

Geologiskt ursprung och kornstorlek avgör kalkeffekten

Slutrapport projekt: H0860019

En fullständig slutrapport är publicerad:

Mattsson, L. 2010. *Geologiskt ursprung och kornstorlek av gör kalkeffekten*. SLU, Institutionen för mark och miljö, [Rapport 5](#).

Följande text är en förkortad version.

Bakgrund

Att kalka jordbruksmark är en viktig och välkänd grundförbättrande åtgärd. Kalkning påverkar växttillgängligheten i positiv riktning för många näringsämnen, men också i negativ riktning för somliga. Miljön för stora grupper markmikrober gynnas också av kalkning. Att avgöra om kalkning behövs eller inte är relativt enkelt. Det är betydligt svårare att avgöra hur stor givan ska vara och vilken kalkprodukt som passar bäst. Frågor som i varierande grad varit aktuella under stora delar av 1900-talet.

Ett hårt utgångsmaterial ger en långsamt verkande kalkprodukt jämfört med ett mjukare material. Likaså ger ett grovmalet material en långsammare effekt än ett finkornigt. Förutsättningarna avgör när den ena eller andra egenskapen är mest önskvärd. För att göra ett korrekt val behövs objektiva mått och jämförelser. En norm för detta introducerades av branschen i slutet av 1990-talet, det s.k. Kalkvärdet.

Kalkvärdet för en produkt grundar sig på laborietester (Erstad 1992). Värdet anger hur stor del av kalkens effekt som erhålles efter ett år respektive hur stor del som erhålles efter fem år. Ett exempel: En kalkprodukts kalkvärde anges som 27/37. Det innebär att det första skördeåret efter kalkning kan en effekt motsvarande 27% av dess CaO-verkan förväntas och efter fem år en effekt motsvarande 37% CaO. Om produkten ifråga har deklarerats med 49% CaO-verkan så innebär det att lite drygt hälften verkar första året och att en stor del av kalken löses ut och verkar under de kommande fyra åren. Men vi ser också att inte ens efter fem år har hela produktens kalkverkan utnyttjats. Det återstår drygt 10 procentenheter som antas verka på längre sikt än 5 år.

Kalkvärdet är ett hjälpmedel för att jämföra produkter med avseende på pris och effekt. Önskas full effekt första året med produkten i exemplet ovan blir kalkgivan $100/27=3,7$ gånger det uppskattade kalkbehovet. Men om full effekt accepteras efter 5 år blir den erforderliga kalkgivan 2,7 gånger kalkbehovet. Genom att jämföra produktpris och kalkvärden underlättas valet av kalkprodukt. För att validera begreppet Kalkvärde under fältförhållanden kom föreliggande fältförsöks-serie till stånd.

Material och metoder

Tre viktiga egenskaper styrde uppläggningsplaneringen av försöken:

- Geologiskt ursprung – verkan av hårda respektive mjuka produkter
- Finfördelningsgrad – verkan av krossade respektive finmalda produkter
- Givans fördelning – engångsgiva respektive årliga delgivor

Analysmetoder för kalkbehovsbestämning och effekter av strukturkalkning berördes också

Försöksplanen hade följande principiella utseende:

1. Utan kalk
 2. Kalkstensmjöl, lika i alla försök
 3. Produkt 1, låg giva
 4. Produkt 1, hög giva
 5. Produkt 1, årlig giva i 4 år, summan lika med hög engångsgiva.
 6. Produkt 2, låg giva
 7. Produkt 3, låg giva
- osv.

Med andra ord ett kontrollerat, ett kalkat led lika i alla försök, kalkning med låg och hög engångsgiva, fyra årliga delgivor tills full giva (=hög) uppnått och slutligen ytterligare jämförelser med andra kalkprodukter. Kalkgivornas storlek anpassades så att önskad basmättnadsgrad, V%, skulle uppnås. Den låga givan skulle ge 35, 70 eller 85% och den höga 50, 100 eller 120% basmättnadsgrad. Skillnaderna berodde på regionala önskemål. Värdena 35 och 50% anpassades för en mulljord, 70 och 100% avsåg mineraljordar. I Skåne eftersträvades 85 respektive 120%.

Eftersom lokala önskemål om givor, kalkprodukter och försöksjordar tillgodosågs i stor utsträckning kom försöksplanen att bestå av många olika varianter. Det ska betonas att försöksseriens primära syfte var jämförelser mellan produkter och i viss mån kalkningsstrategi. Syftet var inte att undersöka kalkningens lönsamhet.

