

## Inverkan av kalkning på upptag av växtnäring i sockerbetor

Av Anita Gunnarsson Hushållningssällskapet i Kristianstad  
([anita.gunnarsson@hushallningssallskapet.se](mailto:anita.gunnarsson@hushallningssallskapet.se)) och Åsa Olsson, Nordic Beet Research  
([ao@nordicbeetresearch.nu](mailto:ao@nordicbeetresearch.nu))

### Bakgrund

Under 2007 och 2008 har ett antal problemfält med dålig tillväxt av sockerbetor undersökts vid SBU/NBR. I samtliga fall har det konstaterats att fälten har något för lågt pH men framförallt mycket låg koncentration av lösligt kalcium (Ca-AL-extraktion) med värden som ofta ligger under det tröskelvärde på 250 mg Ca/100 g jord som tagits fram i en tidigare undersökning vid SBU ("Åtgärder mot jordburna svampar i sockerbetor under odling och lagring"; Persson och Olsson, 2007). Dessa fält har på nytt satt fokus på betydelsen av kalk och kalkning på olika jordar, framförallt sedan några av problemfälten varit belägna på bra sockerbetsjordar i område med kalkrik berggrund och hög basmättnadsgrad.

Hösten 2009 beviljades NBR anslag för projektet "Inverkan av kalkning på skörd och kvalitet i sockerbetor genom dess effekt på markkemi och bördighet" (proj. nr H0844105). Målsättningen med detta projekt var att belysa följande områden som gäller kalkning och tillförsel av kalcium:

1. Möjligheten att höja mängden lösligt kalcium (Ca-AL), ledningstal och pH i odlingsområdets olika jordtyper med från början bra förutsättningar för betodling.
2. Förändringar i skörd och markkemi som sker kortsiktigt under tre år efter kalkning.
3. Vilka givor och kalkmedel behöver användas för att få ett Ca-AL-värde över 250 mg/100 g jord?
4. Påverkan på rotbrandssvampar som *Aphanomyces* och *Fusarium* samt Rhizomania-vektorn *Polymyxa betae* av tillförsel av kalcium.
5. Kan kalkning vid ett tillfälle med stor mängd kalk ge samma kalkningseffekt som upprepade lägre givor?
6. Potentialen för kalkning för att höja sockerskördarna på dessa olika jordtyper i nuläget och utifrån ett ekonomiskt perspektiv.

Detta projekt finns, förutom det som berör växtnäringanalyserna, redovisat i en slutrapport till SLF (Olsson och Persson 2013).

Särskilda villkor för projekt nr H0844105 var att studera även växtnäringsspekter i sockerbetorna. Tanken var att analyserna skulle ge möjlighet att tolka effekten av kalkning på olika jordtyper inte bara ur markkemiskt perspektiv utan även för påverkan på plantans upptag av växtnäring och effekten på sockerskörd. NBR beviljades medel för analyskostnaden men inte till det utökade arbetet med bearbetning och tolkning av växtnäringanalyserna. NBR har därför satt in egna resurser för en inledande bearbetning. Projektet med SLFs projektnummer H1044072 slutrapporteras härmed.

### Inledning

Odlingsjordens grundförutsättningar när det gäller sundhet, näringstillgång och struktur är av största vikt för att optimera skörden av alla grödor i växtföljden. Detta är inget undantag när det gäller sockerbetor och i detta sammanhang har en återkommande tillförsel av kalk en stor betydelse. Man upptäckte tidigt att en tillförsel av kalkrik jord från alven (märgel) till den urlakade matjorden kunde förbättra skörden. I början av 1900-talet började man använda

kalkmedel som krossad eller mald kalksten och också bränd eller släckt kalk. Trots detta har nyttan ibland ifrågasatts, delvis beroende på varierande resultat från försök.

