

## Effekter av några mikronäringsämnen i Fosforkalk.

*Lennart Mattsson*

Ofta tillförs mikronäringsämnen med gödsel- eller jordförbättringsmedel utan att detta egentligen beaktas. Dessa s.k. biämnen, som visserligen oftast är nödvändiga eller essentiella, har sällan dramatiska effekter på mark och gröda. Över längre tid är det emellertid rimligt att förvänta sig att detta har effekter på marken, som i sin tur kan komma att påverka grödan, antingen vad gäller dess sammansättning eller tillväxt eller både och. I fältförsök med noga dokumenterad tillförsel och bortförsel, kan denna påverkan på mark och gröda bestämmas mera precist.

### Phosforkalk – en biprodukt vid matoljautvinning

Vegetabilisk olja utvinns ur bl.a. raps- och rybsfrö. Råfetthalten, som är den intressanta delen ligger omkring 40%. Olja eller fett är uppbyggt av kol, väte och syre. När oljan har utvunnits utgör återstoden, pressresten, en viktig råvara för foderindustrin. Vid reningsprocesserna av oljan bildas ett kalk- och fosforrikt slam, som efter avvattning utgör Fosforkalk (<http://www.phosforkalk.se/>)

Som namnet antyder är Fosforkalk ett kalk- och fosforgödselmedel. Produktens torrsubstanshalt (ts) varierar mellan 40 och 50%. CaO-innehållet är omkring 10% av ts eller 25 till 50 kg per ton produkt. Innehållet av fosfor är ca 2% eller ungefär 7 kg per ton. Därutöver innehåller slammet flera essentiella mikronäringsämnen, men också en del metaller, som är mindre önskvärda i växtodlingssammanhang.

För att belysa hur tillförsel och bortförsel för några olika metaller, både essentiella och icke essentiella, påverkas vid upprepad tillförsel genomfördes en specialundersökning med data från ett långliggande fältförsök med Fosforkalk (R3-0117).

### Syfte

Undersökningens syfte var tvåfaldigt.

- a) Beräkna tillförsel, bortförsel och fältbalans för några aktuella metaller. Fälthalansen är tillförsel minus bortförsel med grödan.
- b) Studera och mäta eventuella effekter av tillförsel av Fosforkalk på metallkoncentrationer i jord- och växtmaterial.

## Material och metoder

### Försöksplats

Försöket ligger på Edestad gård 6 km öster om Ronneby. Jordarten är en måttligt mullhaltig lerig sand vilket innebär 4,3% mull och en lerhalt på 6%. pH-värdet vid starten var 6,3. Fosfor- och kaliumtillstånden var medelgoda. Anläggningen skedde hösten 1992 då Fosforkalk spreds första gången. Det första skördeåret var 1993. Försöket är fastliggande och Fosforkalk tillförs vart femte år: 1992, 1997, 2002 och senast 2007. Planering och resultatbearbetning görs vid SLU, Inst. för mark och miljö<sup>1</sup>, medan allt fältarbete ombesörjs av Hushållningssällskapet. Detaljer om försöket, försöksplan och resultat finns på <http://www-mv.slu.se/vaxtnaring/forsok/0117/allm0117.htm>

### Försöksplan

Den fullständiga försöksplanen omfattar 12 behandlingar, med Fosforkalk, vanlig jordbrukskalk och P-gödsling med mineralgödsel. Bilaga 1 visar den fullständiga försöksplanen. Av de 12 behandlingarna valdes följande 5 för denna undersökning:

Beteckning	Betydelse
1A	Kontroll
1F	Kalkat 1992 + 15 kg P per ha årligen
20B	5 ton ts Fosforkalk 1992, -97, -02
20C	10 ton ts Fosforkalk 1992, -97, -02
20F	Kalkat 1992, -97, -02 + 15 kg P per ha årligen

Kalkning i led 1F och 20F utfördes med ca 2 ton per ha kalkstensmjöl motsvarande 1 ton CaO per ha. Tiotonsgivan med Fosforkalk ger lika stor CaO-tillförsel som kalkstensmjöl, dvs 1 ton per ha. Fosforgivan blir 200 kg per ha räknat som totalfosfor avsedd för 5 år.

