

# Nya rön om kalkning för högre skördar i sockerbetor

Åsa Olsson och Lars Persson, NBR, Borgeby

## Inledning och bakgrund

I detta projekt har vi studerat långsiktiga effekter av kalkning på sockerskörd i betor på olika jordtyper. Bakgrunden var nya rön om kalkning som framkommit ur ett treårigt SLF-finansierat forskningsprojekt (H0844105) som avslutades 2013. Resultaten indikerade att jordar utan kalkbehov, dvs med pH över 7 gav signifikanta skördeökningar i sockerbetor medan jordar med kalkbehov endast gav marginella skördeökningar året efter kalkningen, dvs i omlopp 1. Resultaten väckte frågor om hur kalkning påverkar jordfaktorer och sockerskördarna på olika jordtyper. Hittills har det varit en svag och otydlig koppling mellan nuvarande kalkningsrådgivning och positiva effekter på sockerskörderna. Flera faktorer, inte bara pH, utan också mineralogi, geologiskt ursprung och kalciumtal i den aktuella jorden var sannolikt av betydelse för en riktig rådgivning.

Vi ville i detta projekt belysa och få svar på frågor hur pH och andra jordfaktorer förändras långsiktigt efter en kalkningsåtgärd. Informationen är viktigt för lantbrukarna för att de ska kunna planera in kalkningsåtgärder vid optimala intervall på olika jordar och därmed skapa förutsättningar för maximala skördar i olika grödor. Ur sockerbetans perspektiv ville vi se hur sockerskörderna och även förekomsten av rotbrand förändrades. Fastlagda kalkningsförsök från åren 2009 - 2011 provtogs och när försöksplatserna odlades med sockerbetor enligt odlarens växtföljd så togs återigen en parcellskörd i varje kalkled.

För att få en konkurrenskraftig svensk betodling krävs att sockerskördarna höjs och kalkning har visat sig vara ett viktigt verktyg. Kalkning är även en betydelsefull åtgärd i ett odlingsystem som baseras på principerna för IPM eftersom angrepp av skörde- och kvalitetsnedsättande patogener som bl a *Aphanomyces* i sockerbetor minskas.

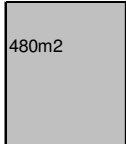
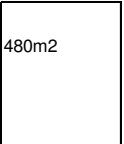
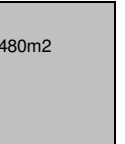
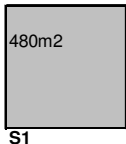
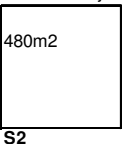
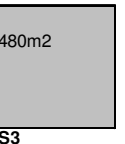
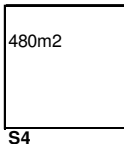
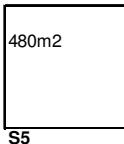
## Material och metoder

Projektplanen i detta projekt bygger på bakgrundsdata från tidigare projekt genomförda under åren 2003–2012: ”Åtgärder mot jordburna svampar i sockerbetor under odling och lagring” (SLF-0344002), ”Odlingssystemets inverkan på svamp- och nematodangrepp i sockerbetor” (SLF-H0544100), ”Effekten av kalk på uppkomsten av rotbrand” (KSLA) och ”Inverkan av kalkning på skörd och kvalitet i sockerbetor genom dess effekt på markkemi och bördighet” (proj. nr H0844105) och ”Inverkan av kalkning på upptag av växtnäring i sockerbetor” (proj.nr H1044072). Dessa projekt har genererat databaser med analyser som beskriver specifika platsers geologiska ursprung, näringsinnehåll, förekomst av jordburna patogener varav flera är giltiga för flera olika grödor i växtföljden. Till detta finns även provytornas växtföljder 10–20 år tillbaka och brukningsmetoder insamlade genom frågeformulär.