Alla högre växter kräver ett flertal essentiella oorganiska näringsämnen för tillväxt och metaboliska processer (Rice, 2007). Upptagningen av dessa ämnen påverkas starkt av pH i marken. Vid högre pH-värden kan upptagningen av bl a bor och mangan försvåras (Eriksson *et al.* 2005) och i vissa försök även zink (Christenson *et al.*, 2000; Kowalenko *et al.*, 2010). I försök med sockerbrukskalk utförda i Michigan av Christenson *et al.* (2000) kunde man emellertid tillföra upp till 5 ton/ha vart tredje år till alkaliska jordar utan att skörden påverkades negativt. Men vid högre tillförsel av sockerbrukskalk (30 ton/ha) kan sockerhalten påverkas negativt, amino-N-innehållet höjas och innehållet av zink, bor och mangan i plantorna sjunka (Antunovic, 2008). Resultaten från flera projekt genomförda av NBR pekar alla på vikten av att bibehålla ett högt pH för att få en bra tillväxt hos sockerbetan (Berglund *et al.*, 2002).

Effekten av kalkning under svenska förhållanden har studerats i några långliggande kalkförsök. I ett av dessa (Permanent kalkningsförsöken, R3-1002), som pågick 1963–1991 och på sju platser, uppvisade betor i genomsnitt en skördeökning på 15 % vid en uppkalkning till 70 % basmättnad jämfört med okalkat, och 40 % skördeökning vid kalkning till 100 % basmättnad (Siman, 1997). Även stråsäd gav en skördeökning i dessa försök vid båda behandlingarna. I en annan försöksserie undersöktes effekten av kalkning av 28 jordar med kalkbehov runt om i Sverige under en sjuårsperiod (Markkemiska studier-kalktillstånd, R3-1037). Här gav en uppkalkning med kalkstensmjöl till 55, 70 och 100 % basmättnad en skördeökning i stråsäd med i genomsnitt 2,4 respektive 5 %. Men resultaten varierade mycket och på vissa platser gav kalkningen en skördeminskning. Vid en närmare granskning kunde den negativa påverkan till viss del tillskrivas minskad tillgänglighet av växtnärsämnen som fosfor, men också mikroämnen som mangan, koppar, bor och zink; detta gällde i huvudsak lätta jordar med hög mullhalt (Haak och Siman, 1992; Hylander, 1995; Siman, 1997). Denna serie kunde också visa att årsmånsvariationerna i kalkeffekt var mycket stor och att effekterna var något större i vårsådda än i höstsådda grödor. Kalkningen gav i genomsnitt ett merutbyte på 5–10 % i vårsådda grödor. Försöken visade också att mängden lättlösligt kalcium (Ca-AL) höjdes vid en uppkalkning till 70 och 100 % basmättnadsgrad (Haak och Siman, 1992). Ca-AL-värdet höjdes i många fall över 250 mg/100 g jord redan vid en basmättnadsgrad på 70 %, men variationerna var stora mellan olika jordar. Vissa jordar med ett lågt Ca-AL-värde från början fick trots 100 % basmättnadsgrad endast en mindre ökning i Ca-AL-värde, men detta var företrädesvis i lättare jordar. Bjärrödförsöken med kalkning och uppgödsling av en jord som inte tidigare hade fått mineralgödsel eller kalk i någon nämnvärd omfattning, visade på stor respons i sockerskörd efter både kalkning och gödsling (Gesslein, 2001). Kalkning bättrade på effekten av gödsling i jorden som var i extremt dåligt skick (Hyltén-Cavallius, 1997). Valet av kalkmedel styrs av vilken effekt man vill ha men också av ekonomiska grunder. Kalkstensmjöl ( $\text{CaCO}_3$ ; 42–52 % CaO) är ett mildt kalkmedel som lättast går i lösning vid pH <6. Vid högre pH går det långsammare och övre gränsen är pH 8,1 (Eriksson m.fl., 2005). För att få struktureffekter på lerjord används bränd kalk (CaO; 70–90 % CaO) eller släckt kalk ( $\text{Ca(OH)}_2$ ; 55–70 % CaO) och då kan pH temporärt stiga till 10–11. Sockerbrukskalk ( $\text{CaCO}_3$ ; 20–25 % CaO) innehåller även kväve och fosfor vilket är positivt för grödan (Berglund *et al.*, 2002).

Målsättningarna med detta växtnärsprojekt i sockerbetor var att:

1. Mäta effekten av kalkning på upptagning av växtnärsämnen i sockerbetor.
2. Dra slutsatser om samband mellan växtnärsupptag och effekten av kalkning på sockerskörden.

