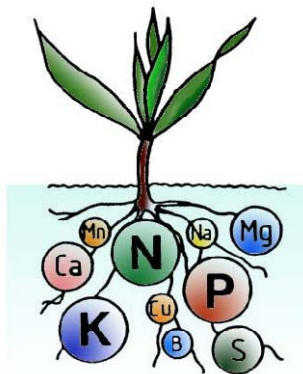




Balansen kalcium – magnesium i marken och skalkkvalitet hos potatis

Soil calcium – magnesium balance and potato skin quality

Lennart Mattsson



Institutionen för mark och miljö
Avd. för växtnäringslära

Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility

Rapport 217
Report

Uppsala 2008
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNL-R—217-SE

Innehållsförteckning

Abstract	3
Sammanfattning	4
Inledning	5
Bakgrund	5
Kalcium i mark och växt	5
Magnesium i mark och växt	6
Material och metoder	6
Försöksplan	6
Provtagningar	10
Resultatbearbetning	10
Resultat	11
Knölskördar	11
Koncentration av Ca och Mg i knölskörden	11
Skalkvalitet	14
Diskussion	15
Slutsatser	17
Ekonomiskt stöd	17
Referenser	17

Abstract

In four field-experiments it was investigated how the balance between AL-soluble Ca and Mg in soil affected potato skin quality, *cv. Sava*. Also the effects of AL-soluble Ca alone were investigated. Experiments were conducted for two years at four Swedish sites in the counties of Västerbotten, Dalarna, Halland and Skåne. The Ca/Mg-ratio was divided into three classes <10, 10-20 and >20. Ca-AL values were grouped in five classes ≤ 48 , 48-75, 75-100, 100-125 och >125. The frequency of skin rupture increased with increasing Ca/Mg. This effect was statistically significant. Skin reformation on the other hand decreased. A clear but not significant increase of potato scab was also observed with increasing Ca/Mg-ratios. Internal as well as skin discoloration appeared to be most frequent for ratios between 10-20.

Impacts of soil Ca content were more evident than those of the Ca/Mg-ratio. Potato scab increased when the Ca content went up while internal discoloration and skin discoloration and skin reformation decreased. The most frequent appearance of skin rupture was observed for Ca soil concentrations between 75-100 mg 100⁻¹ g soil. The changes of internal discoloration, skin reformation and skin rupture with Ca changes were all statistically significant.

For a proper and sufficient production of potato with minimized risks for impaired skin quality the Ca/Mg-ratio should be either <10 or >20.

Sammanfattning

I fyra fältförsök undersöktes hur balansen AL-lösligt Ca/Mg i marken påverkade skalkkvaliteten hos potatis, sort *Sava*. Även effekten av enbart Ca-AL undersöktes. Försöken utfördes två år i rad med ett försök vardera i Västerbotten, Dalarna, Halland och Skåne. Kvoten Ca/Mg grupperades i klasserna <10, 10-20 och >20. Halten Ca-AL grupperades i fem klasser ≤ 48 , 48-75, 75-100, 100-125 och >125. Förekomst av skalbristning hos knölar ökade statistiskt säkert vid stigande Ca/Mg-kvot medan skalåterbildningen samtidigt avtog. En tydlig men inte statistiskt säker ökning av skorvangrepp observerades också när Ca/Mg ökade. Inre och yttre missfärgning tenderade att vara mest frekvent vid kvoter mellan 10 och 20.

Förändringar i Ca-halten hade större betydelse än kvoten Ca/Mg. Skorvangreppen ökade med stigande Ca-halt i marken, medan inre och yttre skalmissfärgning och skalåterbildning avtog. Störst förekomst av skalbristning observerades för Ca-halter mellan 75-100. Förändringarna i inre missfärgning, skalåterbildning och skalbristning var alla statistiskt säkra.

För en säker produktion av potatis med minimerad risk för försämrad skalkkvalitet bör kvoten Ca/Mg vara <10 eller > 20.

Inledning

Rätt markkemisk sammansättning och balans mellan näringsämnen är viktiga kriterier för fungerande växtnäringsupptagning. I detta sammanhang och i synnerhet vid potatisodling har balansen kalcium (Ca) och magnesium (Mg) i både jord och växt kommit att uppmärksammas (SLF forskningsprogram 2005). Var för sig är effekterna relativt välkända men effekter av inbördes förhållanden i växttillgänglig form är ganska okända och föga beaktade under svenska förhållanden. Delvis tillämpas finska erfarenheter i den svenska potatisrådgivning (Ingemar Nilsson, GRO/potatis).

Samband mellan Ca-tillgång och kvalitetsfel hos potatis har ofta anförts. Observationer om ökad förekomst av skorv när Ca-tillgången ökar är vanligt (Goto 1985). Karlsson et al. (2006) visar å andra sidan att frekvensen knölar med inre missfärgning kan minska genom Ca-tillförsel. Germundson et al. (2000) påpekar att bruna fläckar i kärtringen inte är virusbetingade utan en effekt av Ca-brist. Ökad produktion genom kalkning har observerats (Fedotova 2003). Tillgång på Ca har betydelse för cellväggens hållfasthet (Havlin et al. 2005).