På 52 försöksplatser är tre led utlagda sedan tidigare (Fig. 1): 1) okalkat, 2) sockerbrukskalk; 16 ton/ha, 3) kalkstensmjöl; 8 ton/ha. De kalkade leden motsvarar båda 4 ton CaO/ha. Varje försöksyta är 20 x 24 meter. På 12 av de 52 försöksplatserna finns det dessutom ”stegar” med ökande dos kalkstensmjöl: S2 = 4 ton kalkstensmjöl/ha; S3/K3 = 8 ton kalkstensmjöl/ha; S4 = 16 ton kalkstensmjöl/ha; S5 = 32 ton kalkstensmjöl/ha. K2 = 16 ton sockerbrukskalk/ha; K1 = obehandlad ruta. Försöken lades ut på hösten under tre år, 2009 – 2011, och odlades med sockerbetor året efter (omlopp ett). De aktuella grödorna som odlades följde odlarens specifika växtföljd. Den vanligaste växtföljden är höstvetete eller vårspannmål följt av raps, därefter höstvetete och sockerbetor. Även andra grödor har förekommit ex.v. potatis, ärtor och

åkerbönor. Omlopp två med sockerbetor har normalt infallit 4 till 5 år efter omlopp ett, och för dessa 25 platser någon gång under åren 2014 till 2017.

Kalkstensmjölet spreds ut med en rörspridare med 12 meters ramp och sockerbrukskalken spreds med en tallriksspridare med en spridningsbredd på 12 meter. Jordprov togs i rutorna i april inför sockerbetor omlopp ett. Provtagningen togs på 0 - 20 cm djup och bestod av 10 delprov. Alla prov, före och efter kalkning analyserades hos Eurofins för pH, Ca-AL, K-AL, Mg-AL, P-AL (mg/100 g jord). Analyser av CEC (katjonbyteskapacitet) i okalkat led gjordes också på alla prov och i vissa fall även lermineralogi genom röntgendiffraktion, och dessa analyser utfördes av Siv Olsson, Geochimica. CEC bestämdes på material <2 mm genom utbyte med koppar(II)-trietylentetramin (meq/100g). Risken för rotbrand undersöktes i ett biotest i varje försöksled på varje plats. Ett rotbrandsindex (DSI = 0-100; Olsson *et al.*, 2010) beräknades. Isoleringar gjordes på specifika media för att säkerställa identifieringen av förekommande patogener. Inför betodlingen omlopp två upprepades provtagningen på våren enligt ovan och analyserades för pH och växtnäringsstatus av Ca, Mg, K, P och ett nytt biotest utfördes enligt ovan. Två skörderutor, två rader á 9 meter per skörderuta, skördades för hand inom varje provyta i betfältet och proverna vägdes och analyserades på Agri-provtvätt i Örtofta.

<b>Standardupplägg</b>	Obehandlad	S-kalk	Kalkstensmjöl	<i>Figur 1. Försöksplaner för standardupplägget samt kalkstegar.</i>				
								
	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>					
Giva: ton CaO/ha:	4	4	4					
Produkt ton/ha:	0	16	8					
Produkt i rutan kg:	0	768	384					
<b>Kalkstegar</b>	Obehandlad	Kalkstensmjöl						
								
	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>				<b>S4</b>	<b>S5</b>
Giva ton CaO/ha:	0	2	4				8	16
Produkt ton/ha:	0	4	8	16	32			
Produkt i rutan kg:	0	192	384	768	1536			

Tabell 1. Försöksplatser med provytor

Försöksplatser		Försöksplatser		Försöksplatser	
1	Skiberöd	10	Slättäng	19	Möingetorp
2	Gårdstånga Nygård	11	Kronoslätt	20	Övedskloster
3	Teckomatorp	12	Grönebjer	21	Slättäng
4	Södergård	13	Isie	22	Gretelund
5	Åraslöv	14	Gedsholmen	23	Isie
6	Karlsfält	15	Tullingagården	24	Skegrie
7	Skarhult	16	Åraslövsgården	25	Ekeberg
8	Alnarp	17	Hagestadborg		
9	Hönnedal	18	Flackarp		

## Resultat

### Försöksplatser

Totalt har 25 av de 52 platserna med kalkförsök odlats och skördats med sockerbeter i två omlopp. Platserna är utspridda över odlingsområdet för sockerbeter (Tabell 1). Tidsrymden mellan de två omloppen varierade beroende på växtföljd, och var i allmänhet mellan 4 till 5 år. På sju av de 25 platserna fanns det försök med kalkstegar som också skördades två gånger. Skillnader mellan försöksled för hela dataseten om 25 respektive 7 platser undersöktes med variansanalys (PROC GLM i SAS). Försöksplatserna delades även in i grupper med avseende på pH innan kalkning och skillnader mellan försöksled inom grupperna analyserades med hjälp av variansanalys (PROC GLM i SAS). I resultattabellerna anges RSQ (= R<sup>2</sup>-värdet) som anger hur stor del av den totala variationen som täcks in av modellen, CV = coefficient of variation samt LSD och Prob-värde på nivån 5%.