Urvalet av behandlingar medger jämförelse mellan hög och låg giva av Fosforkalk, jordbrukskalk + P-gödsling som engångsgiva eller upprepad tillförsel, samt en kontrollbehandling utan Fosforkalk, kalk eller P. Kväve, kalium och andra växtnäringsämnen har tillförts i erforderliga och lika mängder till alla behandlingar således även kontrollen.

Följande grödor har odlats från 1993 till 2007:

1993	Höstkorn	2001	Matpotatis
1994	Matpotatis	2002	Vårkorn
1995	Vårraps	2003	Vårkorn
1996	Vårkorn	2004	Vårvete
1997	Vårkorn	2005	Matpotatis
1998	Matpotatis	2006	Höstråg
1999	Ej försöksmässig skörd	2007	Höstråg
2000	Vårkorn		

Erhållna skördar redovisas i bilaga 2.

<sup>1</sup> Nytt institutionsnamn sedan 080301

Tabell 1. Koncentration i torrsubstansen av några metaller i olika skördeprodukter. Värdena tillämpades vid beräkning av upptag och bortförsel

Gröda	B ppm	Zn ppm	Cr ppb	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm	Ni ppb	Pb ppb
Höstkorn	6,0	27	26	31	4,8	15	240	45
Höstråg	6,0	27	26	31	4,8	26	240	45
Matpotatis	10	26	18	23	4	8	3500	-
Vårkorn	6,0	21	31	32	24	11	240	45
Vårraps	21	50	-	50	12	42	2400	-
Vårvete	6,0	33	26	31	6,0	28	240	45

Källor: Andersson, A. & Siman, G. (1991); Baghour, M., Moreno, D.A., Hernández, J. Castillad, N. & Romero, L. (2002); Chatterjee, C. & Dube, B. K. (2005); Chatterjee, C., Gopal, R. & Dube, B.K. (2006); Hocking, P. J. & Mason, L. (1993); Matthäus, B. & Zubrb, J. (2000); Nilsson, K-O. (1981, 1984a, 1984b, 1984c); Svanberg, O. (1971).

### Undersökta metaller

De undersökta metallerna var **B, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn** och **Pb**. Tillförseln beräknades på basis av Fosforkalkens innehåll av metaller i fråga och på kända givor, 5 respektive 10 ton ts per ha. Antingen användes analyser på prov av aktuellt parti, som spreds vid de återkommande behandlingarna (-92, -97 och -02) eller då sådana saknades, aktuella årsmedeltal från Aarhus Karlshamns driftsanalyser (ref. miljöchef Jim Broberg).

Skördeprodukterna från försöket har normalt inte analyserats med avseende på dessa metaller. Bortförselberäkningarna har i stället baserats på de verkliga skördarna och på litteraturuppgifter för metallkoncentrationerna (tabell 1).

En fullständig analys genomfördes 2007 på prov av höstråg. Vid skörden provtogs och analyserades även matjorden, 0-20 cm, på samma innehåll. I både växt- och jordprover bestämdes totalhalter av de aktuella metallerna utom för B i jord där s.k. hetvattenlösligt B bestämdes. Detta anses ge ett relevant mått på jordens B-status från odlingssynpunkt, men ska inte förväxlas med totalhalten, som är väsentligt högre.

## Resultat

### Tillförda mängder metaller med Fosforkalk

Fosforkalk tillfördes första gången hösten 1992 och därefter vid ytterligare två tillfällen, nämligen 1997 och 2002 (tabell 2). Det första skördeåret var 1993. I tillförseln dominerar Fe stort, Zn, Mn och B följer därefter. Cr, Cu och Pb har tillförts i små mängder. För Pb t.ex. 169 g ha<sup>-1</sup> sammanlagt för de tre tillfällena. Mn och Zn når en tillförsel av 2-2,5 kg ha<sup>-1</sup>, medan övriga ligger under 800 g ha<sup>-1</sup>. Sammanlagt tillfördes 150 kg ha<sup>-1</sup> Fe.

