

Inverkan av kalkning på skörd och kvalitet i sockerbeter genom dess effekt på markkemi och bördighet


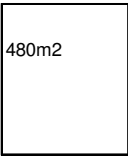
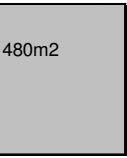
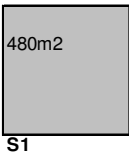
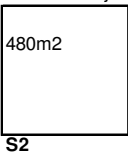
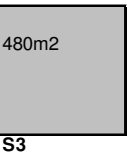
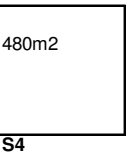

Åsa Olsson och Lars Persson, NBR, Borgeby

Inledning och bakgrund

Grundförutsättningarna för att ta höga sockerskördar är att ha en odlingsjord som är frisk, har god näringsstatus och en struktur som gynnar betans tillväxt. Historiskt har man tillfört kalkrik jord från alven (märgel) till den urlakade matjorden för förbättra bördigheten, senare också krossad eller mald kalksten och bränd eller släckt kalk. Men nyttan av kalkning har ibland ifrågasatts. Målen i detta projekt var att ge svar på en rad olika frågor: 1) möjligheten att höja mängden lösligt kalcium (Ca-AL) och pH i odlingsområdets olika jordtyper med från början bra förutsättningar för betodling; 2) förändringar i skörd 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* i jordtest och fält av olika kalkmedel; 5) potentialen för kalkning för att höja sockerskördarna på dessa olika jordtyper i nuläget och utifrån ett ekonomiskt perspektiv.

Material och metoder

I några tidigare projekt vid SBU/NBR har det tagits fram data och information om specifika platsers jordtyper och innehåll av patogener på sockerbeter. Bl. a har katjonbyteskapaciteten (CEC) och kornstorleksfördelning analyserats på alla kompletterat med röntgenanalyser av lermineralogin på ett urval av dessa. Dessa platser och data har använts i detta kalkningsprojekt. Årligen valdes ca 20 av dessa jordar ut med olika egenskaper och smittograd av patogener och på var och en av dessa jordar lades tre provytor ut om 20 x 20 m med två olika kalkmedel; sockerbrukskalk (K2 = 16 ton/ha) och kalkstensmjöl (K3 = 8 ton/ha) i givor motsvarande 4 ton CaO/ha (standardupplägg, figur 1). På varje fält utnyttjas den ursprungliga provytan som det obehandlade ledet. Fälten var överlag obearbetade eller som mest stubbearbetade en gång och förfrukten var i de flesta fall höstvet. Årliga utskick av enkäter till odlarna gav detaljerade svar på frågor om växtföljd och brukningsmetoder.

Standardupplägg	Obehandlad	S-kalk	Kalkstensmjöl		
					
	K1	K2	K3		
Giva: ton CaO/ha:	4	4	4		
Produkt ton/ha:	0	16	8		
Produkt i rutan kg:	0	768	384		
Kalkstegar	Obehandlad	Kalkstensmjöl			
					
	S1	S2	S3	S4	S5
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

Figur 1.
Försöksplaner för standarduppläggning samt kalkstegar.

På ett urval av platserna lades också kalkstegar ut med olika givor kalkstensmjöl motsvarande 2, 4, 6, och 8 ton CaO/ha (S2 = 4 ton ks-mjöl/ha; S3 = 8 ton ks-mjöl/ha; S4 = 12 ton ks-

mjöl/ha; S5 = 16 ton ks-mjöl/ha). Utläggningen av kalk gjordes på hösten. 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 omedelbart före kalkning i september och efter kalkning i april. Provtagningen togs på 0-20 cm djup och bestod av 10 delprov. Alla prov, före och efter kalkning analyserades hos Eurofins och analyser gjordes för pH, Ca-AL, K-AL, Mg-AL, P-AL och i vissa fall även ledningstal (Lt) och Bor. I de fall jordproven kom från helt nya platser gjordes analyser på kornstorleksfördelning, organiskt material och lerhalt på proven tagna på hösten före kalkning. Analyser på CEC 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. Vidare gjordes biotest i växtus för jordburna sjukdomar på alla jordprov före och efter kalkning för att få fram ett rotbrandsindex (DSI = 0-100) enligt Larsson och Gerhardsson (1990). Isoleringar gjordes på specifika media för att få fram data på förekommande patogener i varje jord. Året efter betodling gjordes sedan en uppföljning av markkemiska parametrar i var och en av de provytorna på varje plats samt i kalkstegarna enligt ovan, och biotest i växthus. Plantorna i kalkningsförsöken analyserades för växtnäringsinnehåll (SLF-projektet H1044072). Men då resultaten är viktiga för förståelsen redovisas delar av dem här. Plantorna samlades in strax efter uppkomsten (BBCH 14), torkades och skickades till Eurofins för växtnäringsanalys (kväve enligt Dumas/Leco, aluminium, bor, koppar, järn, mangan, zink i växtdelar genom HNO₃ våtuppslutn (mg/kg Ts) samt kalcium, kalium, magnesium, natrium, fosfor, svavel i växtdelar genom HNO₃ våtuppslutn (% av Ts). Två skörderutor, två rader á 9 meter per skörderuta, skördades inom varje provyta i betfältet och proverna vägdes och analyserades på Agri-provtvätt i Örtofta.