### Effekt på skörd och jordparametrar

För dessa 25 platser ökade sockerskördarna signifikant redan i första omloppet, vilket var sex månader efter kalkning, och både rotvikt och sockerhalt ökade (tabell 2). Ökningen av sockerskörden i de kalkade leden jämfört med okalkat i omlopp 1 var 250 kg socker per ha för sockerbrukskalk och 500 kg socker per ha för kalkstensmjöl. I andra omloppet med sockerbeter var ökningen i sockerskörd 420 kg socker per ha för sockerbrukskalk och 880 kg socker per ha för kalkstensmjöl. Det var alltså en förhållandevis större ökning av sockerskörden i omlopp 2. Skillnaden i skördenivå mellan de obehandlade leden i första och andra omloppet var 1,8 ton socker per ha (13,43 i 1:a och 15,19 i 2:a), vilket kan bero på årsmån, men också på förbättrat sortmaterial och bruksmetodik.

pH i jorden ökade i de båda kalkade leden med 0,3 enheter 6 månader efter kalkning och inför andra omloppet med drygt 0,6 enheter. Höjningen av kalciumtalet efter kalkning låg på ungefär samma nivå i alla led både inför omlopp 1 och omlopp 2. Den högre ökningen av sockerskörden i omlopp 2 kan hänga samman med att pH har förbättrats ytterligare sedan utläggningen. Innehåll av både magnesium och kalcium ökar av sockerbrukskalk. Alla 25 jordar har ett pH i okalkat led på över 6,5 förutom tre som ligger mellan 6,0 - 6,5.

Även rotbrandsindex har sänkts signifikant i både omlopp 1 och 2, med ca 7 enheter. Det förefaller inte ha skett någon ytterligare sänkning mellan omloppen. Rotbrand är kopplat till mängden kalcium i jorden vilken ser ut att vara oförändrad mellan omlopp 1 och 2.

Tabell 2. Medelvärden för skördeparametrar i 25 kalkförsök, omlopp 1

Produkt	Produkt ton/ha	Nettovikt ton/ha	Sockerhalt %	Socker ton/ha	Rel.tal	Blåtal	Renhet
Okalkat	0	79,13	17,0	13,43	100	11,1	84,4
Sockerbrukskalk	16	80,52	16,9	13,67	102	11,5	84,9
Kalkstensmjöl	8	81,33	17,1	13,90	103	10,2	84,7
RSQ		93,4	92,5	94,5		88,8	90,0
CV		4,8	1,4	4,4		14,1	2,2
LSD		2,2	0,1	0,3		0,9	1,1
PROB		0,137	0,036	0,035		0,020	0,628

Tabell 3. Medelvärden för skördeparametrar i 25 kalkförsök, omlopp 2

Produkt	Produkt ton/ha	Nettovikt ton/ha	Sockerkhalt %	Sockert ton/ha	Rel.tal	Blåtal	Renhet
Okalkat	0	85,70	17,8	15,19	100	9,83	98,8
Sockerbrukskalk	16	88,39	17,7	15,62	103	9,82	98,48
Kalkstensmjöl	8	90,28	17,8	16,07	106	9,54	98,65
RSQ		86,7	91,0	85,2		81,4	92,3
CV		6,9	1,7	7,1		13,8	1,7
LSD		3,5	0,2	0,6		0,8	0,9
PROB		0,038	0,271	0,029		0,705	0,729

Tabell 4. Medelvärden för jordfaktorer i 25 kalkförsök före betor i omlopp 1

Produkt	Produkt ton/ha	pH	Ca-AL mg/100 g jord	K-AL mg/100 g jord	Mg-AL mg/100 g jord	K/Mg	P-AL mg/100 g jord
Okalkat	0	6,9	329	10,2	9,9	1,11	14,9
Sockerbrukskalk	16	7,2	404	10,0	11,9	1,05	16,1
Kalkstensmjöl	8	7,2	439	10,8	10,8	1,08	16,0
RSQ		87,9	96,0	91,6	86,1	79,2	81,7
CV		3,3	21,9	12,6	18,2	24,1	21,4
LSD		0,1	48,8	0,7	1,1	0,1	1,9
PROB		0,0001	0,0000	0,109	0,003	0,674	0,375