Med jordbrukskalk tillförs också mikronäringsämnen. Tabell 3 ger en uppfattning om mängderna. Värdena ska jämföras med den högre givan av Fosforkalk, som innebär ungefär samma CaO-tillförsel.

Tabell 2. Fosforkalk. Koncentrationer i g ton<sup>-1</sup> ts och tillförsel i g ha<sup>-1</sup> vid givor på 5 respektive 10 ton ha<sup>-1</sup> ts

	1992			1997			2002			Summa tillfört	
	g t <sup>-1</sup>	5 t	10 t	g t <sup>-1</sup>	5 t	10 t	g t <sup>-1</sup>	5 t	10 t	15 t	30 t
B	90,1	451	901	54,0	270	540	48,0	240	480	960	1921
Cr	8,0	40	80	9,0	45	90	8,7	44	87	129	257
Cu	5,2	26	52	2,7	14	27	9	45	90	84	169
Fe	5300	26500	53000	5600	28000	56000	4100	20500	41000	75000	150000
Mn	64,0	320	640	11,0	550	1100	8,2	410	820	1280	2560
Ni	32,6	163	326	17,0	85	170	31,0	155	310	403	806
Zn	75,5	378	755	106	530	1060	72	360	720	1268	2535
Pb	11,7	58	117	2,5	13	25	2,8	14	28	85	169

Tabell 3. Koncentration, g t<sup>-1</sup> och sammanlagd tillförsel g ha<sup>-1</sup> av mikronäringsämnen med jordbrukskalk. 2 ton ha<sup>-1</sup> kalk tillfördes vid tre tillfällen, sammanlagt 6 ton ha<sup>-1</sup>. Värden från produktblad för Ignaberga Plus 0-0,2 mm ( <http://www.nordkalk.se> )

