *Swedish Environmental Protection Agency, Report* **5062**.
- Gissén, C. och Larsson I. 2008. Landskap trädgård jordbruk, *SLU, Rapportserie, Rapport* **2008:1**
- Johnsson, L. 1997. *Swedish Environmental Protection Agency, Report* **4711**.
- Johnsson, L. 1991. *Plant and Soil*, **133**, 57-64
- Oorts, K., Bronckaers, H. and Smolders, E. 2005 Discrepancy of the microbial response to elevated Cu between freshly spiked and long term contaminated soils (in press).
- Simonsson, A. 1994. Näringsrekommendationer och fodermedelstabeller för svin. 1994. A. Simonsson (ed.). *SLU Info rapporter, Husdjur* **75**. Research Information Center, SLU, Uppsala 1994.
- Spörndly, R. 1999. Fodertabeller för idisslare 1999. R. Spörndly (ed.). *Dept of Animal Nutrition and Management.SLU. Report* **247**, Uppsala 1999.
- Viuf, A. 1999. EEC Report. 1999. A working group on the revision of maximum authorised levels of trace elements as additives in feedingstuffs. *Doc. VI/7154/99*.
- WHO, 1996. *Trace elements in human nutrition and health*. World Health Organisation, Geneva 1996.
- Zhang, H and Davison, W. 2000. *Anal. Chem.* **72**, 4447-4457.
- Öborn, I., Jansson, G. and Johnsson, L. 1995. *Water, Air, and Soil Pollution* **85**, 835-840.

### **Pubicerade arbeten inom projektet**

- L. JOHNSSON OCH JAN ERIK LINDBERG. 2002.** Spårelement i hemmaproducerat foder – vad betyder mark, gödsling och grödval? Jordbrukskonferensen 2002, 19-20 november 2002, SLU, Uppsala Sweden (Muntlig presentation).
- L. JOHNSSON OCH L. MATTSSON. 2003.** Orsakar ökad användning av stallgödsel ett minskat upptag av selen till grödan? Ekologiskt lantbruk, 18-19 november 2003, SLU, Ultuna, Uppsala, Sweden (Poster)
- L. JOHNSSON. 2004.** Innehåll av essentiella spårelement i vallgröda från olika jordbrukssystem. Jordbrukskonferensen 2004, 23-24 november 2004, SLU, Uppsala Sweden (poster)
- L. JOHNSSON. 2005.** Addition of manure reduces the selenium content in winter wheat (*Triticum aestivum* L). 8th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, April 3-7, 2005, Adelaide, Australia (poster).
- L. JOHNSSON. 2005.** Essential trace elements and food quality. Essential trace elements for plants, animals and humans. NJF Seminar no 370, Reykjavik, Iceland, 15-17 August 2005. (eds. G. Thorvaldsson and R.S. Jonsdotter), p 15-17. Rit LBHI No. 3. Agricultural University of Iceland (Muntlig presentation)