Resultat

Slutlig analys kunde göras på 52 försöksplatser med kalkstensmjöl (8 ton/ha) och sockerbrukskalk (16 ton/ha), varav 12 var kalkstegar. Analysen görs på sockerskörd, rotbrandsindex och Ca-AL och en rad olika uppdelningar av data med avseende på kemiska- och fysikaliska jordfaktorer och i viss mån även brukningsmetoder.

Förändringar i jordfaktorer, rotbrand och skörd efter kalkning på 52 platser

Vid statistisk analys för alla 52 platser oavsett jordtyp har pH höjts signifikant med 0,20 och 0,28 enheter efter kalkstensmjöl respektive sockerbrukskalk från i genomsnitt 6,80 innan kalkning (tabell 1). Även Ca-AL har höjts signifikant, från 285 till 344 mg/100 g jord efter båda produkterna.

Tabell 1. Medelvärde för jordfaktorer i 52 provrutor 2010-2012. DSI = rotbrandsindex 0 - 100

Produkt	Produkt ton/ha	pH	Ca-AL	K-AL	P-AL	Mg-AL	DSI vxh höst	DSI vxh vår
Okalkat	0	6,80	285	12	14,3	9,1	56	55
Socketbrukskalk	16	7,08	344	11	15,3	10,8	57	51
Kalkstensmjöl	8	7,00	344	12	14,2	9,6	56	50
R ²		85,3	92,1	87,5	84,5	87,3	90,6	84,2
CV		3,6	28,4	17,0	22,9	19,0	7,5	14,2
LSD 5%		0,1	35,9	0,7	1,3	0,7	35,9	1,6
Prob.		0,0000	0,0012	0,0176	0,2091	0,0001	0,5657	0,0015

Rotbrandsindex har sänkts signifikant från 55 i obehandlad ruta till 50 för kalkstensmjöl och 51 för sockerbrukskalk (tabell 1). Medelvärdet för sockerskörden över de 52 platserna visar

på en signifikant ökning av sockerskörden med 210 kg/ha för sockerbrukskalk och 340 kg/ha för kalkstensmjöl (tabell 2).

Tabell 2. Medelvärde för plantantal, nettovikt, sockerhalt, socker samt kvalitet (blåtal och K+Na) i 52 provrutor 2010-2012

Produkt	Produkt ton/ha	Slutligt plantantal 1000/ha	Nettovikt ton/ha	Sockerhalt %	Socker ton/ha	Blåtal	KNa
Okalkat	0	91,56	77,09	17,08	13,16	12	3,57
Socketbrukskalk	16	91,09	78,43	16,98	13,37	13	3,62
Kalkstensmjöl	8	90,60	78,82	17,13	13,50	11	3,60
R^2		82,5	93,5	91,7	94,1	84,8	90,2
CV		4,9	4,6	1,5	4,5	20,0	5,7
LSD 5%		1,7	1,4	0,1	0,2	0,9	0,1
Prob.		0,5597	0,0450	0,0173	0,0199	0,0118	0,4182

Förändringar i jordfaktorer, rotbrand och skörd av ökande giva kalkstensmjöl

Försöksplatserna med kalkstegar var spridda över Skånes alla regioner; Österlen, Söderslätt, Lundatrakten, centrala Skåne, Kristianstadtrakten samt nordvästra Skåne. De var belägna på jordar med bra förutsättningar för betodling. Endast en plats har pH under 6,5 (Skegrie). Det blev signifikanta skillnader i pH och Ca-AL av de olika givorna till som mest pH 6,97 och Ca-AL 419 mg/100 g jord för den högsta givan av kalkstensmjöl (32 ton/ha; tabell 3).

Tabell 3. Medelvärde för jordfaktorer efter kalkningen. 12 stegar ingår i beräkningarna.

Produkt	Produkt ton/ha	pH	Ca-AL	K-AL	P-AL	Mg-AL	DSI vxh höst	DSI vxh vår
Okalkat	0	6,68	300	11,7	14,1	9,5	58	54
Kalkstensmjöl	4	6,97	296	10,6	15,0	8,8	55	54
Kalkstensmjöl	8	6,92	351	11,2	13,4	9,7	58	52
Kalkstensmjöl	16	6,96	399	10,5	14,1	10,1	56	54
Kalkstensmjöl	32	6,97	419	11,0	13,6	9,9	60	50
Socketbrukskalk	16	6,97	313	11,2	17,0	10,4	58	47
R^2		82,6	79,0	71,7	73,1	87,4	85,8	72,6
CV		3,5	33,7	21,8	26,9	14,2	8,0	13,3
LSD 5%		0,2	95,5	2,0	3,2	1,1	3,8	5,7
Prob.		0,0360	0,0448	0,8621	0,2541	0,1108	0,2175	0,1001

Tabell 4. Medelvärde för plantantal, nettovikt, sockerhalt, socker samt kvalitet (blåtal och K+Na). 12 kalkstegar ingår i beräkningarna