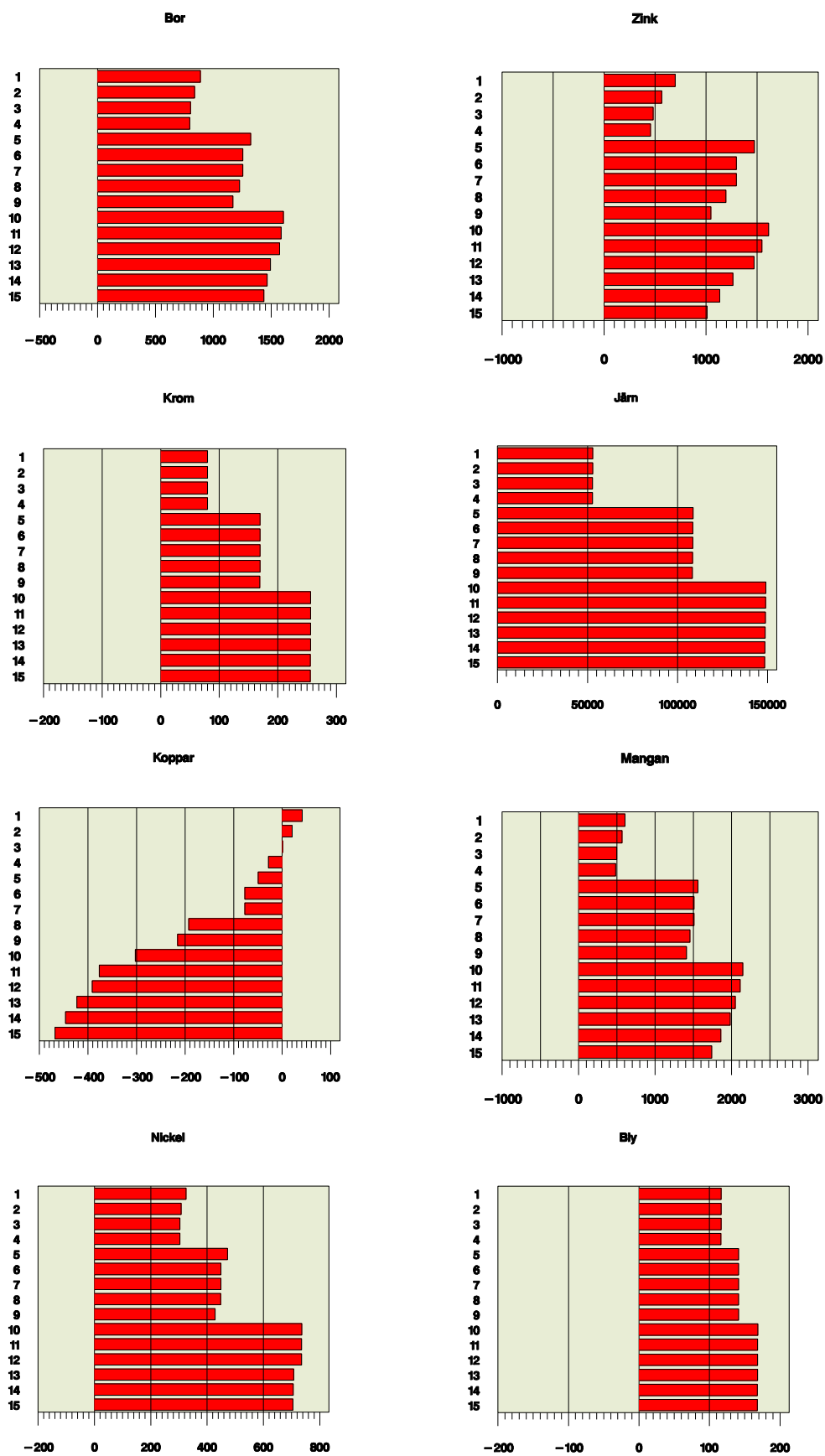
	Konc g t <sup>-1</sup>	Summa tillförsel 6 t
Cr	2	12
Cu	2	12
Fe	2077	12462
Mn	310	1860
Ni	2	12
Zn	8	48
Pb	1	6

### Upptagna och bortförda mängder

En viss ökning i bortförslin av metaller erhöles i den del som kalkades vid starten men inte därefter (tabell 4). I de upprepade behandlingarna med 5 respektive 10 ton slam ökade upptag och bortförslin med den högre givan för så gott som samtliga metaller. Det var särskilt tydligt för B, men även för Fe, Mn, Cr och Zn. Upprepad kalkning, medförde en bortförslin i närheten av eller något under kontroll-behandlingen. Till en del kan den uteblivna effekten i detta led spåras till ojämnheter på försöksplatsen. Ojämnheter som är kopplade till och som missgynnar de återkommande behandlingarna. Detta har varit särskilt märkbart perioden 2003-2007.

Tabell 4. Summa upptagna och bortförda mängder med grödan, g ha<sup>-1</sup>, under perioden 1993-2007

Led	B	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Pb
Kontroll	452	1,3	565	1566	769	97	1423	1,3
Kalkat 1992, ej senare	473	1,4	596	1646	810	100	1493	1,4
5 ton slam -92, -97, -02	447	1,3	584	1566	760	94	1411	1,4
10 ton slam -92, -97, -02	484	1,4	636	1695	821	101	1528	1,5
Kalkat -92, -97, -02	448	1,3	574	1559	760	94	1411	1,3



Figur 1. Årsvis ackumulerad fältbalans, tillfört minus bortfört, g ha<sup>-1</sup>, i behandling med 10 ton ha<sup>-1</sup> ts Phosforkalk 1992, 1997 och 2002. OBS varierande skalor på x-axeln.