I viss mån styrs också upptag av Mg av Ca-tillgången (Jakobsen 1993). Detta motiverar varför ett studium av interaktionen mellan Ca och Mg är aktuellt. Medan Ca-koncentrationen dominerar över Mg i marken är förhållandet det omvända i knölar.

För att närmare belysa hur Ca och Mg interagerar i potatisodlingen har en tvåårig försöksserie *R3-1054, Potatis och Ca/Mg-balansen i marken*, genomförts. Skalkvalitet, skörd och näringsupptag i knölar undersöktes. Serien genomfördes under 2006 och 2007.

Bakgrund

Kalcium i mark och växt

Kalcium påverkar bl.a. cellväggars stabilitet och cellmembraners genomsläpplighet. Kalcium är svårörligt i växten. Koncentrationen av Ca i knölar av potatis är 0,05% av ts (Svanberg 1971) Allmänt leder brist på Ca till "läckage" av cellvätska, ett hämmat näringsupptag och bristande längdtillväxt i rotsystemet (Havlin et al. 2005). Ca har betydelse för rotutveckling och näringstransport Smårötter på stoloner och från potatisens navelände transporterar vatten och Ca till knö-

larna, vilket inte är fallet med huvudrötter från stam och stolonförgreningar (Kratzke & Palta 1985).

I åkermark är Ca som växtnäringsämne starkt beroende av jordart och katjonbyteskapacitet (CEC) och växelverkar i stor utsträckning med pH. I medeltal utgör Ca drygt 80% av CEC, med variation från 1 till 100% (Eriksson et al. 1997). Kalcium tas upp som Ca^{2+} och är sällan kritiskt från växtnärings synpunkt. På senare år har analyser av AL-extraherbart Ca börjat genomföras mera systematiskt. Detta görs i samma extrakt som för bl.a. P (Egnér et al. 1960). Medelvärde för alla sådana analyser från 1989 till 2008, knappt 2300 stycken, i Växtnäringsdatabasen vid inst för mark och miljö, SLU är $300 \text{ mg } 100^{-1} \text{ g jord}$ med variation från 16 till 2900.

Magnesium i mark och växt

Magnesium (Mg) ingår i klorofyllmolekylen och har sålunda en avgörande roll i växtproduktionen (Havlin et al., 2005). Mg i klorofyllet utgör omkring 15-20% av växtens totala Mg-innehåll. Andra funktioner är reglering av proteinsyntesen, som hämmas vid Mg-brist. Praktiskt taget alla delprocesser i energiomsättningen kräver Mg (Havlin et al. 2005). Magnesium i växten är lätttröligt och bristsymptom visar sig på de äldsta bladen först. Halten Mg i knöl i % av ts är 0,1.

Mg-koncentrationen i åkermark varierar med jordart och modermaterial. Ett medelvärde för mättnadsgraden av CEC är 9% (Eriksson et al. 1997). Mg-AL är i medeltal $15 \text{ mg } 100^{-1} \text{ g jord}$ baserat på analyser i Växtnäringsdatabasen från 1989 och framåt, ungefär 2600 stycken. Min- och maxvärden är 1 respektive 90 mg. Mg-AL-värden under $10 \text{ mg } 100^{-1} \text{ g}$ är kritisk gräns då Mg-tillförsel aktualiseras. Magnesium tas upp som Mg^{2+} .

Material och metoder

Försöksplan

I pågående försök med olika kalkprodukter har typiska markkemiska tillstånd etablerats bl.a. med varierande koncentration av Ca och Mg i matjordslagret. Detta förhållande har utnyttjats för att undersöka om och i så fall hur variation i Ca- och Mg-halt i matjorden påverkar potatisskördens kvalitet och kvantitet.

Fyra försöksplatser i kalkförsöksserierna R3-1050/-1051 utnyttjades. I dessa valdes fyra försöksled med olika Ca/Mg-balanser dvs kvoten Ca-AL/Mg-AL. De fyra försöksplatserna var Röbbäcksdalen (Röb) i Umeå, Kungsgården (Kun) i närheten av Hedemora, Kärleken (Kär) utanför Halmstad och Fjälkinge (Fjä) öster om Kristianstad. Följande Ca/Mg-kvoter hade utvecklats enligt tidigare gjorda analyser och låg till grund för urvalet:

	Röbbäcksdalen Västerbotten	Kungsgården Dalarna	Fjälkinge Skåne	Kärleken Halland
A.	13,6	12,6	19,3	7,3
B.	27,7	17,0	30,0	11,0
C.	39,3	21,7	19,7	12,8
D.	4,5	7,6	9,0	13,1

Försöken var fastliggande och utfördes två år efter varandra. Tabell 1 och 2 ger grundläggande fakta om platserna. Från norr till söder varierar årsmedeltemperaturen från 2,8 °C till 7,2 °C. Årsmedelnederbörden stiger från 582 mm på Röbbäcksdalen till 803 mm i Kärleken i västsverige. Det råder stora skillnader i mullhalt. Den avtar från norr till söder från 5,3% till 1,4%. På tre av platserna var jordarten av lätt karaktär med lerhalter under 10%. På Kungsgården i Dalarna låg lerhalten på 22%.

