

Kopparbrist- diagnoshjälpmedel och lämpliga växtodlingsåtgärder

Ulf Axelson, Hushållningssällskapet Skaraborg, Box 124, 532 22 Skara

Bakgrund

Molybden (Mo) är ett grundämne som i höga halter i grovfoder är toxiska för idisslare. I litteraturen varierar gränsvärdet för kritisk halt av Mo i grovfoder något. Uppgifter på 5 mg Mo per kg ts (Gardner et al., 2003) och även intervallet 3-10 mg Mo per kg ts förekommer (Blood et al., 1981). Emellertid är det inte så att halten av molybdenet ensamt avgör dess inverkan på djuret. Det finns kritiska gränsförhållanden för kvoten mellan koppar (Cu) och Mo. Om kvoten är <2 föreligger en uppenbar risk för Cu-brist (sekundär kopparbrist), å andra sidan betraktas kvoter av $\text{Cu/Mo} >20$ som en given förutsättning för Cu-förgiftning (Frank, 1989; Blood et al., 1981; Frank, 1988).

Uptaget av Mo i grödan beror till stor del av halterna i jorden, vilka i sin tur är beroende av jordens modermaterial. Dessutom är upptaget av Mo också starkt avhängigt av kemiska förhållanden och processer i marken (Karlsson, 1961; Katta et al., 1997; Umesh et al., 1997; Alloway, 1990). Risken för höga totalhalter av Mo i foderstaten är uppenbar på gårdar inom områden där höga Mo-värden förekommer i mark och huvudparten av fodret är egenproducerat.

Vid en pilotstudie utförd i Västergötland konstaterades höga Mo-halter, över de i litteraturen angivna gränsvärdena (Axelson, 2001). I 38 av 95 prover låg halten Mo över gränsvärdet på 5 mg/kg ts. Det konstaterades även att djur led av så kallad sekundär Cu-brist orsakad av höga Mo-halter. Undersökningen visade också att svavelgödsling grödan på grund av konkurrens mellan sulfat och molybdat vid upptag i växten kan sänka Mo-halten i grödan (Axelson, 2001; Alloway, 1990).

I äldre litteratur beskrivs ofta fenomenet med höga Mo-halter i grovfoder från olika delar av Sverige. Karlsson (1961) redovisar ett antal fall med höga Mo-halter från Västergötland under 50 talet. Från flera platser i världen rapporteras om problem med variationer av Cu-upptag hos djur kopplat till höga eller låga Mo-halter (Frank et al., 1988; Frank, 1988; Lunden et al., 1988). Sekundär Cu-brist rapporteras hos betande djur på många platser i världen (Gardner et al., 2003). Kraftigt kalkade betesmarker förknippas ofta med lägre Cu-upptag och låg Cu-status hos får (Blood et al., 1981). I Kanada finns områden med Mo-rik berggrund med höga halter Mo i jord. I en studie i Manitoba beskrivs områden med betesmarker med toxiska halter av Mo (Boila et al., 1984). Ytterligare en kanadensisk studie beskriver effekter på betande djurs Cu-försörjning på grund av höga Mo-halter i fodret (Majak et al. 2004). En tysk studie (Steffl et al., 2009) beskriver Cu-brist hos en mjölkbesättning på grund av höga halter i grovfodret. De s.k. Västgötabergen består av flera olika klart definierade lagerföljder med bl.a. alunskiffer som är rik på Mo (Lenmo, 2006).

Målen med projektet var att utveckla en metod för att upptäcka och kartera fält med höga Mo-halter i jord och gröda och att undersöka möjligheterna att förebygga höga toxiska halter av Mo i vallgrödor genom odlingsåtgärder. För att svara på frågeställningarna och nå projektets mål delades studien in i tre delprojekt:

- Metod för att identifiera områden i Sverige med risk för höga Mo-halter i mark och gröda.
- Metod för kartläggning av inomfältvariation av molybden i matjord och gröda.
- Odlingsåtgärder för att reducera halten av Mo i grovfoder och analys av molybdenstatus hos försöksgårdarnas nötkreatur

Material och metoder

Metod för att identifiera områden i Sverige med risk för höga molybdenhalter i mark och gröda.

För att undersöka möjligheten att identifiera områden med höga Mo-halter i mark som ger höga halter i gröda användes tre olika befintliga typer av data (i texten benämnda *underlagskartor*): SGUs provtagning av morän (markgeokemi), bäckvattenväxter (biogeokemi) (Lax & Selenius, 2005) samt Naturvårdsverkets Mo i åkermark (inom den yttäckande rikskarтерingen av åkermark) (Eriksson, et.al., 2010). Metoden att utnyttja denna typ av lättillgängliga data har tidigare används vid liknande undersökning av riskområden för höga kadmiumhalter i gröda (Söderström & Eriksson, 1996; Rosenbaum & Söderström, 1996).