### Näringsbalans

Fältbalansen för metallerna dvs tillfört minus bortfört med skördeprodukterna, visar det största relativa överskottet för Cr. Sammanlagt över 15 försöksår tillfördes i 10-tonsbehandlingen 257 g ha<sup>-1</sup> medan bortförseeln endast låg på 1,4 g ha<sup>-1</sup> eller 0,5% av tillförseeln. För Pb blev motsvande siffra 0,9% och för Fe 1,1%. Endast Cu tillfördes i mindre mängd än vad som bortfördes under perioden, 169 g tillfört och 636 g ha<sup>-1</sup> bortfört eller 3,8 gånger större bortförseel än tillförseel.

Figur 1 visar dynamiken över åren och hur fältbalansen ackumuleras. De positiva tillskotten de år slam tillförs äts efterhand upp genom bortförseeln, så sker nästa tillskott osv. Därav de trappstegsformade figurerna. Bara för Cu erhöles ett kontinuerligt underskott, mer fördes bort än vad som tillfördes.

### Metallinnehåll i matjorden 2007

Det kan antas att effekterna av fältbalanser åstadkommer förändringar i matjordens metallinnehåll. Som redan nämnts genomfördes en omfattande provtagning av matjorden efter skörden 2007. Två parallellprover togs för varje behandling och analyserades var för sig (tabell 5). Det ger information om fältvariationen och möjlighet att bedöma statistisk säkerhet i mätvärdena. Variationskoefficient, CV, mellan behandlingar, och sannolikhet, P<sub>0,05</sub>, för att behandlingarna **inte** har haft effekt har angivits.

Inte i något fall uppmättes avgörande och statistiskt säkra skillnader mellan behandlingarna. Detta betyder inte att behandlingarna inte har påverkat matjordskoncentrationen. Det har de med all sannolikhet gjort men provtagnings- och mätnoggrannhet medger inte att skillnaderna kan säkerställas.

Närmast till hands att betrakta är Cu och Pb med sannolikhetsvärden på 0,11 för Cu och 0,22 för Pb. Det betyder att sannolikheten för att Cu- respektive Pb-koncentrationerna är lika i alla behandlingar är ganska liten, 11 respektive 22%. Det finns därför en tydlig tendens åtminstone för att Cu-koncentrationerna skiljer sig åt.

Tabell 5. Koncentration, ppm, i matjorden för några metaller. Provtaget 2007 efter skörd. Två parallellprover för samtliga

Led	B	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Pb
Kontroll	0,28	3,90	3,40	7250	89,5	1,80	22,5	10,3
Kalkat 1992, ej senare	0,33	4,55	2,85	8350	104,5	1,85	23,0	10,8
5 ton slam -92, -97, -02	0,27	3,65	2,60	7150	84,5	1,75	21,5	9,05
10 ton slam -92, -97, -02	0,29	4,20	2,40	7850	93,0	2,05	23,5	9,25
Kalkat -92, -97, -02	0,26	3,70	2,65	7850	100,0	1,70	22,5	10,3
CV%	9,5	14,5	9,9	17,1	13,9	11,8	10,8	7,0
P <sub>0,05</sub>	0,30	0,57	0,11	0,88	0,61	0,59	0,94	0,22

Tabell 6. Koncentration, ppm i ts, i kärnskörd av höstråg 2007, för några metaller. För B, Cr, Ni och Pb låg alla värden under detektionsgränserna för respektive ämne

Led	B	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Pb
Kontroll	<5,0	<0,05	3,0	27	18	<0,05	22	<0,02
Kalkat 1992, ej senare	<5,0	<0,05	2,2	23	15	<0,05	20	<0,02
5 ton slam -92, -97, -02	<5,0	<0,05	2,6	26	14	<0,05	21	<0,02
10 ton slam -92, -97, -02	<5,0	<0,05	2,1	32	13	<0,05	20	<0,02
Kalkat -92, -97, -02	<5,0	<0,05	2,1	24	11	<0,05	19	<0,02

### Metallinnehåll i 2007 års rågskörd

Vid 2007 års skörd togs även prover av rågen för analys av samma metaller som i matjorden. Analyser utfördes på ledvisa, sammanslagna, prover och medger därför ingen variansskattning. Halterna var högst i det obehandlade ledet och lägst i det rikligast kalkade ledet (tabell 6). Med undantag för Fe låg halterna lägre i behandlingar med 10 än med 5 ton per ha. Värdena för B, Cr, Ni och Fe låg alla under detektionsgränsen med tillämpad analysmetod.