Tabell 1. Några basfakta om försöksplatserna. Temperatur och nederbörd avser årsmedeltal, normalvärden

Table 1. Some basic facts for the experimental sites. Annual long-term means for temperature and precipitation

Plats Site	Lat/Long	Mullhalt O.M. %	Lerhalt Clay %	Temp. Temp. °C	Nederb. Precip mm
Röbbäcksdalen (Röb)	63° 48' N, 20° 14' E	5,3	4,0	2,8	582
Kungsgården (Kun)	60° 23' N, 16° 00' E	5,0	22,0	4,3	629
Kärleken (Kär)	56° 42' N, 12° 52' E	4,2	10,0	7,2	803
Fjälkinge (Fjä)	56° 12' N, 14° 23' E	1,4	2,0	7,6	629

Fosfor (P)- kalium (K)- och bor (B)-värden bestämda på våren 2006 vid försöksstarten visas i tabell 2. Fjälkinge med den lättaste jordarten ligger lågt i K- och B-innehåll. Fosfortalen är tämligen lika mellan led och mellan platser.

Tabell 2. P, K och B i matjorden vid försöksstarten, våren 2006. P och K som AL-lösligt, mg 100⁻¹ g jord, B som hetvattenlösligt, ppm
 Table 3. P, K and B in top soil at the experimental start in spring 2006. P and K as AL-soluble, mg 100⁻¹ g soil (Egnér et al. 1960), B as hot water soluble, ppm

Plats Site	Led Treatment	P	K	B
Röb	A	8,6	8,7	0,18
	B	9,1	12,4	0,19
	C	9,3	12,3	0,17
	D	8,9	11,4	0,16
LSD _{0,05}		2,4n.s ^a	3,7n.s.	n.d. ^b
N		16	16	
Kun	A	10,1	8,5	0,36
	B	10,8	7,2	0,28
	C	12,5	7,7	0,30
	D	9,7	6,9	0,33
LSD _{0,05}		4,6n.s.	3,6n.s.	n.d.
N		12	12	
Kär	A	12,7	10,1	0,22
	B	10,4	9,2	0,26
	C	10,0	8,8	0,22
	D	10,9	9,2	0,24
LSD _{0,05}		3,1n.s.	1,2n.s.	n.d.
N		16	16	
Fjä	A	11,1	3,8	0,07
	B	11,3	4,6	0,09
	C	12,5	3,7	0,05
	D	12,3	4,3	0,08
LSD _{0,05}		1,8n.s.	1,0n.s.	n.d.
N		16	16	

^a n.s.=Ej signifikant *Non significant*. ^b n.d.=Ej bestämd *Not determined*.

Beteckningarna A, B, C och D används endast för att skilja behandlingarna åt. Mellan försöken har beteckningarna inget gemensamt. Det var de redan etablerade markkemiska tillstånderna i varje försök, i detta fall kvoten Ca/Mg som utgjorde "behandlingarna". Den exakta Ca/Mg-kvoten i varje försök bestämdes vid anläggningen våren 2006 (tabell 3).

Tabell 3. pH_{H_2O} Ca, Mg och kvoten Ca/Mg i matjorden vid försöksstarten våren 2006. Ca och Mg bestämda i AL-extrakt (Egnér et al. 1960)

Table 3. pH_{H_2O} , Ca, Mg and the ratio Ca/Mg at the experimental start in spring 2006. Ca and Mg as AL-soluble, $mg\ 100^{-1}$ g soil (Egnér et al. 1960)

Plats Site	Led Treatment	pH	Ca	Mg	Ca/Mg
Röb	A	5,6	74,8	3,3	22,9
	B	6,0	97,0	3,7	25,9
	C	6,4	132,4	5,0	31,7
	D	6,3	89,7	11,0	8,5
LSD _{0,05} N		0,3 16	29,6 16	3,1 16	13,4 16
Kun	A	5,8	118,1	13,3	8,8
	B	6,4	191,4	13,7	14,1
	C	7,1	291,2	14,6	19,8
	D	6,2	137,0	28,9	4,8
LSD _{0,05} N		0,6 12	72,9 16	3,6 16	3,3 16
Kär	A	6,7	124,2	14,8	11,8
	B	6,6	125,2	9,7	14,2
	C	6,9	143,3	8,6	18,5
	D	6,6	121,1	14,0	9,7
LSD _{0,05} N		0,4 16	58,5n.s. 16	8,5 16	13,4 16
Fjä	A	5,8	38,7	2,5	15,3
	B	6,4	63,9	2,5	25,7
	C	7,1	81,8	2,8	29,8
	D	6,2	53,7	5,6	9,6
LSD _{0,05} N		0,6 16	23,0 16	0,9 16	5,7 16

I tre av försöken, Röbbäcksdalen, Kungsgården och Fjälkinge, förelåg statistiskt säkra skillnader mellan Ca/Mg-kvoterna. Generellt var kvoternas värden tämligen olika mellan platserna. Det högsta värdet över 30 uppmättes på Röbbäcksdalen, det lägsta knappt 5 på Kungsgården. Inom platsen var variationen ungefär trefaldig mellan högsta och lägsta värde.