Försöksplatserna

Försöksplatserna valdes medvetet så att ett kalkningsbehov skulle föreligga. Prover från tänkbara fält analyserades och låg till grund för platsvalet. Men de verkliga försöksplatserna sammanföll inte alltid helt med platserna för förundersökningen och några mindre lämpliga platser kom därför med i undersökningen. Dessa avslutades i förtid, men på elva försöksplatser fullföljdes hela den åttaåriga perioden.

Resultat

Jordanalysdata

Jämförelse mellan mjuka och hårda produkter, samt mellan fina och grova baseras på analysvärdet från seriens 4 första år och omfattar jämförelse mellan kalkgivor till 35, 70 eller 85% basmättnadsgrad. Under den tiden förväntas de tydligaste utslagen. Analysvärdena som presenteras är medeltal för jordprover efter skörd år 1, år 2 och år 4.

Jämförelsen hårda/mjuka kalkprodukter gav förväntade resultat (tabell 1). Värdena för utbytbara katjoner ökade vid kalkning. Av detta följer att basmättnadsgraden ökade och att lösligt Al

Table 1. Effekter på pH, utbytbara katjoner (S), basmättnadsgrad (V) samt lösligt aluminium (Al-AS) av kalkprodukter med olika hårdhet. Medeltal av analyser år 1, 2 och 4 för pH, övriga för år 2 och 4
 Table 1. Effects on pH, exchangeable bases (S), base saturation (V) and soluble Al (Al-AS) of liming products with varying hardness. Means of analyses year 1, 2 and 4 for pH, otherwise for years 2 and 4

Produkttyp Type of product	pH	S cmol kg ⁻¹	V %	Al-AS mg kg ⁻¹
Kontr Control	6,0	10,8	50,0	20,2
Hårda Hard	6,3	12,4	60,1	12,9
Mjuka Soft	6,3	12,5	62,0	12,9
Övriga Other	6,3	12,0	59,9	14,7
Effekt Effect.				
H – K	0,3 ^{***}	1,6 ^{***}	10,2 ^{***}	-7,3 ^{***}
M – K	0,3 ^{***}	1,8 ^{***}	12,0 ^{***}	-7,2 ^{***}
Ö – K	0,3 ^{***}	1,3 [*]	9,3 ^{***}	-5,5 ^{***}
H – M	-0,1 [*]	-0,1	-1,8	<0,1
H – Ö	<0,1	0,4	0,9	-1,8
M – Ö	0,1	0,5	2,8	-1,8

minskade. Tendenser till skillnader mellan mjuka och hårda produkter observerades i flera fall men inte på statistiskt säkra nivåer. Men effekten av kalkning generellt var statistiskt signifikant säker. Ett samspel förväntades mellan hårdhet och kornstorlek så att skillnaden mellan hårda och mjuka skulle förstärkas när finfördelningsgraden ökade. Detta kunde emellertid inte påvisas.

Såväl grovkorniga krossade produkter som finkorniga malda liksom även sockerbrukskalk höjde pH, S-värden och basmättnadsgrad. M-kalken hade liknande men svagare effekt. Ett tydligt utslag i basmättnadsgraden erhöles för M-kalkens varierande storleksfraktioner (tabell 2).

Jämförelsen mellan fina och grova produkter visade som regel överlägsenhet för de finare produkterna (tabell 2). Dessa resulterade i högre pH-värden och större effekt på utbytbara baser. De hade också gynnsamt och signifikant inflytande på halten lösligt Al, som ligger nära 2 mg kg⁻¹ jord lägre än där grövre kalkfraktioner användes. Alla prövade produkter sänkte dock halten lösligt Al.

Utveckling över tid för basmättnadsgrad, utbytbara baser och pH

Basmättnadsgradens utveckling över tiden jämfördes både vad gäller hårda/mjuka produkter och finmalda/krossade. Eftersom basmättnadsgraden när försöken startade antogs spela roll för utvecklingen delades försöksplatserna i två grupper där den ena hade basmättnadsgrader vid starten under 35% och den andra basmättnadsgrader över 60%.