SGU har med avseende på bio- och markgeokemiska data karterat stora delar av Sverige med en täthet i båda fallen på cirka 7 km². Vid biogeokemisk kartering analyseras mer än 30 element från vattenlevande växter i strömmande vatten och totalt är 245 000 km² karterat. Markgeokemiskt är cirka 170 000 km² karterat genom provtagning huvudsakligen tagna av morän till ett djup av 0,7-1 m (Lax & Selenius, 2005). Totalt analyseras cirka 40 ämnen vid markgeokemisk kartering. På grund av att moränens geografiska utbredning varierade provtätheten i olika områden. Från en linje i höjd med Gävle och söderut erhöles 23500 biogeokemiska analysvärden samt 14000 moränanalyser. Antalet analyser av Mo i åkermark var i motsvarande område 4600. Interpolerade kartor över Mo och Cu gjordes med den geostatistiska metoden ordinary kriging (Burrough & McDonnell, 1998).

För att hitta områden med konstaterat höga och låga halter av Mo i vallfoder utnyttjades ett slumpmässigt urval av befintliga analyser av mineralämnens innehåll i grovfoderprover utförda av Eurofins (dåvarande AnalyCen AB) 2007-2008. Ur detta material av grönmasseprover valdes prover med Mo halter i tre klasser: över 5 mg/kg ts, 3-5 mg/kg ts och prover med halter under 1 mg/kg. Grovfoderproverna platsbestämdes med hjälp av postnummer på gården. Denna position blev relativt osäker eftersom vi med hjälp av en digital karta över postnummerområden (Statistiska Centralbyrån) tilldelade varje provpunkt centrumkoordinaten i respektive postnummerområde. Värden från de olika interpolerade underlagskartorna extraherades för dessa centrumkoordinater. En statistisk jämförelse mellan underlagskartornas värden i de tre klasserna gjordes med hjälp av Kruskal Wallis H-test. Det är en ickeparametrisk motsvarighet till anova där värdena görs om till rangordningstal som sedan analyseras. Metoden är lämplig att använda om inte data i de olika klasserna följer en normalfördelning (Walpole et al 2011).

Under säsongen 2008 togs 69 st grönmasseprover och jordprover från fält i de områden som identifierats som områden med ökad risk för höga Mo-halter efter inventeringen ovan. Grönmasseprover och jordprover togs som ett samlingsprov inom en cirkel med radie på ca 6 m med 7 prover inom cirkeln. Fullständig mineralanalys gjordes på grönmassan och pH, AL, HCl och mullhalt på jordprover. Proverna fördelades geografiskt enligt följande: 20 st prover togs i Skåne, 14 prover i Östergötland, 24 prover i Västergötland och 11 prover i Närke.

Prover för mineralbestämning i foder, förutom Mo och Cu, vägdes in och kokades i koncentrerad salpetersyra HNO₃ i värmeblock. Provet kokades i 9 tim följt av 6 timmars avsvälning. Proven späddes och fasta partiklar filtrerades bort. Slutbestämning skedde på ett plasmainstrument, ICP.

När det gäller Mo och Cu så uppslöts dessa prover i kapslar (nylonbomber) i mikrovågsugn i salpetersyra HNO₃ och väteperoxid H₂O₂. Slutbestämning gjordes med hjälp av en ICP-MS för lägre detektionsnivå. Övriga jordanalyser gjordes enligt ”God markkarteringssed” (SJV, 20011).

Metod för kartläggning av inomfältvariation av molybden i matjord och gröda.

Med instrumentet Mullvaden, The Mole, (www.soilcompany.nl) scannades fält längs en transekt över berget Ålleberg i Västergötland. Den stora nivåskillnaden längs transekten gör att flera lager av berget exponeras inom en relativt kort sträcka. Mullvaden mäter gammastrålning från fyra isotoper, Thorium²³², Uran²³⁸, Kalium⁴⁰ och Cesium¹³⁷ (Egmond, et.al., 2010). Mullvaden har i Sverige bland annat använts för skattning av kadmium och jordart (Söderström & Eriksson, 2010; Söderström et al., 2008). För körning i fält monterades Mullvaden på en 4-hjulig motorcykel. Tretton jordprov för kalibrering togs och analyserades på sedvanligt sätt. Mätdata från Mullvaden bearbetades och korrelation gjordes bland annat mot Mo.

Scanning gjordes också 2009 och 2010 på de fält som används för fältförsöken beskrivna i delprojekt 3.

År 2010 scannades också ett antal fält på Bjertorp, Kvänum. Den sedimentära leran på Bjertorp är av annat ursprung än jordarna kring Falköping.

Odlingsåtgärder för att reducera halten av Mo i grovfoder

Inför 2009 lades det ut två fältförsök och inför 2010 tre fältförsök. Dessa placerades i befintliga vallar med varierande halt av Mo i marken. Platserna var utvalda efter körning med Mullvaden för att ge så stor spridning på marknivåerna som möjligt.