En kompletterande jordprovtagning genomfördes efter skörd 2007 och Ca/Mg-kvoten bestämdes. Det separatredivisas inte men skillnaderna var tämligen stora från våren 2006 till hösten 2007 i ett par försök. I Röbbäcksdalen minskade den, i Fjälkinge ökade kvoten avsevärt, medan den var i stort sett oförändrad i Kärleken. Den ökade kvoten i Fjälkinge berodde främst på att Mg-AL minskade kraftigt från 2006 till 2007.

Provtagningar

Potatis odlades två år i sträck. Skörden vägdes, sorterades och provtogs rutvis. Prov togs med "ögonmått" ur den osorterade fraktionen 40-60 mm. Ett prov från varje behandling, dvs 4 prover per försök. Provvikten var ca 15 kg och analyserades vid SMAK i Älvsjö. Följande parametrar mättes: Skalbriktion skalåterbildning, skalmisfärgning, inre misfärgning och skorvförekomst. År 2 bestämdes också frekvensen yttre skador. Alla värden utgör procent angripna knölar och redovisas under rubriken skalkvalitet. Ytterligare ett ledvis skördeprov, även det före sortering, togs och analyserades med avseende på halten N, P, K, Ca och Mg.

Resultatbearbetning

Alla resultat registrerades och samlades på sedvanligt vis i en SAS-databas. Statistisk bearbetning, variansanalyser, regressioner, medeltalsberäkningar och resultatpresentation i tabeller och grafik har gjorts med SAS (version 9.1 TS level 1M3).

För bearbetning av knölarnas kvalitetsegenskaper utnyttjades hela försöksmaterialet. Markkoncentrationerna av Ca och Ca/Mg-kvoten klassindelades därvid på följande sätt:

Klass	Ca-AL	Klass	Ca/Mg
1	(≤48)	1	≤10
2	(48-75)	2	10-20
3	(75-100)	3	>20
4	(100-125)		
5	(>125)		

Variansskattning i enskilda försök gjordes på basis av enskilda rut- eller ledobservationer. Vid variansanalysen för knölskörd utnyttjades variationen mellan år (2 obs), block (4 obs) och led (4 obs) dvs sammanlagt 32 observationer. För led-
10

vis bestämda analysvärden användes årsvariationen (2 obs) och led (4 obs), sammanlagt 8 observationer för variansskattningen.

Ytterligare resultat finns också på <http://vn.mv.slu.se>, under Växtnäringsförsöken.

Alla data har relaterats till Ca/Mg-kvoten vid försöksstarten (tabell 3).

Resultat

Knölskördar

Två skördeår föreligger för varje plats utom för Kungsgården med ett skörderår. I tabell 4 anförts medelskördarna vid stigande Ca/Mg-kvot. Förhållandevis goda skördar erhöles på Röbbäcksdalen och Kungsgården och ungefär normala i Fjälkinge. I Kärleken var skördarna tämligen mediokra i Kärleken inte minst 2007 års skörd. Sommaren var torr och möjlighet till bevattning saknades och förklarar till stor del den oansenliga skörden. Som jämförelse ska nämnas att genomsnittsskördarna för respektive landsända 2006 var 17,5 ton ha⁻¹ i Norrland, 21,0 ton i Svealand och 30,9 ton i Götalands norra slättbygder (SCB 2007).

Viss effekt av Ca/Mg-kvoten på skördarnas storlek observerades och statistiskt säkra skillnader mellan leden erhöles utom på Röbbäcksdalen. En närmare analys visade att skördarna till övervägande del minskade när kvoten steg. Med andra ord, ju mera Ca som förelåg i förhållande till Mg desto mindre blev skörden.

Det kan inte med säkerhet konstateras om ts-halten i knölna påverkas. Därtill är mätvärdena för motsägelsefulla. Allmänt varierade ts-halten i knölna mellan 15 och 22%.

Koncentration av Ca och Mg i knölskörden

Halten Ca i knölna steg med stigande Ca/Mg-kvot i marken (tabell 4). Effekten var statistiskt säker i ett fall. Mg-halten däremot reagerade nästan inte alls för varierad Ca/Mg-kvot.

Tabell 4. Knölskörd, ton ha⁻¹, vid olika Ca/Mg-kvoter i matjorden våren 2006. Medeltal för skördarna 2006 och 2007. Ca och Mg i mark bestämda som AL-extraherbart. Ca och Mg i knölar som totalhalter i % av ts

Table 4. Tuber yields, tonnes ha⁻¹ at different Ca/Mg-ratios in the top-soil in spring 2006. Means of yields 2006 and 2007. Soil Ca and Mg as AL-extractable concentrations. Ca and Mg in tubers as total concentrations, % of D.M.