Tabell 5. Medelvärden för jordfaktorer i 25 kalkförsök före betor i omlopp 2

Produkt	Produkt ton/ha	pH	Ca-AL	K-AL	Mg-AL	K/Mg	P-AL
Okalkat	0	6,9	311	9,8	9,5	1,10	13,0
Sockerbrukskalk	16	7,5	403	11,1	10,8	1,21	16,0
Kalkstensmjöl	8	7,5	433	10,3	9,7	1,14	15,2
RSQ		84,0	94,9	87,0	88,8	74,5	83,3
CV		3,9	24,7	21,3	17,2	34,1	20,7
LSD		0,2	56,1	1,3	1,0	0,2	1,8
PROB		0,000	0,000	0,099	0,032	0,622	0,004

Tabell 6. Medelvärden för rotbrandsindex i 25 kalkförsök före betor i omlopp 1 och 2

Produkt	Produkt ton/ha	DSI före omlopp 1	DSI före omlopp 2
Okalkat	0	54	57
Sockerbrukskalk	16	52	49
Kalkstensmjöl	8	48	50
RSQ		79,8	85,0
CV		15,1	14,2
LSD		4,4	4,3
PROB		0,034	0,0003

#### Provytor uppdelade efter pH

Resultaten delades upp i två grupper med hänsyn till pH: under pH 7,0 och pH 7,0 och högre. Gruppen med pH under 7 (n=9) hade en lerhalt på 13,6%, mullhalt på 3,0% och CEC på 9,5

meq/100g jord. Gruppen med pH över 7 (n=16) hade en lerhalt på 16,6% ler, 3,6% i mullhalt och CEC på 11 meq/100g jord.

#### Jordar med pH mindre än 7,0

I omlopp 1, kort tid efter kalkning, fanns det enbart tendenser till skördeökning i gruppen med pH lägre än 7,0 (9 jordar). I omlopp två med sockerbetor var skördeökningen i denna grupp signifikant med 1,18 ton per ha högre skörd efter kalkstensmjöl. Efter sockerbrukskalk var ökningen ca 700 kg per ha (ej signifikant). Förändringen i pH och Ca-AL var enbart små inför omlopp ett, men inför omlopp två var förändringarna signifikanta i framförallt pH och hade ökat från 6,6 till ca 7,3 för båda kalkslagen. Förändringen i Ca-AL var stabil från omlopp ett till två.

Rotbrandsindex minskade signifikant inför omlopp två av båda kalkprodukterna med ca 11 indexenheter jämfört med obehandlade led. Inför omlopp ett fanns det ingen effekt och skillnad mellan leden. Totalt sett ökade rotbrandsindex från omlopp ett till omlopp två i det okalkade ledet, från 52 till 68, vilket troligtvis beror på uppförökning av jordsmittan under omlopp ett. Effekten av kalk inför omlopp två tyder på att uppförökningen har varit mindre i de kalkade leden.

Tabell 7. Medelvärden för skördeparametrar i 9 kalkförsök med pH <7,0, omlopp 1

Produkt	Produkt ton/ha	Nettovikt ton/ha	Sockerhalt %	Socker ton/ha	Blåtal	KNa	Renhet
Okalkat	0	81,17	17,35	14,05	9,28	3,50	85,30
Sockerbrukskalk	16	83,23	17,37	14,43	9,61	3,44	86,24
Kalkstensmjöl	8	83,16	17,35	14,40	9,17	3,44	84,92
RSQ		96,2	94,9	94,4	90,5	94,3	70,0
CV		3,6	1,0	3,9	10,2	4,3	2,4
LSD		3,0	0,2	0,6	1,0	0,1	2,0
PROB		0,294	0,964	0,311	0,599	0,624	0,386

Tabell 8. Medelvärden för skördeparametrar i 9 kalkförsök med pH <7,0, omlopp 2

Produkt	Produkt ton/ha	Nettovikt ton/ha	Sockerhalt %	Socker ton/ha	Rel.tal	Blåtal	KNa	Renhet
Okalkat	0	89,09	17,44	15,48	100	9,61	3,51	96,67
Sockerbrukskalk	16	92,46	17,59	16,21	105	8,86	3,34	96,67
Kalkstensmjöl	8	95,37	17,55	16,66	108	9,27	3,40	96,24
RSQ		92,3	96,2	88,9		77,1	87,8	81,1
CV		4,9	1,2	5,2		12,0	4,6	2,1
LSD		4,5	0,2	0,9		1,1	0,2	2,0
PROB		0,041	0,321	0,037		0,381	0,111	0,888