Istället för att lägga ut fältförsök med traditionellt upplägg med blockuppdelning gjordes enligt följande. Gårdarna scannades med mullvaden för att karakterisera fälten med avseende på Mo. På 8 platser på varje gård lades 2 upprepningar enligt försöksplanen. Försöken lades i gräsdominerade vallar utan tillförsel av stallgödsel till vallen under försöksåret. Vallarna skördades och analyserades på innehåll av makro- och mikronäringsämnen vid 1:a och 2:a skörd. Jordprov togs på respektive försöksplats. Totalt togs 96 antal prov vid 1:a skörd och 16 st vid 2:a skörd 2009. Under 2010 togs 95 st. prov vid 1:a skörd och 56 st. vid 2:a skörd. Försöken gödslades 2009 med svavel och koppar med syfte att undersöka möjligheter att med gödslingsåtgärder sänka höga Mo-nivåer (Tabell 1). För att kompensera kaliumgivan i kaliumsulfatet gödslades de andra leden med kaliumklorid. Vid försöken 2010 ströks led C med svavel och Cu-gödslingen. Försöken gödslades med 80 kg kväve och 60 kg kväve i form av N34 till 1:a respektive 2:a skörd

Tabell 1. Försöksplan 2009 och 2010 för reduktion av Mo-halt i vall med hjälp av svavelgödsling

Försöksplan:	Kg ren svavel 1:a skörd kg/ha		
Led A	0		Kaliumklorid 140 kg/ha
B	30 kg		Kaliumsulfat 167 kg/ha
C(2009)	30 kg+ 5 kg Cu		Kaliumsulfat 167 kg/ha + kopparsulfat 23 kg/ha

Blodprover på idisslare på försöksgårdarna

På gårdar med fältförsök togs blodprover från idisslare för att undersöka sambandet foder – djur. Proverna analyserades på IDEXX Vet.Med.Lab Aps i Köpenhamn och samlades in med hjälp av distriktsveterinär. Från Kotarp fanns fyra blodprover från fyra mjölkkor sedan tidigare, från Ingefredsgården togs tre prover från mjölkraskvigor, på en granngård till

Ingfredsgården togs prover från fem mjölkkor och från Källegården prover från fem mjölkkraskvigor

Resultat

Metod för att identifiera områden i Sverige med risk för höga molybdenhalter i mark och gröda

Figur 1 visar variationen i Mo-halt i morän enligt data från SGU. Punkterna som visas på kartan är grovfoderanalyser från 2007- och 2008 uppdelade i tre klasser. I figuren redovisas även en sk boxplot (*box-and-whisker plot*) visar jämförelse mellan kartvärden från den markgeokemiska karteringen i respektive grovfoderanalysklass. Den statistiska analysen visade att Mo-halten i i marken är signifikat högre för grönmasseprover med den högsta halt Mo (H (2 frihetsgrader (df), n= 127) =18,0, $p < 0.001$ (medelrangordningstalet för Mo-klass <1: 51; Mo-klass 1-5: 50; Mo-klass >5: 84). Det är alltså i gruppen med grovfoderanalyser med Mo-halt >5 mg/kg som värdena för Mo i den markgeokemiska kartan var markant högre än i de övriga klasserna.,

I figur 2 visas motsvarande karta och diagram för den biogeokemiska kartan. Den statistiska analysens värden var i det fallet: H (2 df, n= 173) =29,3, $p < 0.001$ (medelrangordningstalet för Mo-klass <1: 61; Mo-klass 1-5: 80; Mo-klass >5: 110). Antalet prover är här fler eftersom flera prover hamnade utanför det karterade området i moränkartan p g a dess oregelbundna geografiska täckning.

Slutligen visas i figur 3 Mo-karta och boxplot över halten i åkermark vilken baseras på data som redovisats av Eriksson et al. (2010). Enligt Kruskal Wallis H-test är det även här signifikanta skillnader mellan grupperna: H (2 df, n= 173) = 46,8, $p < 0.001$ (medelrangordningstalet för Mo-klass <1: 53; Mo-klass 1-5: 79; Mo-klass >5: 116).