Plats Site	Ca/Mg i jord Soil Ca/Mg	Knölskörd Tuber yield	Ts D.M.	Ca %	Mg %
Röb	8,5	23,3	18,9	0,019	0,13
	22,9	22,8	18,5	0,023	0,13
	25,9	21,5	18,7	0,015	0,12
	31,7	22,6	18,2	0,023	0,13
LSD _{0,05}	13,0	2,2 n.s.	2,4 n.s.	0,03 n.s.	0,02 n.s.
N	16	32	8	8	8
Kun	4,8	31,3	14,8	0,036	0,09
	8,8	26,3	16,3	0,018	0,10
	14,1	32,8	14,5	0,049	0,09
	19,8	35,3	16,1	0,038	0,10
LSD _{0,05}	3,3	6.1	n.d.	n.d.	n.d.
N	16	16	4	4	4
Kär	9,7	23,1	19,1	0,033	0,14
	11,8	24,8	19,6	0,029	0,13
	14,2	22,4	19,3	0,027	0,12
	18,5	21,8	19,7	0,044	0,13
LSD _{0,05}	11,9	2,9	1,5 n.s.	0,01	0,03 n.s.
N	16	32	8	8	8
Fjä	9,6	37,4	22,0	0,018	0,11
	15,3	31,4	21,8	0,018	0,11
	25,7	33,5	21,6	0,024	0,11
	29,8	29,3	21,8	0,022	0,11
LSD _{0,05}	5,3	4,9	2,2 n.s.	0,01 n.s.	0,01 n.s.
N	16	32	8	8	8

Tabell 5. Påverkan av kvoten Ca/Mg på knölarnas kvalitetsegenskaper. Procent angripna knölar.

Table 5. Effect of Ca/Mg ratio on tuber skin quality. Per cent affected tubers

Ca/Mg		Skorv	Skalmissf.	Inre missf	Skalåterb	Skalbristn.
Klass	Kvot	<i>Common</i>	<i>Skin</i>	<i>Internal</i>	<i>Skin</i>	<i>Skin</i>
Class	Ratio	<i>scab</i>	<i>discoloration</i>	<i>discoloration</i>	<i>reformation</i>	<i>cracking</i>
1	≤10	4,1	6,0	4,8	2,8	1,2
2	10-20	4,2	7,0	6,2	2,3	2,1
3	>20	7,2	6,9	4,5	1,1	7,2
LSD _{0,05}		5,3n.s.	2,6n.s.	4,1n.s.	3,5n.s.	4,8
N		28	24 ^a	28	28	28

^aData från Kärleken, Halland 2007, uteslutet. Frostsakat prov

Tabell 6. Påverkan av Ca-AL på kvalitetsegenskaper hos knölarna. Procent angripna knölar

Table 6. Effect of Ca-AL on tuber skin quality. Per cent affected tubers

Ca-AL		Skorv	Skalmissf.	Inre missf	Skalåterb	Skalbristn.
Klass		<i>Common</i>	<i>Skin</i>	<i>Internal</i>	<i>Skin</i>	<i>Skin</i>
Class	mg 100 ⁻¹ g	<i>scab</i>	<i>discoloration</i>	<i>discoloration</i>	<i>reformation</i>	<i>cracking</i>
1	(≤48)	1,7	7,8	7,1	7,2	1,5
2	(48-75)	8,8	7,3	6,8	2,6	4,5
3	(75-100)	5,8	6,2	6,5	0,4	7,6
4	(100-125)	3,4	5,2	5,5	0,6	1,1
5	(>125)	5,2	6,2	1,3	0,0	1,9
LSD _{0,05}		7,3n.s.	3,4n.s.	5,5	4,7	5,7
N		28	24 ^a	28	28	28

^aFörsöket i Halland uteslutet 2007. Frostsakat prov

Skalkvalitet

Gruppering av resultaten i klasser beroende på Ca/Mg-kvoten eller i Ca-AL-klasser gav resultat som visas i tabell 5 och 6. Provet från försöket i Halland 2007 frostskaades och uteslöts vad gäller egenskapen skalmisfärgning på grund av kraftigt avvikande värden (tabell 5). En stigande Ca/Mg-kvot är delvis samma sak som att Ca-koncentration stiger eftersom Mg-koncentrationen varierar mindre än Ca. För egenskapen, skalbristning, observerades statistiskt säker skillnad mellan behandlingarna. I övrigt förelåg inga säkra skillnader (tabell 5).

Följande kommentarer avser effekterna av Ca-AL (tabell 6).

Skorvbildning

I ett av försöken var skorvangreppen avsevärda och förrycker medeltalen en del. Sammantaget steg frekvensen skorv med stigande Ca-AL i marken, dock inte så mycket så statistisk signifikans erhöles.

Skalmisfärgning

Prov av potatis från Halland 2007 var frostskaadt med ovanligt hög frekvens av misfärgade knölar. Dessa observationer uteslöts. Då erhöles en statistiskt säker effekt som innebar att ökad Ca-halt i marken sänkte frekvensen misfärgade knölar.

Inre misfärgning

Vid stigande Ca-halt avtog andelen knölar med inre misfärgningar. Effekten var statistiskt säker. Frekvensen minskade från 7% till 1% angripna knölar.

Skalåterbildning

Skalåterbildning registrerades i någon omfattning i AC-försöket 2007 och i L-försöket 2006. Frekvensen knölar med skalåterbildning avtog då Ca-halten ökade. Det handlade om en minskning från 7 till 0%. Minskningen var statistiskt signifikant.

Skalbristning

Frekvensen knölar med skalbristning ökade med stigande Ca-halt men avtog snabbt när Ca-halten översteg 100 mg 100⁻¹g jord. Effekten var statistiskt säker.