Utvecklingen över tid var ojämn och spridningen stor. I medeltal nåddes sällan avsedd basmättnadsgrad på 70 eller 85%. Vissa skillnader i basmättnadsgradens utveckling mellan hårda och mjuka produkter kunde noteras. Där kalkbehovet var måttligt dvs. hög basmättnadsgrad vid starten, visade både hårda och mjuka produkter av naturliga skäl obetydlig verkan både vad gäller basmättnadsgrad och pH-effekt. Vid låg basmättnad och stort kalkningsbehov var effekten som väntat den motsatta, dvs en tydlig kalkningseffekt observerades. pH-värdet steg med ca 0,5 enheter.

Hårda produkter hade en något långsammare verkan än mjuka och nådde inte heller upp till samma basmättnadsgrad som de mjuka. Detta var tydligast där kalkbehovet var stort.

Table 2. Effekter på pH, utbytbara katjoner (S), basmättnadsgrad (V) samt lösligt aluminium (Al-AS) av kalkprodukter med olika kornstorlek. Medeltal av analyser år 1, 2 och 4 för pH, övriga för år 2 och 4
 Table 2. Effects on pH, exchangeable bases (S), base saturation (V) and soluble Al (Al-AS) of liming products with varying size distribution. Means of analyses year 1, 2 and 4 for pH, otherwise for years 2 and 4

Produkttyp <i>Type of product</i>	pH	S cmol kg ⁻¹	V %	Al-AS mg kg ⁻¹
Kontr Control	6,0	10,7	49,9	20,3
Fin Fine	6,4	13,0	61,9	9,0
Grov Coarse	6,3	12,3	59,5	10,8
Sockerbrukskalk^a	6,5	12,9	64,8	11,2
M-kalk^b storleksfraktioner, mm				
1. <0,067	6,3	12,0	58,5	11,4
2. <0,27	6,2	11,4	56,1	12,6
3. <0,57	6,2	12,6	57,8	11,8
4. <1,57	5,9	9,7	44,7	14,8
Effekt Effect				
F – K	0,4 ^{***}	2,2 ^{***}	12,0 ^{***}	-11,3 ^{***}
G – K	0,3 ^{***}	1,5 ^{***}	9,6 ^{***}	-9,5 ^{***}
So – K	0,5 ^{***}	2,2 ^{**}	14,9 ^{***}	-9,0 [*]
M1 – K	0,3 [*]	1,2	8,6	8,9
M2 – K	0,2	0,7	6,1	7,7
M3 – K	0,2 [*]	1,9 [*]	7,9	8,5 [*]
M4 – K	-0,1	-1,0	-5,3	5,5
F – G	0,1 ^{***}	0,7 ^{**}	2,4	-1,8
F – So	-0,1	<0,1	-2,9	-2,3
F – M1	0,1	1,0	3,4	-2,4
F – M2	0,2	1,5	5,8	-3,7
F – M3	0,1	0,3	4,1	-2,8
F – M4	0,5 ^{***}	3,2 ^{**}	17,2 ^{**}	-5,8
G – So	-0,2 ^{**}	-0,7	-5,4	0,5
G – M1	<0,1	0,3	1,0	-0,6
G – M2	<0,1	0,8	3,4	-1,8
G – M3	<0,1	-0,4	1,6	-1,0
G – M4	0,4 ^{***}	2,5 [*]	14,8 [*]	-4,0

^a By-product from sugar industry. ^b Basic slag, size fractions

Jämförelsen mellan finmalda och krossade produkter visade tämligen entydigt, att de finkorniga påverkade både S-värden och basmättnadsgrad mera än krossade produkter, men skillnaderna var små. Stort eller litet kalkbehov spelade ingen roll. Värdena nådde maxnivån efter 2 år för finmalda produkter medan utvecklingen för krossade var långsammare och steg under de första 6 åren.