## Material och metoder

### **Basprojektet (proj. nr H0844105)**

I de tidigare SLF-projekteten ”Åtgärder mot jordburna svampar i sockerbetor under odling och lagring” (Persson och Olsson, 2007) och ”Odlingssystemets inverkan på svamp- och nematodangrepp i sockerbetor” (Persson och Olsson, 2008) har totalt 210 jordar studerats. Bland annat har katjonbyteskapaciteten (CEC), kornstorleksfördelning och organiskt kol analyserats kompletterat med röntgenanalyser av lermineralogin på en del av dessa. Även basmättnadsgraden finns för dessa platser. Under åren 2010-2012 valdes ca 20 av dessa platser ut, som var planerade att sås med sockerbetor. På var och en av dessa jordar lades provytor ut med två olika kalkmedel: sockerbrukskalk (s-kalk; 16 ton/ha motsvarande 4 ton CaO), kalkstensmjöl (k-mjöl; 8 ton/ha motsvarande 4 ton CaO) samt ett obehandlat kontrollad. Utöver kalkverkan innehåller s-kalk till skillnad från k-mjöl även annan näring (kg/ton med 67 % ts): 4,0 N; 6,3 P 0,5 K; 7,5 Mg och Na 0,1 (Nordic Sugar, 2010). Tillgängligheten av kvävet året efter kalkning brukar uppskattas till ca 1 kg/ha (personligt meddelande: Ola Christiansson, Nordic Sugar). Kalkstensmjölet innehåller 0,3-0,4 % Mg (Nordkalk, 2013).

Varje kalkad provyta var ca 24 x 20 m. På ett urval av platserna lades också kalkstegar ut med olika givor s-kalk och k-mjöl om t.ex. 2, 4, 6, och 8 ton CaO/ha. Utläggningen av kalk gjordes på hösten året innan betorna. Varje vår gjordes sedan en uppföljning av markkemiska parametrar i var och en av de tre rutorna på varje plats samt i kalkstegarna bl.a. pH, Ca-AL, K-AL, Mg-AL, P-AL (Analyspaket 1, Eurofins). De år då det var betor på fältet skördades två skörderutor inom varje provyta och i kalkstegarna. Även uppföljning av sjukdomsindex i jordtest i växthus och i fält gjordes årligen. Samtliga dessa försöksåtgärder omfattas av projektet ”Inverkan av kalkning på skörd och kvalitet i sockerbetor genom dess effekt på markkemi och bördighet” (proj nr H0844105).

### **Tilläggsprojektet med kompletterande växtnäringanalyser (proj.nr H1044072)**

Strax efter uppkomsten av betorna samlas plantor in för analys av växtnäringssinnehåll. Utförandet skedde enligt följande: ovanjordisk biomassa bestämdes på fem plantor i fyra rader fördelade över rutan, totalt 20 plantor. Plantorna skulle ha utvecklat fjärde örtbladet (BBCH 14). Plantor plockades inte i hjulspår där jorden var packad och jord fick inte förekomma i plantmaterialet. Plantorna behandlades enligt följande: 1. Blasten klipptes av. 2. Blasten vägdes rutvis och stoppades i förinvägda påsar. 3. Påsarna torkades i 70°C i tre dygn och vägdes sedan ut. Därefter skickas de till Eurofins för analys av: kväve enligt Dumas/Leco; kalcium, kalium, magnesium, natrium, fosfor, svavel, aluminium, bor, koppar, järn, mangan, zink i växtdelar med ICP-OES efter våtuppslutning med HNO<sub>3</sub> enligt NMKL (1998).

### **Dataset och statistiska analyser**

Den statistiska analysen, som redovisas här, med avseende på växtnäringshalten i 4-örtbladsstadiet, baseras på de försöksfält där kontrollad (okalkat) kunde utnyttjas och där s-kalk och/eller k-mjöl ingår med givan 16 respektive 8 ton/ha:

1=Okalkat

2= 16 ton sockerbrukskalk (s-kalk)

3= 8 ton kalkstensmjöl (k-mjöl)

Det gav totalt 151 observationer (n) (alla platser borttagna där skörd saknades i kontrolleret; i något fall där bara något av led 2 eller 3 saknade sockerskörd behölls platsen – därav ett antal som inte är jämt delbart med 3).