När halt och kärnskörd är kända kan upptaget beräknas (tabell 7). Här har variationen i kärnskörd, som kan bestämmas, utnyttjats för att erhålla en variansskattning även av upptaget. Det beräknade upptaget är mest relevant där halterna ligger över detektionsgränsen. För Cu, Fe och Mn var effekterna av behandlingarna statistiskt säkra. För Cu och Mn minskade upptaget när Phosforkalk tillfördes. För Fe var det skillnaden mellan hög och låg giva som gav utslag.

Tabell 7. Upptag i kärnskörd av höstråg, g ha<sup>-1</sup>, av några metaller. Medeltal följda av samma bokstav är ej signifikant skilda från varandra

Led	B	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Pb
Kontroll	22,4	0,22	13,4 <sup>a</sup>	120,9 <sup>ab</sup>	80,6 <sup>a</sup>	0,22	98,5	0,09
Kalkat 1992, ej senare	24,3	0,24	10,7 <sup>b</sup>	111,8 <sup>a</sup>	72,9 <sup>ab</sup>	0,24	97,2	0,10
5 ton slam -92, -97, -02	20,4	0,20	10,6 <sup>b</sup>	106,0 <sup>a</sup>	57,1 <sup>c</sup>	0,20	85,6	0,08
10 ton slam -92, -97, -02	22,8	0,23	9,6 <sup>b</sup>	146,0 <sup>b</sup>	59,3 <sup>bc</sup>	0,23	91,2	0,09
Kalkat -92, -97, -02	20,7	0,21	8,7 <sup>b</sup>	99,5 <sup>a</sup>	45,6 <sup>c</sup>	0,21	78,8	0,08
CV %	8,3	8,3	7,7	9,0	8,1	8,3	8,2	8,3
P <sub>0,05</sub>	0,35	0,35	0,03	0,06	0,01	0,35	0,20	0,35

### Diskussion

Med Phosforkalk tillförs jämförelsevis stora mängder Fe. Tillförseln ska sättas i relation till vad som naturligt förekommer i marken. Järn är det fjärde vanligaste grundämnet i jordskorpan (Havlin et al. 2005). Syre, kisel och aluminium är vanligare. Jordanalysen för försöksjorden visar att per ha finns ca 19 ton Fe. I det perspektivet

är en tillförsel av 150 kg närmast försumbar. Ungefärliga totalmängder,  $\text{kg ha}^{-1}$ , i matjorden för metallerna, beräknat från jordanalysen 2007, är:

B	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Pb
0,7	10	7,0	$19 \cdot 10^3$	236	4,5	56,5	24,9

Den sammanlagda bruttotillförseln, kg per ha, i 10-tonsledet med Phosforkalk är enligt tabell 2:

B	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Pb
1,9	0,3	0,2	150	2,6	0,8	2,5	0,2

Bruttotillförsel i % av befintliga mängder ordnar sig på följande sätt från låg till hög:

Pb	Fe	Mn	Cu	Cr	Zn	Ni	B
0,8	0,8	1,1	2,9	3	4,4	17,8	271

Borvärdena ska inte jämföras med de övriga. De baseras på s.k. hetvattenlösligt B och inte på jordens totalhalt – en siffra, som är avsevärt större. Med det i minnet skulle den relativa tillförseln bli betydligt mindre. Men B-tillförseln är ändå anmärkningsvärt stor. Någon mätbar effekt på B-innehållet i kärnskoroden kunde inte observeras.