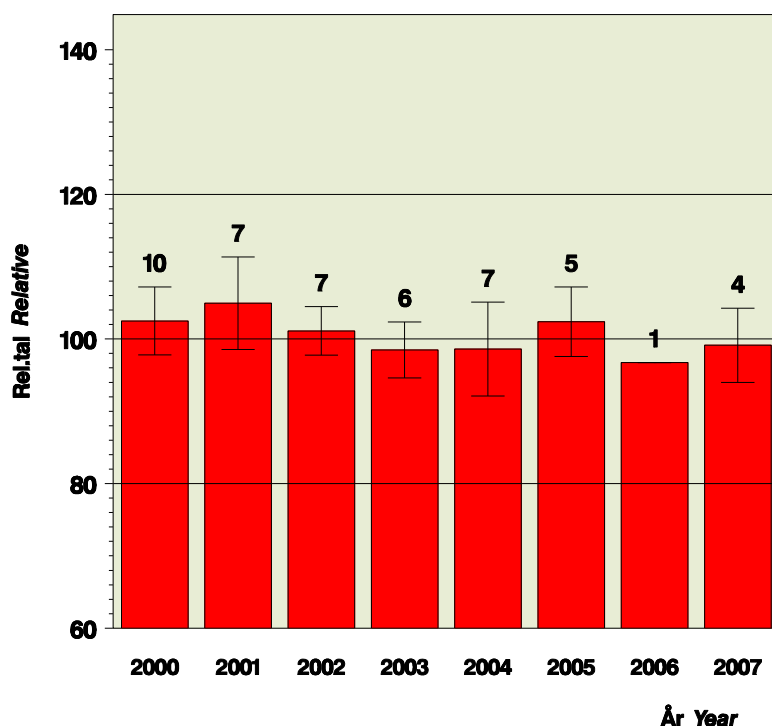
Skördedata

Försök, som pågår under 8 år på 16 försöksplatser med fritt grödval innebär att ett stort antal olika grödor odlas under löptiden. Det är svårt att jämföra skördeeffekter i kg ha^{-1} med så många olika skördeprodukter. Problemet löstes med relativtal. Varje år sattes skörden i okalkat led till 100 och behandlingseffekterna på skördarna relaterades till detta. Detta innebär att variationen mellan platser rensas bort. Årsmånens effekt på skörden i okalkat led rensas också bort. Däremot kan samspelet mellan årsmån och kalkningseffekt analyseras.

Eftersom effekten på pH, basmättnad och basmättnadsgrad var tydligast andra vegetationssäsongen efter kalkning gjordes en särskild bearbetning av skördarna för detta år (tabell 3). En osäker skördeökning på 5 till 7% efter kalkning kunde därvid konstateras.

Tabell 3. Skördar som relativtal \pm standardavvikelse i höstsäd och i vårsäd andra året efter kalkning
 Table 3. Relative yields, control equal 100 \pm standard deviation in winter and in spring cereals, respectively, 2nd year after liming

Behandling <i>Treatment</i>	Höstsäd <i>Winter cereals</i>	Vårsäd <i>Spring cereals</i>
Kontroll <i>Control</i>	100	100
Kalkstensmjöl, 70% <i>Fine graded lime-stone</i>	107 \pm 5	105 \pm 7
Antal försök <i>Number of exp.</i>	4	7



Figur 1. Kalkning med kalkstensmjöl. Relativ avkastning (95% konfidensintervall) i förhållande till okalkat i vårsäd. Antal försök ovanför staplarna.

Figure 1. Liming with fine graded lime-stone. Relative yields (95% confidence interval) in relation to not limed in spring cereals. Number of experiments above the bars.

En jämförelse av relativa skördeeffekter över år i vårsäd, visade att den genomsnittliga effekten var något större i början än i slutet av perioden (figur 1).

Delgivor eller hela kalkgivan

I kalkvärdesbegreppet ingår frågan om kalkning ska göras med en stor giva avsedd för flera år eller med mindre årliga givor. I två behandlingar kunde detta belysas. I den ena behandlingen kalkades med en engångsgiva avsedd att ge 100% basmättnad och i den andra med 4 årliga givor, som sammanlagt blev lika stora som engångsgivan. I jämförelsen ingick enbart mjölprodukter.

Basmättnadsgraden reagerar som väntat och visar de högsta värdena för engångsgivan två år efter kalkning (2001). Fyra år efter kalkning (2003) har basmättnadsgraden klingat av i engångsgivan och ligger då ofta under behandling med delgivor. I slutet av perioden är detta förhållande ännu tydligare. Det kan inte utan vidare sägas att mjuka produkter reagerar annorlunda än hårda. Skillnaden ligger mest i att en hård produkt inte når lika högt i basmättnadsgrad som en mjuk.

Relativtalen för skördarna visar att första året efter kalkning (2000) är skörden något större i behandling med delgivor (tabell 4). Andra året efter kalkning (2001) ligger skördarna även då högre än efter engångsgivor, särskilt när en mjuk kalkprodukt används (Ignaberga). Hel giva eller delgiva ligger ungefär lika för mjöl från Köping, Orsa och Uddagården. År tre efter kalkning (2002) har de flesta skillnader jämnats ut och i fortsättningen fram till periodens slut överväger än den ena än den andra strategin.