Växtnäringshalt analyserades för ledskillnader med variansanalys. Samband mellan näringshalter i de unga plantorna och kalkningens effekt på slutskörden undersöktes med korrelationsanalys (Pearson). För att försöka fånga in den komplexa samverkan mellan alla de analyserade näringsämnen användes den multivariata statistiska metoden PLS (Minitab 16). För bestämning av antalet optimala komponenter för PLS-modellen användes korsvalideringsmetoden "leave-one-out". All statistisk bearbetning är baserad på s.k. log-ratio av halterna såsom förespråkas och motiveras av Parent and Dafir (1992) och handfast beskrivs av Khiari *et al.* (2001). Vid beräkningen kompletterar man inledningsvis de halter man har tillgängliga på varje prov med ett "fyllnadsvärde" (R) som motsvarar halten av "resten" i växten. Om t ex summan av halten av alla de näringsämnen man analyserar blir 12 % så blir  $R = 100 - 12 = 88$  %. Bakgrunden till detta förfarande beskrivs av Parent and Dafir (1992). I vårt fall analyserade vi 13 näringsämnen. Vi använder oss därför av benämningen  $R_{13}$  för det fyllnadsvärde vi beräknat.

Analysen, av vad som förklarar skörderesponsen för kalk, gjordes med hjälp av växtnäringshalter i okalkade rutor. I PLS-analysen användes därför relativskörd till okalkat led som respons och näringshalterna (omräknade till log-ratio; betecknas med V före den kemiska förkortningen för ämnet) i okalkade led som förklarande variabler. Tanken bakom detta förfarande var att vi sökte efter indikatorer från växtanalyser i okalkade fält som skulle göra det möjligt att förutse om man kan förvänta sig skördeökning för kalkning.

Därtill gjordes även variansanalys för materialet med indelning i tre grupper: Grupp 1 = < 97,5, grupp 2 = mellan 97,5 och 102,5; grupp 3 > 102,5. Av de kalkade rutorna hamnade, i medeltal för de två kalkslagen, 22 % i grupp 1, 36 % i grupp 2 och 41 % i grupp 3 (Tabell 1).

## Resultat och diskussion

### Variansanalys

I de ca 50 fälten ökade sockerskörden för 16 ton s-kalk eller 8 ton k-mjöl med 3 respektive 2 % (Tabell 1). Spridningen i respons varierade från en 16 procentig skördesänkning till en 21 procentig skördeökning.

Tabell 1. Sockerskörd i de 3 studerade leden samt antal och andel av rutorna som hamnade i respektive grupp vid gruppindelning efter relativ skörderespons till okalkat. Värden, inom kolumner, följda av olika bokstäver är statistiskt skilda åt på 5 %-nivån (enligt Tukey's test).

Led	Kalk. medel	Giva ton/ha	Socker ton/ha	Rel.tal	Gruppering efter relativskörd			Spridning, rel..tal	
					LÅG = < 97,5 Antal (andel)	MEDEL = 97,5-102,5 Antal (andel)	HÖG = > 102,5 Antal (andel)	MIN	MAX
1	Okalkat	0	13.16 b	100					
2	S-kalk	16	13.37ab	102	12 (24 %)	20 (41 %)	17 (35 %)	91	120
3	K-mjöl	8	13.50 a	103	10 (20 %)	16 (32 %)	24 (48 %)	84	121
	$R^2$		94,1						
	CV		4,5						
	LSD 5%		0,2						
	Prob.		0,0099						

I kalkade led, oavsett kalkningsmedel, var borhalten i betplantorna lägre än i okalkat led (tabell 2 och 3). Detta var väntat eftersom det är ett välkänt faktum att borens tillgänglighet försämras av kalkning (Antunovic, 2008, Eriksson *et al.*, 2005).