Produkt	Produkt ton/ha	Slutligt plantantal 1000/ha	Nettovikt ton/ha	Sockerhalt %	Socker ton/ha	Blåtal	KNa
Okalkat	0	85,73	74,74	17,15	12,61	13	3,60
Kalkstensmjöl	4	87,91	76,93	17,27	13,30	11	3,52
Kalkstensmjöl	8	88,26	78,81	17,30	13,65	13	3,61
Kalkstensmjöl	16	89,13	77,62	17,32	13,46	12	3,58
Kalkstensmjöl	32	89,44	76,21	17,28	13,21	12	3,65
Socketbrukskalk	16	87,16	79,21	17,13	13,41	13	3,63
R^2		87,3	94,0	88,6	96,2	92,2	94,2
CV		4,8	4,9	1,6	4,1	13,7	5,6
LSD 5%		3,7	3,1	0,2	0,5	1,3	0,2
Prob.		0,3339	0,0567	0,3936	0,0013	0,0605	0,6370

Det blev inga signifikanta skillnader i rotbrandsindex för de kalkade leden giva jämfört med okalkat. Sockerskörden ökade signifikant för samtliga kalkgivor jämfört med obehandlat (12,61 ton/ha) (tabell 4). Högst blev skörden för 8 ton kalkstensmjöl/ha (13,65) och den ökade med 1,04 ton/ha jämfört med obehandlat led. Det fanns också tendens till ökning av betvikten med som mest 4,47 ton/ha för 16 ton sockerbrukskalk och 4,07 ton/ha för 8 ton kalkstensmjöl. Skörden varierade mellan 8,4 till 15,9 ton socker/ha för platserna i obehandlat.

Förändringar i Ca-AL och pH regionvis efter kalkning

Jordprovtagning och analys höst och vår i okalkade rutor indikerar att variationen i värdet för Ca-AL är relativt liten över året och mellan regioner. Däremot är pH några tiondels enheter lägre på våren än på hösten. För att undvika effekten av pH-förändring mellan höst och vår har effekten på pH för sockerbrukskalk (K2) och kalkstensmjöl (K3) räknats ut genom att jämföra med den okalkade rutan på våren (K1). Effekten på Ca-AL har räknats ut genom förändringen i samma ruta före och efter kalkning. I de kalkade leden har pH och Ca-AL förändrats signifikant olika i olika regioner beroende på produkt (tabell 5). Allra lägst är höjningen av Ca-AL i nordvästra Skåne med endast 4 enheter vid kalkning med 16 ton sockerbrukskalk/ha. Allra högst är höjningen av Ca-AL i både de lätta och tunga jordarna i Kristianstad (138 och 108 mg Ca/100 g ts respektive). För ledet med kalkstensmjöl blev det ingen signifikant förändring mellan regioner i Ca-AL eller pH.

Tabell 5. CEC, lerhalt, mullhalt regionvis och diff. av Ca-AL och pH i provrutor före och efter kalkning med 16 ton sockerbrukskalk/ha (K2) eller 8 ton kalkstensmjöl/ha (K3)

Region	CEC meq/100g	Lerhalt %	Mullhalt %	K2		K3	
				Diff Ca	Diff pH	Diff Ca	Diff pH
Nordväst	9,1	14,14	3,49	4	-0,04	17	0,11
Svalövstrakten	13,4	20,75	3,13	24	0,16	46	0,04
Centrala Skåne	8,9	13,33	3,97	92	0,48	60	0,26
Lundatrakten	10,0	14,50	2,78	49	0,14	64	0,10
Söderslätt	9,1	12,36	2,22	49	0,22	51	0,06
Österlen	8,9	14,75	3,01	22	0,28	16	0,26
Kristianstad, lätt	6,2	6,75	2,73	138	0,65	90	0,43
Kristianstad, tung	13,3	20,20	4,04	108	0,28	90	0,16
R^2	48,2	44,1	42,6	21,6	26,7	11,3	11,3
CV	25,1	35,4	24,4	164,6	139,0	166,3	203,2
LSD 5%	2,6	5,3	0,8	77,9	0,3	71,7	0,3
Prob.	<0,0001	0,0003	0,0006	0,0469	0,0091	0,4416	0,4002

Återtester - resultat våren efter och ett år efter betgrödan; 52 platser

Återtester för rotbrandsindex som gjordes 18 månader efter kalkning och efter en betgröda i försöken 2010 och 2011 tyder på att den signifikanta sänkningen av rotbrandsindex våren efter kalkning håller i sig även efter att betor har odlats: från 58 i index i okalkat till 50 för sockerbrukskalk och 53 för kalkstensmjöl (tabell 6). Jordarna delades upp i grupperna låg eller hög risk för angrepp av *Aphanomyces* (tabell 7). För jordarna med låg risk för angrepp fanns en tendens till lägre rotbrandsindex efter sockerbrukskalk. På jordarna med högre risk minskade rotbrandsindex signifikant för både sockerbrukskalk och kalkstensmjöl.

För jordarna under pH 7 sänktes rotbrandsindex signifikant för både sockerbrukskalk och kalkstensmjöl, från 62 i okalkat till 53 respektive 57; för jordar med Ca-AL < 300 mg/100 g jord sänktes rotbrandsindex våren efter kalkning samt våren ett år efter kalkning från index 60

till 51 respektive 55. För jordar med lerhalt mellan 10-15 % ler sänktes index från 57 i okalkat till 45 och 52 i leden med sockerbrukskalk respektive kalkstensmjöl 18 månader efter kalkning och en betgröda. Däremot påverkades inte rotbrandsindex för platser med lerhalt över 20 % eller under 10 %.