Tabell 4. Relativtal för skördar, kontroll lika med 100, i behandlingar med hela givan vid starten beräknad för att ge 50, 100 eller 120% basmättnad eller samma giva uppdelad på årliga delgivor de 4 första åren. Inom parentes avvikande antal

Table 4. Relative numbers, control equal 100, in treatments with one single rate calculated to give 50, 100 or 120% base saturation or with the same rate divided on annual rates the first 4 years. Within parenthesis deviating number of experiments

Behandling <i>Treatment</i>	V% Mål <i>Target</i>	År Year <i>No.</i>								
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Ignaberga	100	1	96	109	99	103	100	98	100	69
Årl. givor	<i>Ann. rates</i>		99	123	98	76	93	87	92	99
Ignaberga	120	3	101(2)	95	86	96(2)	88	93	96(1)	95(2)
Årl. givor	<i>Ann. rates</i>		104	101	91	100	95	109	99	97
Ignaberga	50	1	110	108	103	.	.	.	.	.
Årl. givor	<i>Ann. rates</i>		103	106	97	.	.	.	.	.
Köping	100	3	100(4)	102	102(4)	97(4)	102	98	101	103
Årl. givor	<i>Ann. rates</i>		99	102	102	101	105	98	102	106
Orsa	100	3	106	111	105	96	86(1)	116(2)	116(2)	100(1)
Årl. givor	<i>Ann. rates</i>		113	110	104	93	84	111	102	112
Uddagården	100	1	101(2)	107(2)	101(2)	100	103	101	108	101
Årl. givor	<i>Ann. rates</i>		104	102	104	101	103	106	112	99

Kalkbehovsbestämning med Al-AS

En alternativ metod för att bestämma kalkbehovet är bestämning av utbytbar aluminium (Al). I medeltal för de fyra första årens analyser låg värdena i okalkat led omkring 20 mg kg^{-1} . Vid kalkning sjönk värdena. De finare produkterna var något mer verksamma än de grova. Detta var väntat och bekräftar att Al-analys kan vara ett relevant verktyg för att avgöra kalkbehovet.

Al-AS-värdena visar tydligt hur kalkningseffekten varierar. Effekten är uppenbar i början av perioden efter kalkning och kvarstår eller förstärks till fjärde året. Därefter sker en stabilisering och en viss uppgång i värdena, dvs. kalkeffekten klingar av mot slutet av försöksperioden. De inledningsvis höga värdena återkommer dock inte.

Strukturkalkning

I sex av försöken ingick ett led med s.k. strukturkalkning. Försöksplatserna var mellanleror eller mycket styva leror. Två ton ha^{-1} CaO i släckt kalk tillfördes. Både för basmättnadsgrad och för pH värden erhöles statistiskt säkra effekter av strukturkalkningsledet 2003. Enda året med statistiskt säkra skördeskillnader observerades 2001, dvs. andra året efter kalkning. Då uppmättes en skördeökning med 150 kg ha^{-1} .

Diskussion

Kalkvärdet summerar en produkts egenskaper och uttrycks som del av CaO-innehållet som ger full verkan dels på 1 års sikt, dels på 5 års sikt. Kalkvärdet 49/49 för t.ex. kalkstensmjöl med 49% CaO-innehåll anger att den produkten ger full effekt år 1 och att effekten består efter 5 år. Om det för en likadan produkt anges ett kalkvärde på 44/47 betyder det att 44 av produktens 49% CaO verkar år 1 och efter år 5 kan 47 av 49 förväntats ha haft effekt

Föreliggande fältförsöksserie kom till stånd för att verifiera kalkvärdesbegreppet under fältförhållanden. Det ska starkt betonas att resultaten inte rangordnar produkterna inbördes. Uppläggnings- och resultaten medger inte detta. Alltför många varianter av olika behandlingar gjorde att materialet blev splittrat. Men serien belyser de grundläggande principerna. Principer som sammanfattas i begreppen geologiskt ursprung och kornstorleksfördelning. Delfrågor i undersökningen var kalkbehovsbestämning och kalkens verkan och fördelning över tiden.

Det geologiska ursprunget spelade en viss roll, men skillnaderna var små och inte statistiskt säkra. En hård råvara baserad på kristallina kalkstenar och dolomiter, reagerade mätbart långsammare än kalk framställd av mjuka sedimentära kalkstenar. Att finmalda kalkprodukter visade sig vara mer reaktiva än krossade är i sig inget uppseendeväckande, men talar för att kalkvärdesbegreppet håller.