I s-kalkade led var Mg-halten högre och K-halten lägre än i okalkat och k-mjöl kalkat led. Med tanke på att 16 ton s-kalk innehåller 120 kg Mg medan 8 ton k-mjöl bara innehåller 25-30 kg Mg är den högre Mg-halten i s-kalkade plantor rimlig. Däremot är det svårare att förklara varför K-halten var lägre i s-brukskalkat led. Jämfört med okalkat skulle det kunna förklaras av att K konkurrerats ut av Ca och Mg-jonerna. I jämförelse med k-mjölslidet är skillnaden i Ca-tillförsel marginell vilket skulle tyda på att det framför allt är Mg som konkurrerat med K vid upptaget i växten. Analysen av Mg-AL och K-AL i jorden visade att kalkning med s-kalk ledde till högre Mg-AL vilket var förväntat men också till lägre K-AL och därmed en låg K/Mg-kvot (= 1,0) (Olsson och Persson, 2013). Kalkning med k-mjöl ledde inte till lägre K-AL och därmed till en högre K/Mg-kvot (= 1,3 vilket var samma i både okalkat och kalkning med k-mjöl). Växternas förmåga att ta upp Mg påverkas framförallt av proportionen  $K^+$  och  $Mg^{2+}$  (Eriksson *et al.*, 2005). Om kvoten överstiger två försvåras växternas upptag av Mg. Det är möjligt att plantorna i ledet med s-kalk hade lättare för att ta upp Mg p g a den lägre K/Mg-kvoten. Na är ett ämne som i högre grad än Mg skulle kunna konkurrerar med K, men den lilla mängden Na som tillfördes med s-kalken (1,6 kg/ha) torde inte förklara ett signifikant försämrat K-upptag.

Mn-halten (log-ratio) var, som väntat, signifikant lägre i s-kalkledet än i okalkat och halten i k-mjölslidet intog en mellanställning.

Det fanns ingen signifikant skillnad mellan leden i Zn- eller P-halt trots att växttillgängligheten av dessa ämnen liksom av Mn brukar försämras vid ökande pH.

Tabell 2. Växtnäringshalter, 2010-2012.

Led	% av torrsubstansen									mg per gram torrsubstans					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	R13	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
1	Okalkat	5,15	0,57	5,2a	2,45	0,75b	0,37	2,53	82,8	504	32a	11	533	78	57
2	S-kalk	5,18	0,59	4,9b	2,50	0,80a	0,37	2,68	82,8	564	30b	11	589	69	55
3	K-mjöl	5,23	0,57	5,2a	2,50	0,74b	0,37	2,37	82,9	542	30b	11	584	72	57
	R2	78	91	92	93	91	84	79	83	79	90	84	69	92	89
	Prob.	0.3	0.63	0.012	0.239	0.001	0.095	0.66	0.945	0.223	0.000	0.988	0.372	0.071	0.289

Tabell 3. Växtnäring, logratio, 2010-2012. (Log-ratio betecknas med V före den kemiska förkortningen för ämnet)

Led	VN	VP	VK	VCa	VMg	VS	VNa	VR13	VAl	VB	VCu	VFe	VMn	VZn	
1	Okalkat	3,19	0,96	3,15	2,42	1,23	0,54	2,24	5,97	-1,56	-4,20	-5,30	-1,48	-3,51	-3,65
2	S-kalk	3,19	0,99	3,10	2,44	1,29	0,56	2,34	5,97	-1,52	-4,29	-5,30	-1,45	-3,65	-3,68
3	K-mjöl	3,22	0,97	3,17	2,46	1,24	0,56	2,02	5,98	-1,49	-4,25	-5,28	-1,39	-3,58	-3,64
	R <sup>2</sup>	82	91	91	89	92	83	71	83	90	86	76	83	92	86
	CV	2,7	10,1	3,9	4,6	8,4	15,3	31,9	1,4	-14,1	-2,4	-2,0	-16,9	-5,6	-2,7
	LSD 5%	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,27	0,03	0,08	0,04	0,04	0,09	0,08	0,04
	Prob.	0,162	0,213	0,012	0,188	0,010	0,351	0,081	0,450	0,208	0,000	0,409	0,197	0,003	0,123

### Korrelationsanalys (Pearson)

Det fanns en negativ korrelation (dvs. linjärt samband) mellan relativtal för kalkning och skörd i okalkat led (Tabell 4). Det var alltså större sannolikhet för skördeökning om skörden i okalkat var låg.

Det fanns vidare en positiv korrelation mellan höga relativtal för kalkat (båda kalkmedlen i samma analys) och N, Ca, och S-halt. Den positiva korrelationen mellan relativtal och N, Ca och S fanns också när testet bara gjordes för relativskördar i s-kalkat led.