Tabell 6. Rotbrandsindex (DSI) för platser 2010-2011

Produkt	Produkt ton/ha	DSI höst före kalk	DSI vår efter kalk	DSI vår ett år efter betor
Okalkat	0	58	59	58
Socketbrukskalk	16	58	54	50
Kalkstensmjöl	8	59	54	53
R^2		91,2	80,9	86,4
CV		7,5	14,1	14,2
LSD 5%		2,1	3,7	3,7
Prob.		0,5675	0,0225	0,0003

Tabell 7. Rotbrandsindex för platser med lägre risk (DSI < 50; 12 st), och högre risk (DSI ≥ 50; 27st)

Produkt	DSI < 50			DSI ≥ 50		
	DSI höst före kalk	DSI vår efter kalk	DSI vår ett år efter betor	DSI höst före kalk	DSI vår efter kalk	DSI vår ett år efter betor
Okalkat	51	45	48	62	64	63
S-b kalk	51	42	40	62	59	55
K-s mjöl	50	42	46	63	58	57
R^2	92,2	54,1	81,2	88,5	74,6	86,1
CV	7,2	14,2	18,9	7,3	14,1	12,2
LSD 5%	3,1	5,2	7,1	2,5	4,7	4,0
Prob.	0,6586	0,4148	0,0592	0,5180	0,0423	0,0008

Klassificering av data

Resultaten från försöken klassificerades enligt flera olika faktorer för att se kopplingar mellan jordfaktorer och effekten av kalkningen. Analysen begränsas här till de 52 provrutorna och givorna 16 ton sockerbrukskalk/ha och 8 ton kalkstensmjöl/ha.

Kalkbehov. Jordarna delades upp i grupperna med- och utan kalkbehov och variansanalyser gjordes på dessa två grupper. Kalkbehovet bestämdes enligt Hushållningssällskapets modeller baserad på officiell rådgivning (SJV; Riktlinjer för gödning och kalkning). Både pH och kalciumtal höjdes signifikant efter kalkning med sockerbrukskalk och kalkstensmjöl. Jordarna **med kalkbehov** hade i genomsnitt ca 13,8% lerhalt. Mullhalten var 2,8% och Ca-AL 200 mg/100 g jord före kalkning. pH var 6,50 innan kalkning och höjdes efter kalkning till 6,80. Ca-AL höjdes till som mest 250. Detta indikerar att basmättningen troligen inte nått upp till 100% efter kalkningen. Det blev ingen signifikant ökning av sockerskörden för jordarna med kalkbehov och skördarna låg på en hög nivå i obehandlad K1 (13,62 ton socker/ha; tabell 9). Inte heller blev det någon sänkning av rotbrandsindex efter kalkning utan låg kvar på samma värde som före kalkning (tabell 8).

De jordar som inte hade något kalkbehov hade i genomsnitt ca 13,8% lerhalt. Mullhalten var 3,1 % och Ca-AL 340 mg/100 g före kalkning. pH var 6,98 innan kalkning och höjdes efter kalkning till 7,2. Ca-AL höjdes till över 400 (tabell 10). Det blev signifikant ökning av sockerskörden för jordarna utan kalkbehov. Men trots att ökningen var 520 kg socker/ha som mest (kalkstensmjöl) nådde inte medelvärdet upp till skörden för motsvarande behandling i

jordar utan kalkbehov (13,37 kg socker/ha vs. 13,70 kg socker/ha). Rotbrandsindex sjönk signifikant i kalkade led jämfört med okalkat.

Tabell 8. Medelvärde för jordfaktorer för platser **med kalkbehov** 2010-2012; av 52 jordar

Produkt	Produkt ton/ha	pH	Ca-AL	K-AL	P-AL	Mg-AL	DSI vxh höst	DSI vxh vår
Okalkat	0	6,53	199	11,9	10,0	9,0	59	58
Socketbrukskalk	16	6,80	230	11,3	11,3	9,3	59	57
Kalkstensmjöl	8	6,75	250	12,0	9,9	9,0	57	56
R^2		82,6	79,5	93,0	82,4	90,4	89,5	81,7
CV		3,3	21,6	14,1	19,4	14,1	6,7	13,7
LSD 5%		0,4	0,1	1,0	1,3	0,8	30,5	2,4
Prob.		0,0005	0,0058	0,3664	0,0445	0,6217	0,1950	0,6367

Tabell 9. Medelvärde för plantantal, nettovikt, sockerhalt, socker samt kvalitet (blåtal och K+Na) för platser **med kalkbehov** 2010-2012; av 52 jordar