Försöksplanen byggde på att kalka till en given basmättnadsgrad, t.ex. 70%. När resultaten föreligger visar det sig att detta många gånger inte uppnåddes. Bara i ett fåtal försök och för ett fåtal behandlingar nåddes avsedd basmättnadsgrad.

En anledning kan vara systematiska felaktigheter i beräkningarna. Eftersom volymvikten för jorden ingår i beräkningarna och denna endast är antagen som en schablon, utgör detta en felkälla. $700 \text{ kg CaO per ha}$ antas höja S-värdet, dvs basmättnaden, med 1 milliekvivalent per 100 g om volymvikten är 1250 kg m^{-3} . Är jordens volymvikt större än så, blir erforderlig kalkmängd för lågt beräknad. Be-

räkningen förutsätter dessutom en fullständig inblandning av kalken, något som knappast kan uppnås under fältförhållanden.

En annan felkälla är den aktuella jordens buffrande förmåga. När pH stiger mobiliseras negativa laddningar på kolloiderna särskilt i det organogena materialet. Det betyder att antalet möjliga platser för att binda katjoner ökar med stigande pH, vilket i sin tur leder till att det beräknade kalkbehovet för att nå en viss basmättnadsgrad blir för lågt.

En tredje orsak kan vara överskattning av CaO-innehållet i kalkprodukterna. Är detta överskattat kommer önskade kalkningseffekter inte att uppnås.

Mycket talar för att det är buffringsförmågan och markkemiska reaktioner kopplade till katjonbyteskapaciteten som spelar störst roll. En närmare analys av resultaten visade att ju högre pH-värdet var vid starten desto mer träffsäker blev beräkningen av kalkningsbehovet och desto närmare avsedd basmättnad hamnade de uppmätta värdena

En slutsats som kan dras av detta är att kalkrekommendationer, som bygger på bestämning av basmättnadsgrad och katjonbyteskapacitet behöver ses över. En korrigerig med hänsyn till vilket pH (eller basmättnadsgrad) som råder vid utgångsläget behöver införas. Syftar kalkrekommendationerna till att åstadkomma en viss basmättnadsgrad är detta nödvändigt. Om de å andra sidan har som mål att trygga en jämn och god avkastning är detta inte lika självklart. Försöksresultaten visar inte på ett avgörande sätt att kalkningen har varit otillräcklig.

Referenser

Erstad, K.J. 1992. A laboratory soil incubation method to assess reactivity of liming materials for agriculture. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 6, 309-321.

Publikationer och resultatförmedling:

Föredrag vid regionala försöksledarmöten vid upprepade tillfällen. Senast i Uddevalla och Växjö 2009. *Olika kalkprodukters verkan*.

Kalkdag vid SLU, januari 2010 för Svenska kalkföreningen m.fl.

Mattsson, L. 2010. Effects on soil chemical properties in Swedish arable soils of different lime products. Poster presented at 19th World Congress of Soil Science, Soil solutions for a changing World, 1-6 August 2010, Brisbane Australia, 96-98. Published on DVD. http://pub-epsilon.slu.se:8080/1981/01/mattsson_1_100824.pdf

Mattsson, L. 2010. Kalkförsök med potatis (R3-1054) samt det geologiska ursprunget och kornstorlekens betydelse för kalkningseffekterna (R3-1050, -1051, -1053). I Skåneförsök 2009. Jordbruksförsöksverksamheten i Skåne län, Meddelande 76, 95-102.

Mattsson, L. 2008. Krossade eller finmalda kalkprodukter. Försöksrapport 2007 för mellansvenska försökssamarbetet, 44-45. ISSN 1651-7814
http://chaos.bibul.slu.se/sll/hs_r_lan/utan_serietitel_hs_r_lan/UST08-02/UST08-02N.PDF

Mattsson, L. & Kihlstrand, A. 2003. Fyra års resultat från de långliggande regionala kalkningsförsöken. Meddelanden från södra jordbruksförsöksdistriktet 56.21:1-6.

Mattsson, L. 2002. pH och basmättnad i kalkförsöken. I Skåneförsök 2002. Jordbruksförsöksverksamheten i Skåne län, Meddelande 69, 112-115.

Web-information: <http://www-mv.slu.se/vaxtnaring/forsok/1050/allm1050.htm>