Tabell 9. Medelvärden för jordfaktorer i 9 kalkförsök med pH <7,0, före betor i omlopp 1

Produkt	Produkt ton/ha	pH	Ca-AL	K-AL	Mg-AL	K/Mg	P-AL
Okalkat	0	6,50	202	9,64	8,80	1,20	10,97
Sockerbrukskalk	16	6,76	223	10,11	8,78	1,25	12,13
Kalkstensmjöl	8	6,79	254	9,31	8,57	1,18	11,37
RSQ		77,7	87,4	91,8	94,9	94,7	80,9
CV		3,7	17,8	12,1	8,4	13,4	17,6
LSD		0,2	40,3	1,2	0,7	0,2	2,0
PROB		0,050	0,044	0,370	0,758	0,656	0,477

Tabell 10. Medelvärden för jordfaktorer i 9 kalkförsök med pH &lt;7,0 före betor i omlopp 2

Produkt	Produkt ton/ha	pH	Ca-AL	K-AL	Mg-AL	K/Mg	P-AL
Okalkat	0	6,61	194	7,63	7,97	0,99	8,60
Socketbrukskalk	16	7,36	259	9,03	8,51	1,10	13,38
Kalkstensmjöl	8	7,26	260	7,56	7,49	1,06	10,18
RSQ		88,1	93,1	95,9	91,7	91,6	90,2
CV		3,4	11,2	12,1	10,9	14,1	17,0
LSD		0,2	26,6	1,0	0,9	0,1	1,8
PROB		0,000	0,000	0,009	0,072	0,304	0,000

Tabell 11. Medelvärden för rotbrandsindex (DSI) i 9 kalkförsök med pH &lt;7,0 före betor i omlopp 1 och 2

Produkt	Produkt ton/ha	DSI före omlopp 1	DSI före omlopp 2
Okalkat	0	52	68
Socketbrukskalk	16	51	55
Kalkstensmjöl	8	52	57
RSQ		80,5	81,8
CV		14,6	16,7
LSD		7,6	10,0
PROB		0,874	0,039

### Jordar med pH 7,0 och högre

I gruppen med jordar med pH 7,0 och högre ingick 16 kalkförsök. Sockerskörden var i det första omloppet 540 kg högre per ha efter kalkstensmjöl jämfört med obehandlat led. I andra omloppet var ökningen 700 kg per ha men i båda fallen utan signifikans.

För jordparametrarna var ökningen i pH ca 0,3 enheter och för Ca-AL 100 till 150 enheter högre för de båda kalkprodukterna inför omlopp ett. Vid nästa provtagning inför omlopp två, var ökningen från pH 7,1 till 7,6, och för Ca-AL i samma storleksordning som i omlopp ett. Förändringarna var signifikanta inför både omlopp ett och två.

Även rotbrandsindex sänktes signifikant av kalkstensmjöl både inför omlopp ett och två, ca 6 till 9 enheter.

Tabell 12. Medelvärden för skördeparametrar i 16 kalkförsök med pH  $\geq$ 7,0, omlopp 1

Produkt	Produkt ton/ha	Nettovikt ton/ha	Sockethalt %	Socket ton/ha	Blåtal	KNa	Renhet
Okalkat	0	77,97	16,79	13,09	12,09	3,65	83,92
Socketbrukskalk	16	79,05	16,66	13,25	12,59	3,76	84,20
Kalkstensmjöl	8	80,32	16,96	13,63	10,82	3,70	84,62
RSQ		91,9	91,0	94,4	87,7	91,3	93,6
CV		5,4	1,5	4,8	15,0	6,0	2,1
LSD		3,1	0,2	0,5	1,3	0,2	1,3
PROB		0,333	0,010	0,073	0,029	0,376	0,552

Tabell 13. Medelvärden för skördeparametrar i 16 kalkförsök med pH  $\geq 7,0$ , omlopp 2

Produkt	Produkt ton/ha	Nettovikt ton/ha	Sockerkhalt %	Socker ton/ha	Blåtal	KNa	Renhet
Okalkat	0	83,79	17,92	15,03	9,95	3,48	100,0
Sockerbrukskalk	16	86,11	17,77	15,29	10,36	3,54	99,5
Kalkstensmjöl	8	87,50	18,00	15,75	9,72	3,53	99,9
RSQ		82,9	87,5	83,7	83,1	90,7	94,4
CV		8,0	1,8	8,1	14,3	5,6	1,5
LSD		5,0	0,2	0,9	1,0	0,1	1,1
PROB		0,315	0,132	0,266	0,450	0,725	0,513