Det fanns också en negativ korrelation mellan höga relativtal för kalkat (båda kalkmedlen i samma analys) och Mn-halt. Den negativa korrelationen för Mn fanns också när testet bara gjordes för relativskördar i k-mjöl-kalkat led.

Med den använda rutinen med ett fyllnadsvärde ( $R_{13}$ ) och log-ratio-beräkningar blir näringsämnenas log-ratio signifikant korrelerade med varandra. Positivt korrelerad med log-ratio för N var P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, B och  $R_{13}$  (visas ej). Negativt korrelerad med log-ratio för N var Na, Mn, Fe och Al (visas ej).

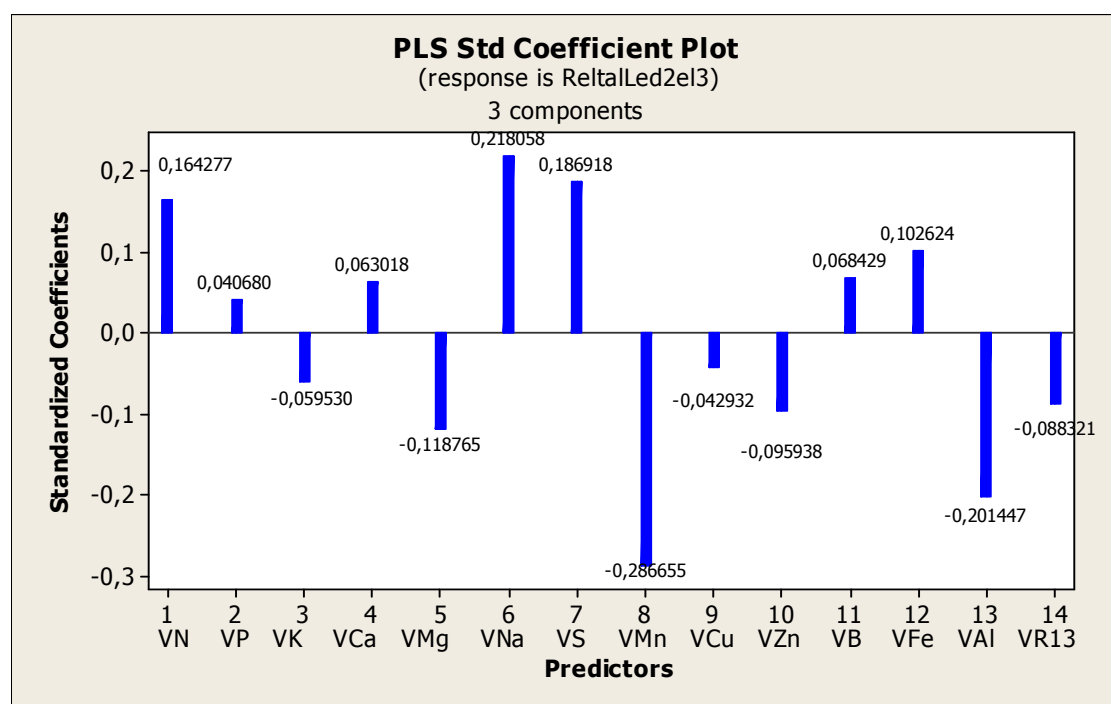
I s-kalkade led visade variansanalys på signifikant högre N och S-halt (log-ratio) i gruppen med hög relativskörd (visas ej). I k-mjöl-kalkade led fanns inga signifikanta skillnader med avseende på näringshalterna (log-ratio) (visas ej).

Tabell 4. Inbördes korrelationer mellan växtnäringshalter (i s.k. log-ratio-form) och sockerskörd i led 1 (okalkad kontroll) och relativskörd till okalkat i led 2 (s-kalk; 49 n) respektive led 3 (k-mjöl; 50 n) samt en korrelationsanalys där både relativtalen från led 2 och 3 ingick samtidigt (99 n). (Pearson correlation). Övre siffran = korrelations-koefficient ( $r_{xy}$ ), nedre siffran = p-värde. p-värde < 0,05 är färgmarkerade. (Log-ratio betecknas med V före den kemiska förkortningen för ämnet)