Diskussion

Projektets primära syfte var att undersöka och belysa hur kvoten mellan Ca och Mg påverkar knölskörd och knölkvalitet. En kvot är ett känsligt verktyg och resultaten inte sällan svårtolkade, eftersom två varierande variabler ingår, Ca och Mg. Ökar båda relativt lika mycket förändras inte kvoten. Ökar Ca mer än Mg stiger kvoten och tvärtom. Det är räknemässigt lätthanterligt men biologiskt svårtolkat.

Vid försökstarten uppmättes variationer i kvoterna från 5 till 30. Ca-koncentrationen var med andra ord upp till 30 gånger större än Mg-koncentrationen.

Både koncentration och balans mellan olika joner är avgörande för näringsupptaget. Antagonism dvs att en jon försvårar upptag av en annan är välkänt (Johansson & Hahlin 1977). Iakttagelser om motsatsen att de kan gynna varandra, synergism, finns också (Sarkar et al. 2004). I fallet Ca och Mg är antagonism det förväntade. Båda jonerna är tvåvärt positiva och konkurrerar därför om platser i näringstransportkedjan. För låg halt ger bristsymptom hos grödan, hämmad utveckling, mottaglighet för sjukdomar etc.

Frekvensen skalbristning ökade påtagligt när Ca/Mg steg. Vattenbalansen och cellturgor är viktiga faktorer i sammanhanget (Hiller & Jeronomidis 1995). Vidare observerades ökande skorvångrepp med stigande Ca/Mg-kvot, medan främst skalåterbildningen avtog.

För egenskaperna skalmissfärgning och inre missfärgning tycks det finnas ett optimalt förhållande mellan koncentrationen av Ca och Mg. Kvoter på <10 och >20 var mest gynnsamma, medan kvoter mellan 10 och 20 resulterade i ökad frekvens missfärgade knölar. För att minimera skador av denna typ bör Ca/Mg-kvoten vara mindre än 10 och kan uppnås genom tillfredsställande Mg-gödsling. För att nå kvoter >20 krävs Ca-tillförsel med beaktande av den absoluta Ca-halten i marken.

Det kan inte säkert avgöras om detta är effekter av förändrad balans, stigande Ca-tillgång eller ökande pH-värde. Mycket talar för att det är Ca-halten i marken, som är avgörande.

När enbart Ca-halterna betraktades visade det sig generellt att de lägsta skadefrekvenserna noterades vid Ca-AL-halter på 100 eller mera. En ökad Ca-halt i marken medför en ökad Ca-halt i knölnarna och detta är gynnsamt för knölnarnas motståndskraft mot lagerrötter och åldrande under lagring (Wulkow et al. 2007). Ca-halten är en säkrare parameter än pH för att värdera risk för skorvangrepp (Goto 1985).

En jämförelse mellan å ena sidan Ca/Mg-kvotens betydelse och Ca-AL enbart å den andra tyder på att Ca-AL har märkbart större betydelse (tabell 5 och 6). En slutsats av detta är att Ca-AL bör kunna användas vid rådgivningen med ett riktvärde på minst 100 mg 100⁻¹ g jord. Indirekt, för att trygga felfria knölar innebär det Mg-AL på minst 10 mg för att uppnå kvoter <10.

Skörden påverkas också. Den var genomsnittligt minst vid Ca-halter omkring 100 mg 100⁻¹ g jord och ökade både vid lägre och högre Ca-AL-koncentrationer. Att den går upp kan vara en Ca-gödslingseffekt, men också en effekt av högre pH-värden och en gynnsammare markkemisk miljö. Att skörden ökar vid lägre Ca-koncentrationer i matjorden kan bero på minskade skorvangrepp, eller ökad tillgänglighet för Mg. Den lägre Ca-koncentrationen kan gynna upptaget av Mg genom minskad antagonism. Det kan också specifikt hänga ihop med B-situationen.

Vid god tillgång på Mg och där kvoten Ca/Mg är låg blev skörden ofta god. Det tyder på att Mg troligen har positiv genom sin betydelse för proteinsyntesen och i klorofyllmolekylen. Det kan också hävdas att en låg kvot betyder ringa tillgång på Ca.

Bor är ett näringsämne som inte direkt är kritiskt för potatis (Rashid & Ryan 2004). Eftersom undersökningen genomfördes i kalkningsförsök med stora variationer i pH kan B-situationen trots allt vara motiverad att beakta. Effekten av borförgiftning ska heller inte negligeras. Spannet mellan brist och överskott är mindre än för många andra näringsämnen (Rashid & Ryan 2004, Havlin et al. 2005).

Den tydligt nedåtgående tendensen i skördarna på Fjälkinge när Ca/Mg eller Ca-halten går upp hänger troligen samman med att B-tillgången blev kritisk för potatisen. På denna försöksplats var B status den lägsta, ca 0,05-0,1 ppm. Gräns för brist anses gå vid 0,05 ppm men nyligen gjord kalkning, hög Ca-halt och lätt jord är en kombination som lätt framkallar B-brist. Skördedepressionen i Skåneförsöket kan mycket väl vara en effekt av kritisk B-situation.

Knölstorleken påverkades obetydligt av varierande Ca/Mg-kvot och detaljredovisas inte. En viss minskning i fraktionen större än 60 mm observerades när

Ca/Mg-kvoten steg med motsvarande ökning i fraktionerna <40 och 40-60 mm. Omkring 60% av knölskörden återfanns i fraktionen 40-60 mm.