Produkt	Produkt ton/ha	Slutligt plantantal 1000/ha	Nettovikt ton/ha	Sockethalt %	Socket ton/ha	Blåtal	KNa
Okalkat	0	93,9	79,19	17,23	13,62	11	3,52
Socketbrukskalk	16	92,3	80,15	17,14	13,79	13	3,59
Kalkstensmjöl	8	92,9	79,75	17,19	13,70	11	3,57
R^2		74,7	93,3	91,6	92,3	75,2	91,0
CV		5,0	4,2	1,5	4,4	25,8	4,4
LSD 5%		2,9	2,1	0,2	0,4	1,9	0,1
Prob.		0,5452	0,6667	0,5007	0,6923	0,0563	0,4184

Tabell 10. Medelvärde för jordfaktorer för platser **utan kalkbehov** 2010-2012; av 52 jordar

Produkt	Produkt ton/ha	pH	Ca-AL	K-AL	P-AL	Mg-AL	DSI vxh höst	DSI vxh vår
Okalkat	0	6,98	343	9,25	11,35	17,27	55	52
Socketbrukskalk	16	7,26	421	11,73	10,38	17,94	55	47
Kalkstensmjöl	8	7,17	408	10,07	11,68	17,13	55	45
R^2		82,3	92,0	87,3	81,8	78,8	91,2	84,4
CV		3,8	28,8	20,2	18,9	23,1	8,0	14,4
LSD 5%		0,4	0,1	1,1	1,1	2,0	57,1	2,2
Prob.		0,0004	0,0185	0,0001	0,0494	0,6972	0,6717	0,0004

Tabell 11. Medelvärde för plantantal, nettovikt, sockerhalt, socker samt kvalitet (blåtal och K+Na) för platser **utan kalkbehov** 2010-2012; av 52 jordar

Produkt	Produkt ton/ha	Slutligt plantantal 1000/ha	Nettovikt ton/ha	Sockethalt %	Socket ton/ha	Blåtal	KNa
Okalkat	0	89,98	75,67	16,98	12,85	12	3,60
Socketbrukskalk	16	90,24	77,27	16,88	13,08	12	3,64
Kalkstensmjöl	8	89,03	78,23	17,09	13,37	11	3,62
R^2		85,5	93,7	91,9	95,0	92,1	89,9
CV		4,9	4,9	1,4	4,6	14,6	6,5
LSD 5%		2,2	1,9	0,1	0,3	0,9	0,1
Prob.		0,5423	0,0365	0,0081	0,0052	0,0741	0,7489

CEC. Vid uppdelning av data i grupper med ökande CEC fanns det signifikant högst genomsnittligt Ca-AL värde i obehandlad jord i gruppen CEC 10,1-13,0 meq/100 g ts; 470

mg Ca/100 g jord och pH 7,16. I denna grupp blev även ökningen i Ca-AL högst; 130 mg Ca/100 g jord för både K2 och K3 jämfört med obehandlad, vilket var signifikant ($P = 0,045$). pH ökade signifikant i K2 och K3; till pH 7,4, och skördenivån i K1 var hög i denna grupp (13,49 ton socker/ha; K3). Det fanns en antydning till att skördeökningen för denna CEC-grupp (CEC 10,1-13,0 meq/100 g ts) var bland de högsta (750 kg socker/ha; K3; NS). Jordarna i denna grupp fanns representerade i de flesta regioner i odlingsområdet.

pH. För jordar över pH 7 har kalkstensmjöl gett en skördeökning på 700 kg socker/ha ($P = 0,014$). I denna grupp var Ca-AL värdet mellan 500-600 för både obehandlade och kalkade led. Medelskörden blev 14,12 ton socker/ha efter 8 ton kalkstensmjöl/ha. För gruppen jordar under pH 6,5 blev det en tendens till skördeökning med 260 kg/ha för sockerbrukskalk och 340 kg/ha för kalkstensmjöl. Ca-AL värdet var ca. 200 i medeltal efter kalkning för båda produkterna. Liknande resultat erhöles för jordar mellan pH 6,5-7,0; tendens till skördeökningar, men mindre än 200 kg socker/ha.

Lerhalt. Högst tendens till skördeökning blev det på jordar med över 20 % lera; 670 kg socker/ha för kalkstensmjöl. Medelskörden för obehandlad ruta i denna grupp var 12,05 ton socker/ha vilket är 2,0 ton socker mindre än medeltalet för gruppen 15-20% lera som hade bland de högsta skördarna (14,17 ton socker/ha). Även i kalkstegarna blev det högst skördeökningar för jordar med över 20 % lera, 2760 kg/ha för 8 ton/ha kalkstensmjöl. För jordar mellan 10-15% lera ökade sockerskörden med 350 kg.

Mullhalt. Jordarna delades upp i tre klasser mullhalt: <2,0%; 2,0-3,3%; >3,3%. Skörden ökade signifikant ($P = 0,027$) med 400 kg/ha med ks-mjöl för gruppen med mullhalt mellan 2,0-3,3%. Det fanns även en tendens till skördeökning för kalkstensmjöl på jordar med >3,3% mullhalt; 340 kg/ha för de 52 provrutorna. Rotbrandsindex sjönk signifikant från 57 i obehandlade rutor till 48 i rutor med ks-mjöl i denna grupp. Skörden i obehandlad var högst i gruppen med lägst mullhalt; 13,66 ton socker/ha

Ca-AL värde. Stark tendens till skördeökning med 350 kg socker/ha av kalkstensmjöl för gruppen <300 mg/100 g jord ($P = 0,059$). Signifikant sänkning av rotbrandsindex från 55 i obehandlad till 50 och höjning av Ca-AL från 186 till 242 i obehandlad respektive ks-mjöl.