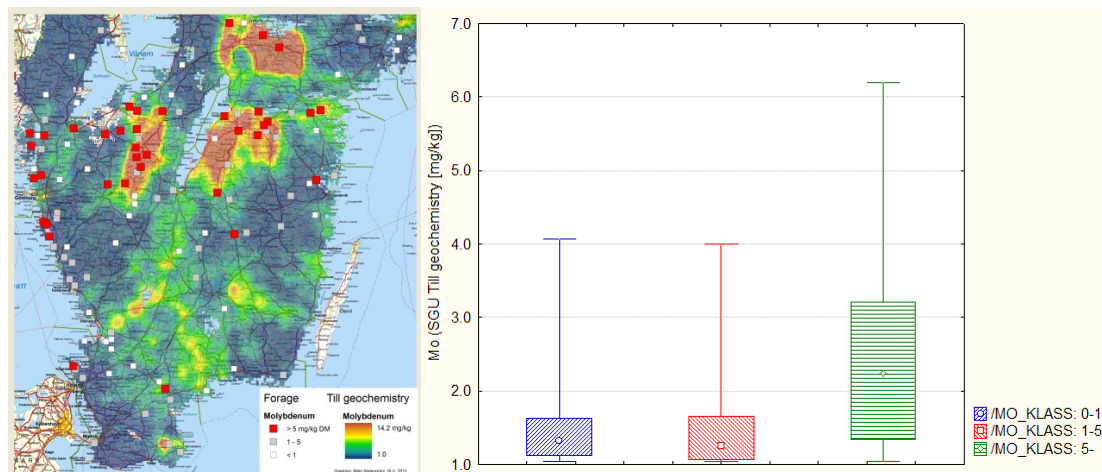


Fig 1. Mo i morän från den markgeokemiska kartering av SGU samt grovfoderanalysvärden från Eurofins från 2007-2008. Diagrammet visar kartvärden för respektive grovfoderklass (märket = medianvärdet, boxens ytterkant = 25:e respektive 75:e percentilen, stapeln = min- resp. maxvärdet).

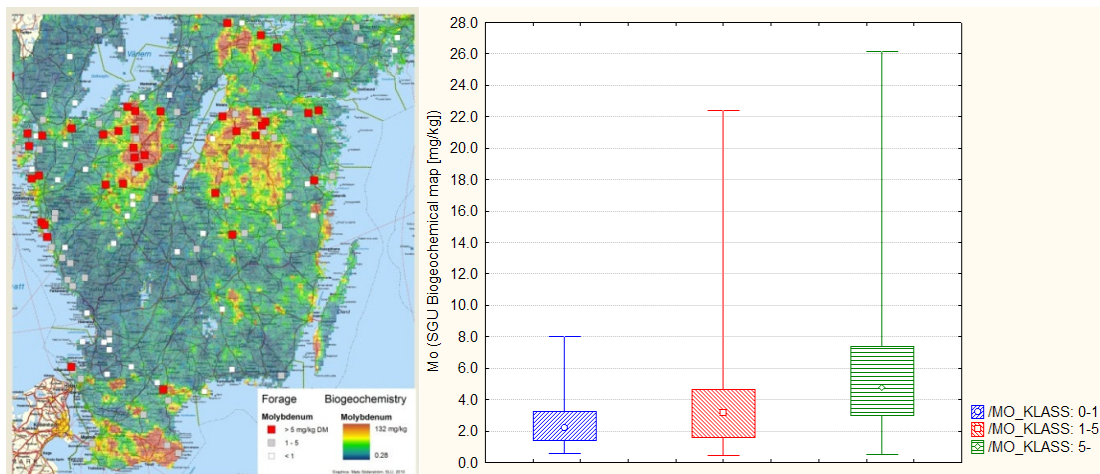


Fig 2. Mo i bäckvattenväxter från den biogeokemiska kartering av SGU samt grovfoderanalyser från Eurofins från 2007-2008. Diagrammet visar kartvärden för respektive grovfoderklass (märket = medianvärdet, boxens ytterkant = 25:e respektive 75:e percentilen, stapeln = min- resp. maxvärdet).