Med Phosforkalk sker en väsentlig tillförsel av Ni, ca 18% av markförrådet över 15 år. Detta kan också registreras i matjordshalten. Vid den höga givan Phosforkalk ligger halten ungefär 25% högre än i kontrollen. Vid vilken nivå skadliga effekter kan uppstå är obekant. I höstrågen konstaterades ingen koncentrationsökning av Ni. Analyskänsligheten var för låg.

Sett till hela studieperioden från 1993-2007 är bortförseln något större vid den höga slamgivan än i kontrollen utan slamtillförsel. Detta gäller för de flesta ämnena. Men detta är inte nödvändigtvis beroende på ökad halt i skördeprodukterna. En större skörd ger samma effekt.

Phosforkalk har kalkverkan, vilket medför att tillgängligheten av många metaller också kommer att påverkas. Tillgängligheten kan både öka och minska. pH-värdet i försöksbehandlingarna har ställt in sig på rimliga värden. 6,2 i kontrollen, som inte kalkats, 6,4 till 6,5 i Phosforkalkleden och 6,6 i det led som kalkats med jordbrukskalk. Tabell 7 visar vad detta betyder för upptag av Cu, Mn och Zn. Upptaget minskar när Phosforkalk eller jordbrukskalk tillförs. När pH ökar avtar tillgängligheten och upptaget minskar.

Det redovisas inte men ska nämnas att variationen i upptag från år till år var stor. Det är naturligt med tanke på den variation i grödor, som har förekommit. Men också för samma gröda betyder årsmån och avkastning mycket för bortförselns storlek. Ett exempel: Potatis odlades 1994, 1998, 2001 och 2005 och Cu-bortförseln med knölskoroden i behandling med 10 ton Phosforkalk motsvarade 20,3, 27,2, 22,7 respektive 31,7  $\text{g ha}^{-1}$ , alltså en skillnad på mer än 50% mellan högsta och lägsta värde.



Metallkoncentrationerna i försöksjorden kan också jämföras med värden från miljöövervakningen av åkermark (Eriksson et al. 1997). Cr, Cu och Mn ligger lågt i försöksjorden jämfört med medeltal för Blekinge eller för riket. För Pb ligger värdena i nivå med medeltalen. För B är medelvärdet för prover i Blekinge 0,59 ppm och dubbelt så högt som de uppmätta värdena i försöket, som låg omkring 0,30 ppm.

## Slutsatser

I ett långliggande försök med återkommande tillförsel av Fosforkalk – 1992, 1997, 2002 studerades upptag av och förändringar i halter i mark och gröda av ett antal metaller. Fem respektive 10 t ha<sup>-1</sup> ts av Fosforkalk tillfördes varje gång.

I matjorden kunde inte säkert mätbara koncentrationsförändringar av **B, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn** och **Pb** konstateras. Vid den låga Fosforkalkgivan var koncentrationerna oftast lägre än i kontrollen. En viss förhöjning vid den större givan uppmättes.

För alla undersökta metaller utom Cu var tillförseln större än bortförseln och det sker en ackumulering i marken. För Cr, Fe och Pb var bortförseln med grödan så liten i förhållande till tillförseln så fältbalansen, förändrades språngvis varje gång Fosforkalk tillfördes och minskade inte mätbart under mellanperioderna. För B, Cu, Mn och Zn minskade fältbalansen mellan tillförseltillfällena.

För några metaller var koncentrationerna i rågkärna lägre där Fosforkalk hade tillförts än i kontrollen. Det kan dels hänföras till en ökad immobilitet och minskad växttillgänglighet av näringsämnet i fråga vid stigande pH, dels till en utspädningseffekt eftersom skördenivån ofta var högre. Ett negativt samband mellan avkastning och halt gäller som huvudregel för de flesta näringsämnena.

## Litteratur

Hemsidor:

<http://www.phosforkalk.se/>

<http://www-mv.slu.se/vaxtnaring/forsok/0117/allm0117.htm>

<http://www-umea.slu.se/miljodata/akermark/index.htm>

Andersson, A. & Siman, G. 1991. Levels of Cd and some other trace elements in soils and crops as influenced by lime and fertilizer level. *Acta Agriculturae Scandinavica* 41:1, 3-11.