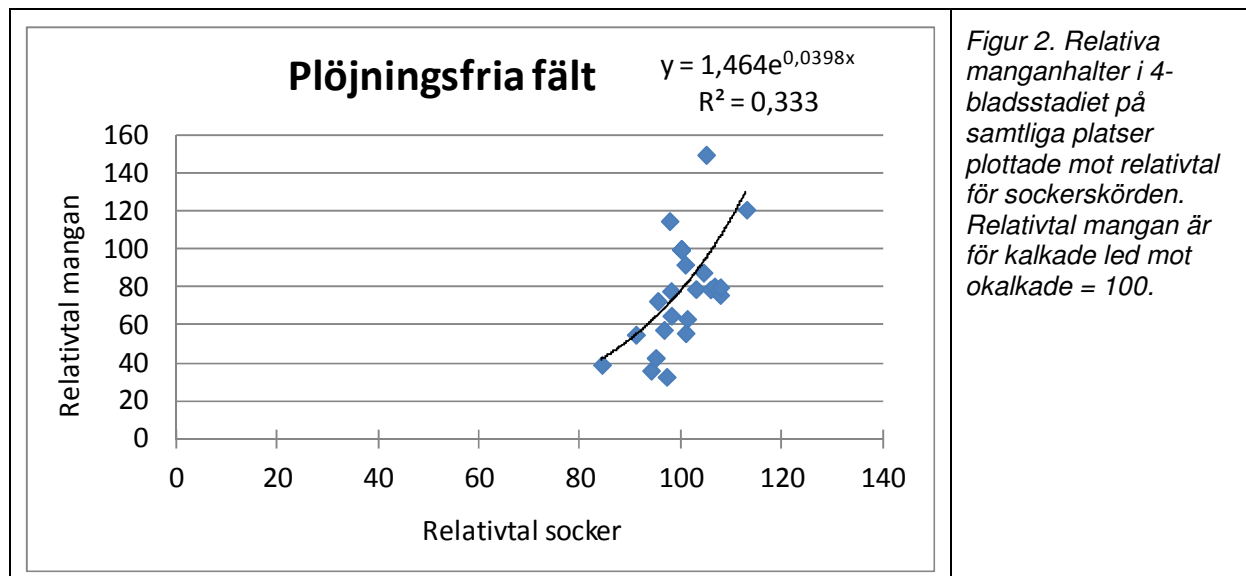
Sjukdomsindex rotbrand. För gruppen med låg risk för rotbrand (DSI<50) var i obehandlad ruta pH i medeltal 6,88 och Ca-AL 348 mg/100 g jord vilket kan jämföras med gruppen med hög risk; pH 6,72 och Ca-AL 237. Trots bra pH från början (> pH 6,5), fanns det en tendens till höjning av sockerskörden och som mest höjdes den med 430 kg/ha för kalkstensmjöl. För gruppen av jordar med rotbrandsindex över 50 dvs risk för angrepp höjdes pH från 6,72 till 6,98, dvs en höjning med 0,26 enheter. Ca-AL som alltså var lägre än för jordarna med låg risk, höjdes med 46 enheter. Rotbrandsindex sänktes signifikant, från 64 i okalkat till 56 för kalkstensmjöl och 59 för sockerbrukskalk. Sockerskörden eller rotskörden påverkades inte.

Växtnäring i plantor i plöjda- och plöjningsfria fält

I figur 2 visas relativtal för manganhalter i kalkade led mot okalkade och plottade mot relativtal för skörden på alla plöjningsfria fält. Det finns ett positivt samband mellan ökande manganhalter och ökande sockerskördar. Många av de kalkade rutorna ligger under relativtal 100 för sockerskörd. På de plöjda fälten finns det inget liknande samband mellan relativtal för manganhalter och relativtal för sockerskördar. De flesta platserna ligger över relativtal 100 för sockerskördar även om relativtalet för mangan sjunker något.

Enligt de enkätsvar vi fick in hade 33% av fälten plöjningsfri odling. De plöjningsfria fälten hade något lägre lerhalt än de plöjda, 13% jämfört med 15% och på de plöjningsfria fälten var det något lägre borhalt i jorden efter kalkning. På de plöjda fälten var det ingen skillnad

mellan okalkat och de kalkade leden. På de plöjningsfria fälten var det inga signifikanta skillnader i sockerskörd eller betvikt mellan kalkat och okalkat men på de plöjda fälten ökade sockersköörden signifikant med 370 kg/ha för sockerbrukskalk och med 580 kg/ha för kalkstensmjöl. Även betvikten ökade signifikant på de plöjda fälten.