Slutsatser

Kalcium mer än magnesium har betydelse för frekvensen skadade knölar. För tillfredsställande skörd bör kvoten mellan Ca/Mg inte vara större än 10. Om kvoten är större än så men inte når 20 finns två alternativ, antingen tillförsel av Ca för att nå upp till 20 eller tillförsel av Mg för att komma ner mot 10. Vilket alternativ som är bäst måste avgöras från fall till fall, där behov av kalkning och Mg-situationen blir avgörande.

Vid Ca/Mg-kvot mellan 10 och 20 spelar många andra faktorer större roll än Ca/Mg-balansen. Hur justering ska göras uppåt eller nedåt får avgöras från fall till fall.

Indirekta observationer visade att B-tillförsel till potatis bör beaktas när Ca-halten är hög.

Ekonomiskt stöd

Undersökning har stötts ekonomiskt av Stiftelsen lantbruksforskning

Referenser

Egnér, H., Riehm, H. & Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. Kungl. Lantbrukshögskolans annaler 26,199-215.

Eriksson, J., Andersson, A., Andersson, R. 1997. Tillståndet i svensk åkermark. Naturvårdsverket. Rapport 4778. Naturvårdverket förlag.

Fedotova, L.S. 2003. Mineral nutrition, productivity and quality of potato. Agrokimiya 2, 31-36.

- Germundsson A., Sandgren M, Savenkov E., Valkonen J. 2000. Rost i potatis - ett komplext problem med flera orsaker. SLU, Inst. för växtbiologi, Växtskyddsnotiser 3. Uppsala.
- Goto, K. 1985. Relationships between soil pH, available calcium and prevalence of potato scab. *Soil Science and Plant Nutrition* 31:3, 411-418.
- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. & Nelson, W.L. 2005. *Soil fertility and fertilizers*. Pearson Prentice Hall, 7th edition.
- Hiller, S. & Jeronimidis, G. 1996. Fracture in potato tuber parenchyma. *Journal of Materials Science* 31:11, 2779-2796.
- Jakobsen, S.T. 1993. Interaction between plant nutrients. III. Antagonism between potassium, magnesium and calcium. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B, Soil and Plant* 43:1, 1-5.
- Johansson, O. A. H.; Hahlin, J. M. 1977. Potassium/magnesium balance in soil for maximum yield. *Proceedings, International Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture (SEFMIA), Japan 1977*, 487-495.
- Karlsson, B.H., Palta, J. P. & Crump, P.M. 2006. Enhancing Tuber Calcium Concentration may reduce Incidence of Blackspot Bruise Injury in Potatoes. *HortScience* 41, 1213-1221.
- Kratzke, M. G. & Palta, J. P. 1985. Evidence for the Existence of Functional Roots on Potato Tubers and Stolons: Significance in Water Transport to the Tuber. *American Potato Journal* 62, 227-236
- Rashid, A. & Ryan, J. 2004. Micronutrient Constraints to Crop Production in Soils with Mediterranean-type Characteristics: A Review. *Journal of Plant Nutrition* 27, 959-975.
- Sarkar, D., Pandey, S. K., Sud, K. C. & Chanemougasoundharam, A. 2004. In vitro characterization of manganese toxicity in relation to phosphorus nutrition in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Science* 167:5, 977-986.
- SLF 2005. FoU-program potatis – från odling till konsument. Forskningsprogram Potatis. Stiftelsen Lantbruksforskning, 105 33 STOCKHOLM.

SCB 2007. Jordbruksstatistisk årsbok 2007 med data om livsmedel. Jordbruksverket, Statistiska centralbyrån.

Svanberg, O. 1971. De svenska skördeprodukternas innehåll av växtnäringsämnen. Statens lantbrukskemiska laboratorium, Meddelande 37.

Wulkow, A., Sulaiman, M.I. & Pawelzik, E. 2007. Calcium fertilizer in potatoes. Effect of calcium proportion on potato tuber. Kartoffelbau 3, 78-83.