Baghour, M., Moreno, D.A., Hernández, J. Castillad, N. & Romero, L. 2002. Influence of root temperature on uptake and accumulation of Ni and Co in potato. *Journal of Plant Physiology* 159, 1113-1122.

Chatterjee, C. & Dube, B. K. 2005. Impact of pollutant elements on vegetables growing in sewage-sludge-treated soils. *Journal of Plant Nutrition* 28:10, 1811-1820.

- Chatterjee, C., Gopal, R. & Dube, B.K. 2006. Impact of iron stress on biomass, yield, metabolism and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Scientia Horticulturae* 108, 1–6.
- Eriksson, J., Andersson, A., Andersson, R. 1997. Tillståndet i svensk åkermark. Naturvårdsverket. Rapport 4778. Naturvårdsverket förlag.
- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. & Nelson, W.L. 2005. Soil fertility and fertilizers. Pearson Prentice Hall, 7<sup>th</sup> edition.
- Hocking, P. J. & Mason, L. 1993. Accumulation, distribution and redistribution of dry matter and mineral nutrients in fruits of canola (oilseed rape), and the effects of nitrogen fertilizer and windrowing. *Aust. J. Agric. Res.* 44, 1377-1388.
- Malik, R. S., Ram Kala, Gupta, S. P. & Dahiya, S. S. 2004. Background levels of micronutrients and heavy metals in sewage-irrigated soils and crops in Haryana. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 74:3, 156-158.
- Matthäus, B. & Zubrb, J. 2000. Variability of specific components in *Camelina sativa* oilseed cakes. *Industrial Crops and Products* 12:1, 9-18.
- Nilsson, K-O. 1981. Allsidig växtnäringstillförsel I. SLU, Inst. för markvetenskap, Avd. för växtnäringslära, Rapport 136.
- Nilsson, K-O. 1984. Allsidig växtnäringstillförsel II. SLU, Inst. för markvetenskap, Avd. för växtnäringslära, Rapport 156.
- Nilsson, K-O. 1984. Allsidig växtnäringstillförsel III. SLU, Inst. för markvetenskap, Avd. för växtnäringslära, Rapport 158.
- Nilsson, K-O. 1984. Allsidig växtnäringstillförsel IV. SLU, Inst. för markvetenskap, Avd. för växtnäringslära, Rapport 159.
- Svanberg, O. 1971. De svenska skördeprodukternas innehåll av växtnäringsämnen. Statens Lantbrukskemiska Laboratorium, Meddelande 37.



Bilaga 2. Erhållna skördar i de aktuella försöksleden. För spannmål, kg ha<sup>-1</sup> med 15% vattenhalt, för potatis ton ha<sup>-1</sup> friskvikt

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	Höstkorn	Matpotatis	Vårraps	Vårkorn	Vårkorn	Matpotatis	Ej f-mässig skörd	Vårkorn
<b>Led</b>								
<b>1A</b>	1809	21.6	1542	1437	2018	29.0	.	5516
<b>1F</b>	2246	21.4	1734	1349	2389	30.5	.	5673
<b>20B</b>	2400	22.5	1656	1661	2239	29.6	.	5511
<b>20C</b>	2547	21.3	1976	1419	2373	35.6	.	5665
<b>20F</b>	2246	21.4	1734	1349	2389	30.2	.	5518

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	Matpotatis	Vårkorn	Vårkorn	Vårvete	Matpotatis	Höstråg	Höstråg
<b>Led</b>							
<b>1A</b>	32.3	6930	2845	2437	37.2	6469	5267
<b>1F</b>	31.2	7541	2877	2541	40.9	6467	5719
<b>20B</b>	30.3	7712	2799	2508	34.1	5798	4797
<b>20C</b>	30.4	8686	3652	2773	36.2	5685	5366
<b>20F</b>	27.4	7735	2398	2629	36.8	5731	4879