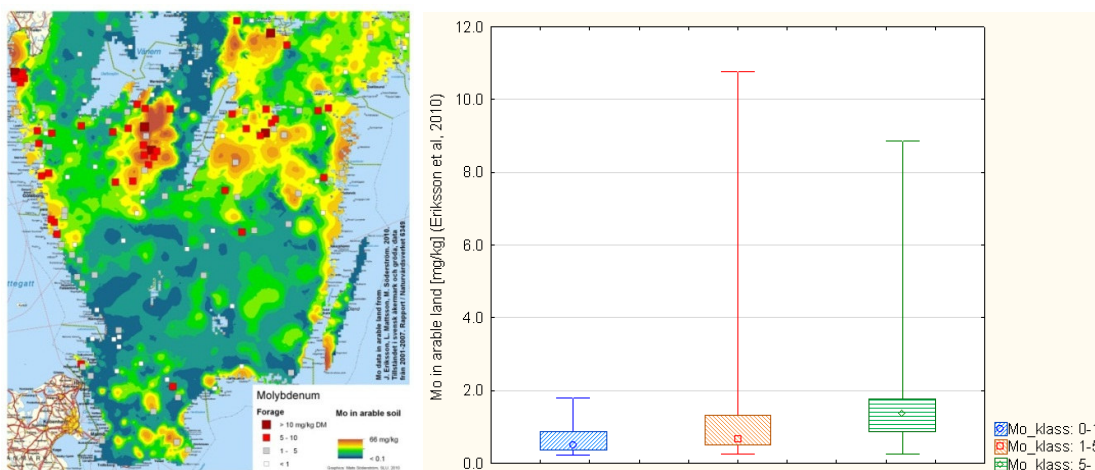


Fig 3. Mo i åkermark (baserat på data från Eriksson et al. 2010) samt grovfoderanalyser från Eurofins från 2007-2008. Diagrammet visar kartvärden för respektive grovfoderklass (märket = medianvärdet, boxens ytterkant = 25:e respektive 75:e percentilen, stapeln = min- resp. maxvärdet).

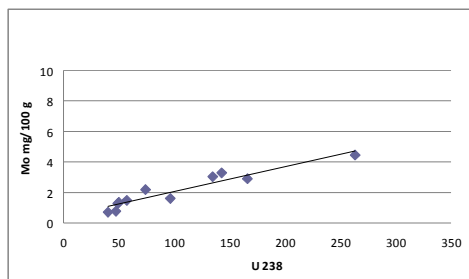
I grönmasseproverna från 2008 som klipptes och analyserades från riskområdena vid inventeringen hade endast 7 av proverna Mo-värden över 5 mg per kg ts. Innehållet av mineraler var generellt lågt. Däremot låg 42 av de 69 proverna under värde 3 i kvot Cu/Mo, vilket tyder på ett gynnsamt förhållande mellan Cu och Mo i växten.

Metod för kartläggning av inomfältvariation av molybden i matjord och gröda.

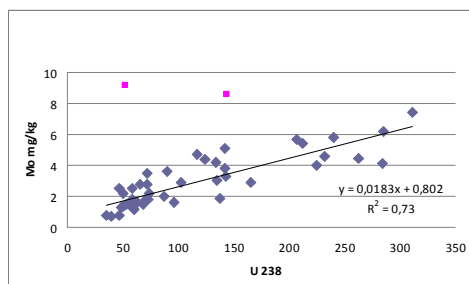
Resultaten från scanningen med mullvaden längs transekten på Ålleberg visas i fig 9.

Variationen i Mo-halt var stor längs transekten och så även sensorutslag från Mullvaden. Korrelationen mellan Mo i jord och Uran-238 är hög med ett R^2 på 0,9 (figur 9a). När ytterligare data från de tre gårdarna inkluderas blir motsvarande korrelation $R^2 = 0,73$ (figur 9b).

Resultaten från scanningen på Bjertorp visade på låga halter av Mo, 0,5-1,1 mg per kg jord, och inget samband kunde konstateras med någon av Mullvadens mätningar.



9a



9b

Fig 9. Samband mellan U-238 (Bq/kg) och Mo (mg/kg) i (a) matjord längs transekten på Älleberg) matjord och (b) längs transekten och de tre gårdarna

Odlingssägarer för att reducera halten av Mo i grovfoder

Tabell 2 och 3 visar resultaten från fältförsöken 2009 och 2010. Resultaten visar klart att svavelgödsling sänker Mo-halten i grödan och höjer kvoten Cu/Mo. Den visar också att det är större risk för höga Mo-halter i 2:a skörden. Sänkningen av Mo-halterna på grund av svavelgödslingen var också större i 2:a skörden. Svavelgödslingen har också höjt svavelhalten i grödan. I ledet med gödsling med Cu och svavel så har Cu-halten i grödan höjts något och följaktligen höjt Cu/Mo kvoten.

Tabell 2. Analysresultat från fältförsöken 2009

Gård	Svavelgödsling	Skörd	mg per kg ts grönmassa			Cu/Mo	Antal
			Mo	S	Cu		
Ingfredsgården	0 kg	1:a	2,31	1,60	5,64	2,4	16
	30 kg	1:a	1,58***	1,89***	5,55	3,5	16
	30 kg+4 kg Cu	1:a	1,80***	2,05***	7,14	4,0	16
Källegården	0 kg	1:a	1,41	1,56	7,51	5,3	16
	30 kg	1:a	1,33 ^{n.s}	1,72*	7,48	5,6	16
	30 kg+4kg Cu	1:a	1,16 ^{n.s}	1,73*	7,97	9,2	16
Ingfredsgården	0 kg	2:a	7,8				12
Källegården	0 kg	2:a	9,1				4