Variabel	Variabel			
	Sockerskörd	Rel. tal led 2 S-kalk	Rel. tal led 3 K-mjöl	Rel. tal led 2 & 3 Båda kalkmedlen
Rel. tal led 2	-0.368 0.009			
Rel. tal led 3	-0.376 0.007	0.592 0.000		
Rel. tal led 2 & 3	-0.368 0,000			
VN		0.388 0.006	0.106 0.462	0,230 0,022
VP		0.297 0.038	0.048 0.741	0,159 0,117
VK		-0.055 0.708	-0.096 0.507	-0,081 0,426
VCa		0.368 0.009	0.175 0.224	0,260 0,009
VMg		0.057 0.698	-0.077 0.593	-0,019 0,849
VNa		-0.14 0.338	0.118 0.414	0,004 0,965
VS		0.405 0.004	0.163 0.258	0,269 0,007
VMn		-0.06 0.681	-0.339 0.016	-0,211 0,036
VCu		0.089 0.541	0.018 0.901	0,045 0,660
VZn		0.070 0.631	0.04 0.782	0,053 0,604
VB		0.068 0.642	0.041 0.779	0,050 0,623
VFe		-0.179 0.219	0.055 0.703	-0,049 0,631
VAl		-0.263 0.068	-0.060 0.679	-0,150 0,139
VR13		0.197 0.174	0.060 0.677	0,120 0,237

**PLS-analys**

Vid en PLS-analys med växtnäringshalter (log-ratio) i okalkade led som förklarande variabler och relativskörd i både led 2 och 3 som beroende variabler, förklarades 19 % av variationen av axel 1 t o m 3. Analysen angav att 3 axlar var optimalt. De näringsämnen som var viktigast var Mn-, Na+, Al-, S+, N+, Mg - (ämnena nämnda i ordning efter dess betydelse i modellen; + efter ämnet betyder att hög halt gav högt relativtal och – efter ämnet betyder att låg halt gav högt relativtal) (Figur 1). Den låga förklaringsgraden för PLS-modellen (19 %) är inte oväntad eftersom näringshalterna bestäms på plantor i 4-bladstadiet. Självklart hinner mycket att hända fram till skörd.



Figur 1. PLS för relativskörd i alla kalkade rutor (d v s led 2 = s-kalk och led 3=k-mjöl) och växtnäringshalt i kontrolledet (led 1 = okalkat). Antalet optimala komponenter med metoden one-left out var 3.  $R^2$  för komponent 1 0,09, för 1 och 2: 0,16 och  $R^2$  inkl. komponent 3: 0,19.

PLS analys gjordes även på behandlingen s-kalk och k-mjöl var för sig (ej visad). Gemensamma nämnare för PLS-analysen med alla observationerna i samma körning respektive analys enbart grundad på s-kalkade ytor, var att hög N och S-halt men låg Al pekade mot hög relativskörd i båda modellerna.

PLS-analys med alla observationerna i samma körning respektive analys enbart grundad på k-mjölskalkade ytor var entydiga mot att hög Na och S-halt men låg Mn, Al och Mg-halt pekade mot hög relativskörd.

Det är märkligt att både den enkla korrelationsanalysen och PLS visar att låg Mn-halt i okalkade led skulle hänga samman med god respons på kalk. Man kan tänka sig att låg Mn-halt i det aktuella stadiet snarast indikerade att plantorna var i god tillväxt. Mn-halterna på 60-70 ppm (Tabell 2) är relativt höga (norm 26-360 ppm).

Det var också förvånande att Na föll ut som andra viktigaste parametern med positiv coefficient (Figur 1) trots att korrelationsanalysen visade på signifikant negativ korrelation.

Hög halt av N och S som indikator för god kalkrespons återkommer både i PLS och korrelationstestet. Om N och S-halten var hög kunde växten uppenbarligen fullt ut utnyttja

andra fördelar som gavs av kalkningen. Att både hög S och hög N-halt verkade viktiga såväl utifrån korrelationstest som från PLS-analys kan förklaras av att N-funktionen störs om S inte finns tillgängligt i växten i tillräcklig mängd.