Tabell 14. Medelvärden för jordfaktorer i 16 kalkförsök med pH  $\geq 7,0$ , före betor i omlopp 1

Produkt	Produkt ton/ha	pH	Ca-AL	K-AL	Mg-AL	K/Mg	P-AL
Okalkat	0	7,09	401	10,45	10,51	1,06	17,09
Sockerbrukskalk	16	7,39	505	9,96	13,68	0,93	18,35
Kalkstensmjöl	8	7,37	543	11,58	12,02	1,03	18,58
RSQ		85,2	96,0	93,9	84,8	60,9	75,0
CV		3,2	20,6	11,1	18,5	30,0	22,0
LSD		0,2	71,9	0,9	1,6	0,2	2,9
PROB		0,002	0,001	0,002	0,002	0,459	0,530

Tabell 15. Medelvärden för jordfaktorer i 16 kalkförsök med pH  $\geq 7,0$ , före betor i omlopp 2

Produkt	Produkt ton/ha	pH	Ca-AL	K-AL	Mg-AL	K/Mg	P-AL
Okalkat	0	7,10	376	10,97	10,40	1,17	15,56
Sockerbrukskalk	16	7,63	484	12,33	12,03	1,27	17,49
Kalkstensmjöl	8	7,61	530	11,79	10,93	1,18	18,08
RSQ		79,5	94,5	82,1	86,6	71,1	75,6
CV		4,1	24,7	23,1	18,4	40,8	20,1
LSD		0,2	88,6	2,0	1,6	0,4	2,6
PROB		<0,0001	0,003	0,384	0,099	0,814	0,126

Tabell 16. Medelvärde för rotbrandsindex i 16 försök med pH  $\geq 7$  före betor i omlopp 1 och 2

Produkt	Produkt ton/ha	DSI före omlopp 1	DSI före omlopp 2
Okalkat	0	55	51
Sockerbrukskalk	16	52	45
Kalkstensmjöl	8	46	45
RSQ		82,0	84,9
CV		14,8	11,3
LSD		5,5	4,0
PROB		0,007	0,005

### Kalkstegar

Totalt har sju försök med ökande dos av kalkstensmjöl, kalkstegar, skördats två gånger. Högst sockerskörd i omlopp 1 blev det i ledet med 16 ton kalkstenmjöl per ha, 14,57 ton, vilket var

en ökning med ca 1 ton jämfört med okalkat. I omlopp 2 blev det högst sockerskörd i ledet med 8 ton kalkstenmjöl per ha, en ökning med 810 kg socker.

Sex månader efter kalkning inför omlopp ett var pH strax under 7 i alla led, även i ledet med 32 ton kalkstensmjöl. Ca-AL värdet hade ökat från under 300 till strax över 400 i ledet med högsta givan. Inför andra omloppet hade pH stigit till över 7,0 i alla kalkade led men Ca-AL värdena var stabila jämfört med omlopp ett undantaget den högsta givan där värdet var 499 jämfört med 263 i obehandlade led.

Rotbrandsindex inför omlopp ett var i alla leden mellan 55 och 59. Inför betgrödan i omlopp 2 var rotbrandsindex 66 i okalkade led medan det hade sjunkit signifikant till index 45 i den högsta givan med kalk. I jämförelse mellan omlopp ett och två har rotbrandsindex ökat i okalkade led troligtvis beroende på uppförökning av jordsmitta under omlopp ett. Kalken i de leden med de högre givorna ser ut att ha hindrat uppförökningen och även minskat jordsmittan mellan omlopp ett och två.