Tabell 3. Analysresultat från fältförsöken 2010

Gård	Svavelgödsling	Skörd	mg per kg ts grönmassa			Cu/Mo	Antal
			Mo	S	Cu		
Ingfredsgården	0 kg	1:a	7,17	1,66	6,39	0,9	16
	30 kg	1:a	4,05***	2,27***	6,29 ^{n.s}	1,6	15
Källegården	0 kg	1:a	6,43	1,74	5,79	0,9	16
	30 kg	1:a	3,09***	2,49***	5,64 ^{n.s}	1,8	16
Kotarp	0 kg	1:a	3,16	1,97	7,23	2,3	16
	30 kg	1:a	1,63***	2,49***	7,05 ^{n.s}	4,3	16
Ingfredsgården	0 kg	2:a	17,66	1,71	6,19	0,4	10
	30 kg	2:a	12,82 ^{n.s}	1,97*	6,34 ^{n.s}	0,5	10
Källegården	0 kg	2:a	29,35	2,40	6,45	0,2	2
	30 kg	2:a	13,75 ^{n.s}	2,50 ^{n.s}	6,30 ^{n.s}	0,5	2
Kotarp	0 kg	2:a	4,59	2,46	7,72	1,7	16
	30 kg	2:a	3,46 ^{n.s}	2,63**	7,45 ^{n.s}	2,2	16

Blodprover på idisslare på försöksgårdarna

Totalt har det analyserats blodprov från 17 djur. Samtliga blodprover från djuren på dessa gårdarna gav värden över det värde som anses optimalt för Mo på 10 ug/l blodplasma. På en av gårdarna var snittet på fem djur 995 ug/l plasma. Gränsvärdet för när akut Mo-förgiftning anses föreligger är 1000 ug/l.

Tabell 4. Analysvärden från blodprov på försöksgårdarnas nötkreatur

Gård	Djur	Mo ug/l	Cu umol/l
Källegården	1167	32	11,8
	1141	34	12,9
	1154	32	10,9
	1153	46	10,2
	1135	29	13,7
Ingefredsgården	492	117	10,7
	489	96	9,4
	490	155	10,4
Pickagården	654	979	15,1
	664	706	11,8
	675	1430	25,5
	546	1370	13,2
	641	580	13,5
Kotarp	530	28	97
	550	20	90
	523	11	111
	546	69	83

Diskussion

En av hypoteserna inför start av projektet var att det finns ett starkt samband med modermaterial till jordarterna och förekomst av höga Mo-halter i växter. Resultaten från undersökningen visar klart att så är fallet. I de områden med främst bergarter från kambriosilurtiden är förekomsten av höga Mo-halter i grödan mer frekvent förekommande. Dessa bergarter innehåller bland annat alunskiffer som är rikt på Mo. Det finns även andra områden i landet, exempel vissa områden i Bohuslän som ligger på berggrund med granit, som även den i vissa fall kan innehålla höga halter Mo. Både SGU's "Mark och Biogeokemikartor" och SLU's karta över "Tillståndet i svensk åkermark" visar på likande resultat. Det finns ett tydligt/signifikant samband mellan höga markvärden och höga halter som fanns grönmassa prover. Ett något bättre samband visade SGU's markgeokemikarta än SGU's biogeokemikarta med växtanalyserna.

I de områden där det är vanligt med höga halter av Mo i grovfodret så blir i många fall kvoten Cu/Mo för låg, även om inte halterna är alarmerande höga av Mo. Detta visar även resultaten från de prover som klipptes i riskområden i Västergötland, Östergötland och Närke under 2008. Halterna av Mo var i den undersökningen inte speciellt höga men vid beräkning av kvoten var det betydligt fler av prover som hamnade på fel sida om gränsvärdet. De låga halterna 2008 kan förklaras av att det var en torr försommar och att upptaget av mineralämnen i plantan därmed försvårades.

Områden med hög risk för höga halter av Mo kunde identifieras med hjälp av SGUs markgeokemiska karta. För att beskriva fördelningen av höga Mo-halter inom sådana hög riskområden testades den sk Mullvaden. Det visat sig att Mullvaden fungerar utmärkt för att

upptäck fältdelar med höga halter Mo åtmisntone på jordtyper av kambrosilur ursprung. Sambandet mellan Mo-halt i jord och sensor utslag i Mullvaden var mycket bra. Eftersom det bästa sambandet var mot uran så indikerar det att det är alunskiffern som bidrar till sambandet. Det är däremot inte självklart att ett högt värde i mark alltid ger ett högt värde i grödan. Detta eftersom växttillgänglighet hos molybdenets är beroende av flera faktorer som pH, svaveltillgång, fosfor halt i mark och mullhalt... Vid de låga förekomsterna av Mo på den sedimentära lera på Bjertorp var det inte möjligt att använda mullvaden för kvantifieringar av Mo.

Det upplevs bland lantbrukare och rådgivare/veterinärer som att problemet med sekundär Cu-brist har ökat på senare år. En av förklaring till detta kan vara att svavelnedfallet minskat. Det tredje delprojektet visar klart att svavelgödsling sänker Mo-halten i grödan. Den visar också att det är större risk med höga Mo-halter i 2:a skörden. Sänkningen av Mo-halterna är också större i 2:a skörden.