### **Möjlighet till fördjupning**

För att ytterligare fördjupa förståelsen kring var kalk kan förväntas öka respektive minska skörden finns det mycket mer man skulle kunna göra t ex

- köra om PLS-modellen med färre näringsämnen – bara välja ut de som tycks ha störst betydelse
- göra en modell där man kombinerar de viktigaste markparametrarna med de viktigaste växtnärsämnena
- göra en fördjupande bearbetning med hjälp av s.k. Compositional Nutrient Diagnosis (enl. Parent och Dafir 1992) för att se vilka näringsämnen som faktiskt varit begränsande i de olika provytorna

### **Slutsatser**

Spridningen i kalkrespons för ca 4 ton CaO varierade från minus16 till plus 21 %. Om skörden i okalkat var låg var sannolikheten för skördeökning efter kalkning hög. Om bladanalys i 4-örtbladstadiet i okalkad jord visar på en kombination av god N och S-halt och låg Mn och Al-halt verkar oddsen för god respons av kalk vara högst.

### **Referenser**

- Antunovic, Manda. 2008. Liming influences on maize and sugar beet yield and nutritional status. *Cereal Research Communications* Volume: 36 Issue: Suppl. S, Part 3 Pages: 1839–1842.
- Berglund, K., Blomquist, J., Christensson, B., Gerhardson, B., Hellgren, O., Larsson, H., Rydberg, T., och Wildt-Persson, T. 2002. Sammanfattning. Slutrapport 4T. SBU, Borgeby.
- Christenson, D. R.; Brimhall, P. B.; Hubbell, L.; Bricker, C. E. 2000. Yield of sugar beet, soybean, corn, field bean, and wheat as affected by lime application on alkaline soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 9–10:1145–1154.
- Eriksson, J., Nilsson, I., Simonsson, M. 2005. Wiklanders marklära. Studentlitteratur. Lund.
- Gesslein, S. 2001. Odlingsystem, växtnäring och markbördighet – 18 års resultat från en tidigare ej uppgödslad jord. *Kungliga skogs- och lantbruksakademins tidskrift* 140:9.
- Haak E., Simán G. 1992. Fältförsök med kalkning av fastmarksjordar till olika basmättnadsgrad. Institutionen för markvetenskap, avd. för växtnärlära. Sveriges lantbruksuniversitet, Nr: 188.
- Hylander, L. 1995. Inconsistent liming effects: a casual analysis. Ph.D. Thesis, Department of Soil Sciences, Reports and Dissertations nr. 25. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- Hyltén-Cavallius I. 1997. Försök med PK och kalk, Bjärröd. *Växtpressen*. Nr. 1.
- Khiari, L., L.E. Parent, and N. Tremblay. 2001. Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. *Agr. J.* 93:802-808.



- Kowalenko, C. G., Ihnat, M. 2010. Effects of soil limestone and foliar manganese and zinc applications on field cauliflower growth and element contents. *Canadian Journal of Soil Science* 1:177–188.
- Nordic Sugar. 2010. Produktblad Sockerbrukskalk. Produktbeskrivning, 2010. Hämtad 2013 11 08 från [www.sockerbetor.nu](http://www.sockerbetor.nu)
- Nordkalk, 2013. Kalkvärdet ger dig vägledning. Hämtad 2013 11 08 från <http://www.nordkalk.se/default.asp?viewID=1007>
- NMKL. 1998. Metals. Determination by atomic absorption spectrophotometry after wet digestion in a microwave oven. *Nordic Committee on Food Analysis*, 161.
- Olsson, Å. och Persson, L. 2013. Inverkan av kalkning på skörd och kvalitet genom dess effekt på markkemi och bördighet. Slutrapport till SLF. Kan hämtas på SLF's hemsida [www.lantbruksforskning.se](http://www.lantbruksforskning.se).
- Parent LE and Dafir M 1992. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 117:239-242.
- Persson, L, och Olsson, Å, 2007. Åtgärder mot jordburna svampar i sockerbetor under odling och lagring. Försöksrapport SBU AB. [www.sockerbetor.nu](http://www.sockerbetor.nu).
- Rice, R.W. 2007. The physiological role of minerals in the plant. In: *Mineral nutrition and plant disease*. Eds.: Datnoff, L.E., Elmer, W.H., Huber, D.M. The American Phytopathological Society.
- Siman, G. 1997. Resultat från långliggande kalkningsförsök. Meddelande från Södra jordbruksförsöksdistriktet, nr. 48.

### **Personligt meddelande**

Ola Cristiansson, Nordic Sugar. 2013-11-08.