Diskussion

Odlingsområdet för sockerbetor i Skåne är mycket varierat vad gäller jordtyp och har skapats av geologiska processer under lång tid. Jordarnas fysikaliska- och kemiska egenskaper utgör grunden för den effekt som kalkning kan ge. Sammansättning av lermineralogi, lerhalt, mullhalt och pH avgör jordens katjonbyteskapacitet. Med hänsyn till dessa förutsättningar ville vi ha en så bred ansats som möjligt och viktigt var att täcka in så stor variation i jordtyp som möjligt och på så många platser som möjligt, därför gjordes spridningen av kalk i endast en dos per plats motsvarande 4 ton CaO/ha och utan upprepning. Kalkstegarna planerades också utifrån målet att få resultat från en ökande dos ks-mjöl från så många platser som möjligt och från mycket höga doser av kalk. En av de grundläggande ansatserna i projektet var också att undersöka om tidigare funna samband var möjliga att använda för odlaren, dvs att rotbrand var mindre frekvent i jordar med höga Ca-AL värde (Olsson *et al.*, 2010) och att om man kalkade och höjde värdet skulle risken för rotbrand minska.

I medelvärdet för de 52 platserna med 16 ton sockerbrukskalk/ha respektive 8 ton kalkstensmjöl/ha blev det en signifikant höjning av Ca-AL från 285 mg/100 g ts i obehandlad ruta till 344 för båda kalkprodukterna ($P = 0,0012$) och samtidigt höjs pH från 6,80 till 7,0 eller strax över ($P < 0,0001$). Rotbrandsindex sänktes signifikant i dessa jordar från 55 till 50 i rotbrandsindex på sex månader. Även om minskningen kan tyckas vara liten är det ett betydelsefullt steg i rätt riktning. Skillnaden mellan dessa båda kalk produkter var liten.

Det finns skillnader mellan regioner inom odlingsområdet och allra lägst är höjningen av Ca-AL i nordvästra Skåne och Österlen medan det i centrala Skåne och i Kristianstad var betydligt lättare att höja Ca-AL-värdet med samma kalkgiva. Skillnaderna i respons syns också tydligt i kalkstegarna: genomsnittet för tre jordar i nordväst, sydväst och Österlen, lättleror med en genomsnittlig lerhalt på ca. 13%, var 200 mg Ca/100 g jord i obehandlad och endast 270 vid kalkning med 32 ton ks-mjöl/ha. Denna låga respons kan jämföras med 2012 då obehandlade rutor hade 338 mg Ca/100 g ts i genomsnitt och rutor med 32 ton ks-mjöl fick ett Ca-AL värde på 470 mg Ca/100 g ts. Genomsnittlig lerhalt för dessa fem jordar från

centrala-, västra-, sydvästra-Skåne, Österlen och Kristianstad var ca. 17%. Liknande resultat med stora variationer har rapporterats från andra delar av landet (Haak och Siman, 1992).

Jordar med högre lerhalt och högre pH och Ca-innehåll ger en större respons för kalkning medan jordar med lägre lerhalter ger en lägre respons och lägre Ca-AL värde även vid höga kalkgivor. Jordarna i projektet har bra förutsättningar för betodling och genomsnittligt pH var 6,8 för alla 52 platser och basmättnadsgraden var enligt Eurofins analyser >80% för i stort sett alla. Viktiga frågor är om en låg respons av kalk beror på ofullständig basmättnad (<100%) och även var tillfört kalcium tar vägen. Jordens innehåll av lermineral och organiskt material förhindrar kalcium från att lakas ut. Indelningen i grupper av CEC indikerade att det var den näst högsta gruppen (10,1-13,0 mmekv) som hade högst Ca-AL värde i obehandlat led och gav också bland de högsta ökningarna i Ca-AL; 130 mg/100 g jord. Generellt var ökningen av Ca-AL värdet låg på jordar i nordvästra Skåne och Österlen som har bland de lägre medeltalen för CEC, och det är också där rotbrand är vanligast. Lermineralogin i dessa områden domineras av illit och kaolinit och i kombination med låga lerhalter ger detta låga CEC-värden totalt. En möjlighet kan vara att höja mullhalten för att på sikt öka CEC-värdet, men det är oklart hur detta påverkar Ca-AL värdet i kombination med kalkning.

Skördeökningen sett över 52 platser fördelade över odlingsområdet var 340 kg socker/ha i behandlingen med 8 ton kalkstensmjöl/ha och 210 kg socker/ha efter 16 ton sockerbrukskalk/ha i jämförelse med obehandlad ruta och ökningarna var statistiskt signifikanta. Ökningarna var större i kalkstegarna, men från en lägre genomsnittlig skördenivå i obehandlad ruta. Resultaten från stegarna antyder att den genomsnittliga skörden hade sitt optimum vid 8 ton kalkstensmjöl/ha (13,65 ton/ha). En närmare analys av platserna indikerar att den största signifikanta skördeökningen, 700 kg/ha, fanns efter kalkning med kalkstensmjöl i gruppen av jordar med pH>7,0, och i denna grupp var medelskörden 13,42 ton/ha i obehandlat led. Jordar med lerhalt högre än 20 % gav också en tendens till högre sockerskörd efter kalkning med kalkstensmjöl, i medeltal 670 kg/ha. Gemensamt för dessa jordar var en hög mullhalt, varierande från 3,3 till 4,8% (medel 4,05%), men även att skördenivån var lägre innan kalkning; 12,05 ton socker/ha. Dessa jordar hade också högst Ca-AL (390 mg/100 g ts) och pH 7,0. Inte helt oväntat hade gruppen med lerhalt 15-20% ler högst skörd: 14,17 ton socker/ha i obehandlad K1. Grupperingarna tyder alltså på att det är i första hand är fält med redan höga nivåer på Ca-AL-värden och pH som får skördeökningar av kalkning. Detta styrks av indelning av jordarna i kalkningsbehov där skörden i fält utan kalkbehov ökade mer än fält med kalkbehov efter kalkning.