Resultatet av blodanalyserna på nötkreaturen visar också klart på en koppling mellan gårdarnas Mo halter i fodret och nivåerna i blodproven. Den gård, Kotarp, som har lägst halter i mark och gröda, har också lägst halter i djuren. Högst värden har granngården Pickagården, till en av försöksgårdarna, Ingfredsgården. En möjlig förklaring till de höga värdena är att gården sedan många år drivs ekologiskt. I princip allt foder produceras på gården. Det tillförs inte något svavel till grödorna förutom det som finns i stallgödseln. Vid konventionell drift och handelsgödsel så blir det automatiskt en tillförsel av svavel eftersom i princip all handelsgödsel innehåller en viss mängd svavel. Det har förekommit tveksamhet från husdjursrådgivningen till att gödsla med svavel. Svavel ingår i komplexet svavel-koppar-molybden i vommen vilket skulle kunna ge en ökad risk för kopparbrist vid svavelgödsling. I denna undersökning är emellertid variationerna svavelhalt i grödan mellan platser större än gödslingseffekterna av svavel. Det var också en tendens till högre svavelhalter i 2:a skörd o gödslad än i 1:a skörd gödslad. Sammantaget visar detta att oron för en höjning av svavelhalten kanske är obefogad eftersom effekten av sänkningen av Mo-halterna kan betyda mer. De höga halterna av Mo i blod från nötkreatur på gårdar i ett riskområde understryker behovet åtgärder och variationen inom enskilda fält nyttan av fältviskartering för att optimera skyddande åtgärder.

Övrig resultatförmedling till näringen

Medverkan på träff med Skånesemin, juni 2008. Medverkan på HIR konferens, okt 2009. Medverkan på NJF seminarium nov 2010: 2011 Medverkan på Regionalt Försöksmöte Uddevalla, jan 2011. Medverkan på seminarium Ultuna april 2011, Accepterat som poster på ECPA konferens i Prag, juli 2011. Presenteras i Svenska Vallbrev juli 2011
Resultaten har också förmedlats i HIR brev i Skaraborg och Östergötland och som artikel i HS tidning

Acknowledgment

Planering och upplägg av fältförsöken har skett i samarbete med Fältforskningsenheten, SLU. Arbetet med hantering av Mullvadsdata och kartmaterial i samverkan leverantören av "The Mole", Henrik Stadig, HS och Mats Söderström, SLU. Statistisk bearbetning har gjorts med hjälp av Ingemar Gruvaeus, SWSeed och Maria Stenberg, SLU. Hjälp med planering och utförande av projektet av Anders Jonsson, SLU.

Referenser

SJV, 2011. Riktlinjer för gödsling och kalkning 2011. Jordbruksinformation 17-2010. Jordbruksverket, Jönköping, p 82.
Alloway, B.J., 1990. Heavy metals in soil. Blackie and sons Ltd. 291-298.