Tabell 17. Medelvärden för skördeparametrar i 7 försök med ökande giva kalkstensmjöl, omlopp 1

Led	Produkt ton/ha	Nettovikt ton/ha	Sockershalt %	Socker ton/ha	Rel.tal	Blåtal	KNa	Renhet
1	0	81,68	17,0	13,53	100	11,32	3,43	85,5
2	4	82,94	17,2	14,23	105	10,07	3,33	85,6
3	8	83,72	17,3	14,47	107	11,09	3,45	85,1
4	16	84,27	17,3	14,57	108	10,89	3,45	86,2
5	32	83,22	17,2	14,37	106	10,57	3,43	86,0
RSQ		92,4	89,0	95,8		93,4	93,0	86,6
CV		4,6	1,5	3,6		7,4	5,9	1,7
LSD		4,2	0,3	0,6		0,9	0,2	1,6
PROB		0,775	0,335	0,017		0,066	0,779	0,674

Tabell 18. Medelvärden för skördeparametrar i 7 försök med ökande giva kalkstensmjöl, omlopp 2

Led	Produkt ton/ha	Nettovikt ton/ha	Sockershalt %	Socker ton/ha	Blåtal	KNa	Renhet
1	0	89,70	17,8	15,90	10,00	3,50	98,8
2	4	95,11	17,6	16,71	10,71	3,47	99,9
3	8	94,07	17,8	16,71	9,96	3,60	99,7
4	16	93,00	17,7	16,43	10,54	3,63	99,6
5	32	91,63	17,7	16,20	10,25	3,54	98,7
RSQ		77,2	96,4	74,5	79,9	93,1	94,4
CV		6,1	1,3	5,8	12,6	5,5	1,4
LSD		6,3	0,2	1,1	1,4	0,2	1,5
PROB		0,442	0,444	0,467	0,774	0,536	0,341



Tabell 19. Medelvärden för jordfaktorer i 7 försök med ökande giva kalkstensmjöl, omlopp 1

Led	Produkt ton/ha	pH	Ca-AL	K-AL	Mg-AL	K/Mg	P-AL
1	0	6,6	284	11,4	9,9	1,2	13,2
2	4	6,9	311	9,5	9,3	1,1	14,5
3	8	6,9	341	10,3	10,1	1,1	14,8
4	16	6,9	377	9,7	10,4	1,0	13,7
5	32	6,9	411	9,4	10,4	1,0	12,7
RSQ		77,3	82,9	80,2	87,5	89,5	78,0
CV		3,8	31,5	20,4	13,1	17,6	19,0
LSD		0,3	120,1	2,3	1,4	0,2	2,9
PROB		0,239	0,229	0,378	0,517	0,219	0,521

Tabell 20. Medelvärden för jordfaktorer i 7 försök med ökande giva kalkstensmjöl, omlopp 2

Led	Produkt ton/ha	pH	Ca-AL	K-AL	Mg-AL	K/Mg	P-AL
1	0	6,6	263	9,3	9,2	1,0	12,1
2	4	7,3	349	9,7	8,9	1,1	14,5
3	8	7,1	333	9,6	9,2	1,1	14,4
4	16	7,4	366	9,7	9,3	1,0	15,5
5	32	7,8	499	8,4	9,6	0,9	12,9
RSQ		73,0	88,8	95,1	93,1	89,8	72,5
CV		4,4	22,2	15,6	11,1	15,6	25,4
LSD		0,4	88,5	1,6	1,1	0,2	3,9
PROB		<0,0001	<0,0001	0,389	0,738	0,188	0,412

## Diskussion och slutsatser

Resultaten tyder på att kalkning på jordar med pH lägre än 7,0 inte ger effekt förrän några år efter kalkningen. I första omloppet sex månader efter kalkning fanns det enbart en tendens, och i andra omloppet var merskorde 1,18 ton socker per ha i ledet med kalkstensmjöl.

Generellt sett förefaller jordarna med pH <7,0 ha en långsammare respons även i förändringar i pH och Ca-AL jämfört med jordar med pH 7,0 och över. Det finns grundläggande skillnader mellan dessa två grupper av jordar. Lerhalten var i genomsnitt ca 14% på de med pH under 7,0 och ca 17% för gruppen med pH 7,0 och högre. Även mullhalten är lägre i gruppen med lägre pH och den kombinerade effekten av lerhalt och mullhalt gör att också CEC blir lägre: 9,5 respektive 11 meq/100 g jord. Eventuellt kan det också finnas skillnader i lermineralogi mellan grupperna med högre andel högkapacitetsmineral som vermikulit och montmorillonit i gruppen med högre pH och lerhalt. Skillnaderna i framförallt lerhalt och organiskt material ger olika förutsättningar för jordbearbetning och inblandning av kalken. Viktigt i sammanhanget är också att utlakningen av kalcium från jorden är beroende av lerhalt.