Negativa effekter på skörden kunde i en del fält tillskrivas påverkan på tillgänglighet av mangan och bor av kalken vilket är vanligt vid kalkning (Hylander, 1995). I synnerhet plöjningsfria fält och till viss del lätta jordar hade lägre mangan-halter i plantorna i kalkade led relativt till obehandlade led vilket var kopplat till lägre relativtal för sockerskörd. Borhalten i jorden minskade signifikant efter kalkning i plöjningsfria fält, medan borhalten var på samma nivå i plöjda fält före och efter kalkning. Anledningen till detta var delvis att borhalten var lägre i plöjningsfria fält eftersom de generellt hade lägre lerhalt. Det är allmänt känt att bor-brist kan drabba sockerbeter och minska skörden. En grundlig inbrukning av kalken i jorden före sådd förefaller vara viktigt med tanke på tillgängligheten av dessa mikronäringsämnen, speciellt på lätta jordar där halterna redan är låga.

För de jordar som hade rotbrandsindex över 50, dvs risk för angrepp av *A.cochlioides*, sänktes rotbrandsindex signifikant, från 64 i okalkat till 56 för kalkstensmjöl och 59 för sockerbrukskalk redan på våren efter att kalken lades ut. Även när platserna (2010-2011) analyserades ett år efter betgrödan och 18 månader efter spridning, var rotbrandsindex fortfarande signifikant lägre i de kalkade rutorna jämfört med i den okalkade. Resultaten tyder

på att kalkning har effekt på rotbrandsinfektion i sockerbetor. En långsiktig kalkningsstrategi tillsammans med en välordnad växtföljd och val av toleranta sorter skulle kunna vara en framkomlig väg för att minska rotbrandsproblemen.

Undersökningen har visat på behovet av att ta hänsyn till många faktorer för att avgöra hur en jord ska reagera på kalkning. Den traditionella faktorn att ta hänsyn till vid bestämning av kalkbehovet är pH, men i detta fall gav det en svag koppling till ökad sockerskörd. Indelning utifrån kalkbehov gav ingen ökning av sockerskördens vid kalkning av jordarna med kalkbehov. Både pH och kalciumtal höjdes signifikant efter kalkning med sockerbrukskalk och kalkstensmjöl men denna höjning åtföljdes inte av någon höjning av sockerskördens. En intressant fråga är vad som skulle hända med basmättnadsgraden, Ca-AL och pH om jordarna med kalkbehov kalkades igen. Det är möjligt att ouplöst kalk som finns kvar i marken har betydelse för att minska rotbrandsindex.

Resultaten tyder på att jordar med >pH 7,0, >20% ler och hög organisk halt har goda möjligheter att ge en skördeökning efter kalkning. Men även om kalkning har effekt mot rotbrand ser det ut som om skördeökningen är oberoende av detta i dessa jordar. Kalk har även god effekt på aggregatstabilitet som i sin tur påverkar porstorleken och vattnets rörelse i jorden (Berglund *et al.*, 2002). Viktigt är att undvika skördeförluster i samband med kalkning pga brist av bor och mangan i samband med pH-höjningen. En generell giva på 8 ton kalkstensmjöl/ha över alla jordtyper har svårt att betala sig på en betgröda om skördeökningen endast är 340 kg/ha, men enligt grupperingarna skulle det gå att få betydligt större avkastningsökningar vid kalkning av specifika jordar som ligger på en lägre skördenivå. Viktigt i sammanhanget är dessutom att kalkning i första hand är en åtgärd för att bibehålla nivån av kalcium, som utsätts för utlakning och bortförsel, i jorden och på sikt bördighet och skördenivå. Potentialen för kalkning att höja sockerskördarna varierar mellan betodlingsområdets olika jordtyper men är speciellt god på jordar med hög lerhalt, mullhalt och pH.

Resultatförmedling

Resultat från projektet har presenterats på ett flertal möten för olika intressenter, bl a på NBRs sommar och vintermöte för rådgivare, forskare och odlare. Populärvetenskapliga artiklar kommer att publiceras i tidskriften *Betodlaren* och vetenskaplig artikel i exv. *Plant Disease*.

Referenser

- Berglund, K., Blomquist, J., Christensson, B., Gerhardson, B., Hellgren, O., Larsson, H., Rydberg, T., och Wildt-Persson, T. 2002. Sammanfattning. Slutrapport 4T. SBU, Borgeby.
- Haak E., Simán G. 1992. Fältförsök med kalkning av fastmarksjordar till olika basmättnadsgrad. Institutionen för markvetenskap, avd. för växtnäringlära. 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.
- Larsson, M. och Gerhardson, B. 1990. Isolates of *Phytophthora cryptogea* pathogenic to wheat and some other crop plants. *Journal of Phytopathology* 129:303-315.
- 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.