- Axelsson, U., 2001. Svavel till vall och molybdenhalt i grovfoder. Rapport till VL-Stiftelsen nr: 98356. 15 pp.
- Blood, D.C., Henderson, J.A. & Radostits, O.M., 1981. Diseases caused by deficiencies of mineral nutrients. *Veterinary Medicine*, 868-880.
- Boila, R.J., Devlin, T.J. Drysdale, R.A. & Lillie, L.E., 1984. The severity of hypocupremia in selected herds of beef cattle in northwestern Manitoba. *Canadian Journal of Animal Science* 64, 919-936.
- Burrough, P.A. & McDonnell, R.A. 1998. Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, Oxford, 333 p.
- Delin, S. & Söderström, M., 2003. Performance of different methods for mapping soil data from a small dataset using soil electrical conductivity as an ancillary variable. Proceedings of the 6th International Conference on Precision Agriculture and Other Precision Resources Management, Minneapolis, MN, USA, 14-17 July, 2002. pp. 890-897.
- Egmond van, F.M., Loonstra, E.H., & Limburg, J., 2010. Gamma-ray sensor for topsoil mapping; the Mole. *Proximal Soil Science*, Volume 1, 323-332.
- Eriksson, J., Andersson, A. & Andersson, R., 1997. Tillståndet i svensk åkermark. Naturvårdsverket. Rapport 4778.
- Eriksson, J., Andersson, A. & Andersson, R., 2010. Tillståndet i svensk åkermark. Naturvårdsverket. Rapport 6349.
- Frank, A., 1988. Spårelementens betydelse för djurhälsan i allmänhet och nöthälsan i synnerhet. *SVA Vet, Informationsblad för veterinärer*, Nr 3, 8.
- Frank, A., 1989. Några spår- och mineralämnen. För litet-för mycket. Effekter. I: Hammarberg, K. , (ed.), *Fårhälsovård och fårsjukdomar*, 51-58. Sveriges Veterinärmedicinska sällskap och Lantbruksstyrelsen
- Frank, A., Pettersson, L., Jacobsson, S.-O. , Rudby-Martin, L & Schwan, O., 1988. Diagnostik genom kemisk analys av organprover. *Svensk Veterinärtidning*, 40, 5, 262-265.
- Fällman, A., 1997. Svavel blir livlina på Rogestorp, Lantmannen. Nr 4, p. 20.
- Gardner, W. C., Broersma, K., Popp, J. D., Mir, Z., Mir, P.S. and Buckley, W.T., 2003. Copper and health status of cattle grazing high-molybdenum forage from reclaimed mine tailing site. *Canadian Journal of Animal Science* 83 (3) , 479-485.
- Johansen, C. Kerridge, P.C. & Sultana, A., 1997. Response of forage legumes and grasses to molybdenum. *Molybdenum in Agriculture*. Cambridge University Press. pp. 202-228.
- Kaiser, B.N. Kate, L. Gridley, Joanne Ngarire Brady. Phillip, T. Thyerman, S.D et.al., 2005. The role of Molybdeneum in agricultural plant production. *Annals of Botany* 96, 745-754.
- Karlsson, N., 1961. Om molybden i svensk vegetation och mark samt några därmed sammanhängande frågor. Almqvist och Wiksell. Boktryckeri Uppsala.
- Lax, K. & Selenius, O., 2005. Geochemical mapping at Geological Survey of Sweden. *Geochemistry: Exploration Environment, Analysis*, Vol. 5, 337-346.
- Lenmø, E., 2006. Växternas upptag av spårämnen från rödfyr- ett odlingsförsök vid tre rödfyrshögar i Västra Götalands län. Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för markvetenskap, Rapport 3
- Lunden, A. , Lindqvist, Å. & Frank, A., 1988. Kobolt och kopparnivåer hos slaktlamm. *Svensk veterinärtidning* , 266-272

- Majak, W. , Steinke, D. , McGillivray, J. and Lysyk, t., 2004. Klinikal signs in cattle grazing high molybdiuim forage, *Journal of Range Management* 57(3), 269-274.
- Majak, W. Steinke, D. Lysyk, T. Ogilvie, K. McGillivray, J., 2006. Efficaincy of copper supplementation in the prevention of molybdenosis in cattle. *Rangeland Ecology & Management* 59 (3), 285-292.
- Olsson, A-C., 2007. Everöd har problem med kopparbrist. *Husjur*, Nr 1, 14-15.
- Reddy, K.J., Munn, L.C., Wang, L., 1997. Chemistry and Mineralogy of Molybdenum in soils. In *Molybdenum in Agriculture*. Cambridge University Press. pp. 4-22.
- Rosenbaum M. S. & Söderström M., 1996. Cokriging of Heavy Metals as an chemical Mapping. *ACTA Agriculturae Scandinavica, Section B: Soil and Plant Sciences*, 46, 1-8.
- Steffl. M , Leberl. P , Schenkel. H. & Werner. M.A., 2009. Eisenbedingter Kupfermangel in einer Milchviehherde. *Tierärztl. Umschau* 64, 432-437.
- Söderström M. & Eriksson J. E., 1996. Cadmium in Soil and Winter Wheat Grain in Southern Sweden. II. Geographical Distribution and its Relation to Substratum. *ACTA Agriculturae Scandinavica, Section B: Soil and Plant Sci.*, 46, 249-257.
- Söderström, M. & Eriksson, J., 2010. Gamma-ray sensing for cadmium risk assessment in agricultural soil and grain – a case study in southeastern Sweden. In: Viscarra Rossel, R.A et al. (eds.). *Proximal Soil Sensing, Progress in Soil Science I*, Springe Science+Business Media B.V, 333-342.
- Söderström, M., Gruvaeus, I. & Wijkmark, L., 2008. Gammastrålningsmätning för detaljerad kartering av jordarter inom fält. *Precisionsodling Sverige, POS Teknisk rapport 11*. Institutionen för mark och miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet. 30 pp.
- Triantafilis, J., & Lesch, S.M., 2005. Mapping clay content variation using electromagnetic induction techniques. *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 46, 203-237.
- Umesh, C.G.,1997. Soil and plant factors affecting molybdenium uptake by Plants. *Molybdenum in Agriculture*. Cambridge University Press. pp. 71-91
- Umesh, C, G., 1997. Deficient, sufficient, and toxic concentrations of molybdenium in crops. *Molybdenum in Agriculture*. Cambridge University Press. pp. 150-159
- Walpole, R.E., Myers, R. H., Myers, S. L., Ye, K. E., 2011. *Probability and Statistics for Engineers and Scientists (9th ed.)*. International Edition. Pearson Education, Upper Saddle River, New Jersey, USA. 816