Försöken har lagts på jordar med bra förutsättningar för sockerbetsodling med bra växtnäringstillgång och pH, och i stort sett alla jordar har pH över 6,5. Basmattnadgraden har inte beräknats, men kan förutsättas vara tillfredställande och troligtvis mellan 70-100%. Sockerbetan har ett stort behov av en buffrande rotmiljö, vilket kan vara en av anledningarna till den långsammare effekten. Markvätskan påverkas snabbare av kalken i jordar med redan höga pH.

Risken för rotbrand har studerats under alla år och rotbrandsindex följer i stort sett förändringen av pH och Ca-AL. Det sker en signifikant sänkning redan sex månader efter kalkning sett över alla jordarna, och kan tillskrivas en sänkning i gruppen med pH 7,0 och högre. För gruppen med pH lägre än 7,0 finns det ingen påverkan av kalken i omlopp ett. I omlopp två är rotbrandsindex signifikant lägre efter både kalkstensmjöl och sockerbrukskalk i gruppen med låga pH. Även i försöken med ökande giva kalkstensmjöl syns effekten i omlopp två och i de högsta givorna är rotbrandsindex mycket lågt. Förklaringen bör ligga i att uppförökningen av rotbrand i kalkens närvaro under omlopp ett har blivit mindre och minst i de höga givorna.

Slutsatserna från dessa försök är att inte låta pH sjunka under 7,0. Det tar tid att höja pH från exv. 6,5 till mål-pH på 7,0 och man riskerar att effekten av kalkningen kommer först 4 till 5 år senare. Framförallt gäller detta på jordar med lägre lerhalter och CEC. Regelbunden uppföljning av pH är viktigt för att i tid kunna planera in kalkningsåtgärder.

Den optimala givan av kalkstenmjöl ur skördesynpunkt ser ut att vara ca 8 ton/ha. De två högsta givorna (16 och 32 ton/ha) gav i första omloppet en mycket god skörderespons men i andra omloppet var skördarna lägre jämfört med i de lägre givorna. En orsak till detta var att pH stigit till upp mot 7,8 vilket troligen givit upphov till minskad växtnäringsupptagning av bor och mangan. Att ge höga givor för att korrigera ett för lågt pH gör att det kortsiktigt blir en skördeökning men på längre sikt kan pH stiga till för höga nivåer. En regelbunden kalkning och uppföljning krävs för att hålla pH på en jämn nivå kring 7. Återtester av pH i dessa försök visar att pH kan sjunka 0,5 enheter under ett växtföljdsomlopp och måste alltså följas upp regelbundet för att åtgärder ska kunna göras i tid. Insatser för att öka mullhalterna är också viktiga för att bidra till ett högre CEC på många jordar.

### **Referenser och publikationer**

- Olsson, Å., Persson, L., Olsson, S. 2010. Variations in soil characteristics affecting the occurrence of *Aphanomyces* root rot of sugar beet – risk evaluation and disease control. *Soil biology & biochemistry* 43:316-323.
- Olsson, Å., Persson, L. 2014. Nya rön om kalkning för högre sockerskörd, del 1. Effekt på skörd i sockerbeter. *Betodlaren* 1: 43-46.
- Olsson, Å., Persson, L. 2014. Nya rön om kalkning för högre sockerskörd, del 2. Så påverkas markkemi och rotbrand. *Betodlaren* 2: 54-55.

### **Resultatförmedling och kommunikation**

- Olsson, Å., Persson, L. 2016. Repeated testing of soil factors and sugar yield after liming of 52 different soil types in Sweden 2009-2015. Poster. The 75<sup>th</sup> IIRB Congress, February 2016 Brussels, Belgium.
- Olsson, Å., Persson, L. 2017. Hur länge varar en kalkning? Återtester av kalkade jordar ger svar. Del 1. *Betodlaren* 3:65-67.
- Årliga presentationer på NBRs vinter och sommarmöte för odlare, rådgivare och handel. Presentation på möte för rådgivare och forskare inom Nordzuckers odlingsområde i Norra Europa. Berlin 23 - 24 januari 2018.
- Presentation på Markarteringsrådets möte 15 september 2017 i Uppsala.
- Planerad resultatförmedling i kommande nummer av *Betodlaren* 2018 - 2019:
- 459 Del 2. *Aphanomyces*. Återtester av kalkade jordar ger svar.
- 459 Del 3. Sockerskörd andra omloppet. Återtester av kalkade jordar ger svar.
- 459 Del 4. Växtnäring i långliggande kalkförsök. Återtester av kalkade jordar ger svar.