Förteckning över samtliga rapporter finns på

A list of all reports can be found at

<http://www-mv.slu.se/vaxtnaring/forsok/vnrappporter/rappportregister.pdf>

- 181 1991 Lars Gunnar Nilsson: Nitrifikationshämmare - flytgödsel.
Nitrification inhibitors - slurry.
- 182 1991 Lennart Mattsson: Nettomineralisering och rotproduktion vid odling av några vanliga lantbruksgrödor.
Nitrogen mineralization and root production in some common arable crops.
- 183 1991 Magnus Hahlin: Kaliumgödslingseffektens beroende av balansen mellan kalium och magnesium. II. Fältförsök, serie R3-8024.
Influence of K/Mg-ratios on the effect of potassium fertilization. Field experiments R3-8024.
- 184 1991 Käll Carlgren: Skördeeffekter och pH-inverkan av fem kvävegödselmedel studerade i ett långliggande fältförsök.
Influence on yield and soil pH-value from five nitrogen fertilizers studied in a long-term field trial.
- 185 1992 Enok Haak och Gyula Simán: Fältförsök med Øyeslagg.
Field experiments with Øyeslagg.
- 186 1992 Lennart Mattsson: Effekter av halm- och kvävetillförsel på mullhalt, kvävebalans och skörd i ett långliggande fältförsök i Uppland.
Effects on soil organic matter content, N balance and yield of straw and N additions in a long term experiment in Central Sweden.
- 187 1992 Lars Gunnar Nilsson och Magnus Hahlin: Modell för beräkning av växttillgänglig fosfor-P-AL på basis av ICP-analys.
A model for calculation of plant available phosphorus in soil according to AL/standard and AL/ICP.
- 188 1992 Enok Haak och Gyula Simán: Fältförsök med kalkning av fastmarksjordar till olika basmättnadsgrad.
Field experiments with liming of mineral soils to different base saturation.
- 189 1992 Lennart Mattsson och Tomas Kjellquist: Kvävegödsling till höstvetete på gårdar med och utan djurhållning.
Nitrogen fertilization of winter wheat on farms with and without animal husbandry.
- 190 1992 Christine Jakobsson och Börje Lindén: Kväveeffekter av stallgödsel på lerjordar.

Nitrogen effects of manure on clay soils.

- 191 1992 Magnus Hahlin och Erik Svensson: Radmyllning av NPK till fabrikspotatis. Resultat från försöksserie FK-1290. Samarbetsprojekt mellan Försöksavdelningen för växtnäringslära och Fabrikspotatiskommittén.
Placed application of NPK fertilizer to starch potatoes. Results from field experiment project FK-1290.
- 192 1993 Enok Haak: Fältförsök med kalkning av fastmarksjordar i Norrland.
Field experiments with liming of mineral soils in North Sweden.
- 193 1994 Barbro Beck-Friis, Börje Lindén, Håkan Marstorp och Lennart Henriksson: Kväve i mark och grödor i odlingssystem med fånggrödor. Undersökningar på en sandjord i södra Halland.
Nitrogen in soil and crops in cropping systems with catch crops. Studies on a sand soil in Halland in south-west Sweden.
- 194 1994 Enok Haak, Börje Lindén & Per Johan Persson: Kväveflöden i olika odlingssystem. Försök på Lanna, Skaraborgs län.
Nitrogen flow in different cultivation systems. A field experiment at Lanna Research Station in south-west Sweden.
- 195 1995 Käll Carlgren & Jan Persson: Fält-, kärl- och laboratorieundersökningar med Fosforkalk från Karlshamn.
Field, Pot and Laboratory Experiments with Phosforkalk from Karlshamn Ltd.
- 196 1995 Lennart Mattsson: Skördevariationer inom enskilda fält. Storlek och tänkbara orsaker.
Yield variations within individual fields. Magnitude and possible reasons.
- 197 1996 Käll Carlgren: Två fältförsök med jämförelse mellan konventionell och ekologisk fosforgödsling.
Two Field Experiments with Comparison between Conventional and Ecological Phosphorus Fertilization.
- 198 1997 Enok Haak & Gyula Simán: Effekter av kalkning och NPK-gödsling i sju långvariga försök i fält, 1962-92.
Effects of liming and NPK-fertilization in seven long term field experiments, 1962-92.
- 199 1998 Börje Lindén, Käll Carlgren & Lennart Svensson: Kväveutnyttjande på en sandjord i Halland vid olika sätt att sprida svinflytgödsel till stråsäd.
Nitrogen utilization on a sandy soil after application of pig slurry to cereal crops with different techniques.

- 200 1999 Enok Haak: Vädrets och kvävegödslingens inverkan på växtproduktion och näringsupptag i bördighetsförsöket R3-9008, 1985-1992.
Influence of weather and N-fertilization on DM-yield and nutrient uptake in the fertility experiment R3-9008, 1985-1992.
- 201 1999 Lennart Mattsson: Mullhalt och kväveminerisering i åkermark.
Soil organic matter and N mineralization in arable land
- 202 2001 Lennart Mattsson, Thomas Börjesson, Kjell Ivarsson & Kjell Gustafsson. Utvidgad tolkning av P-AL för mark- och skördeanpassad fosforgödsling. *Extended interpretation of labile P for soil and yield related P fertilization.*
- 203 2003 Käll Carlgren: Länsförsök med koppargödsling 1971-73.
Regional field experiments with copper fertilization 1971-73.
- 204 2003 Jan Persson & Käll Carlgren: Långsiktig verkan hos markens kopparförråd.
Long-term copper maintenance.
- 205 2003 Lennart Mattsson: Växtnäring, produktion och miljö
Plant nutrients, production and environment.
- 206 2003 Lennart Mattsson: Kvävebalans i korn och höstvetete.
Nitrogen balance in barley and winter wheat.
- 207 2003 Jan Persson: Kväveförluster och kvävehushållning. Förbättringsmöjligheter i praktiskt jordbruk. Kortsiktiga och långsiktiga markbiologiska processer med speciell hänsyn till kvävet.
Nitrogen losses and N management. Possible improvements in agriculture. Short term and long term soil biological processes with special regard to nitrogen.
- 208 2004 Käll Carlgren & Holger Kirchmann, red. /eds./: Växtnäringsförsörjningen i ekologisk odling. Föredrag hållna 4 mars 2004 på Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien.
Lectures held on 4 March 2004 at the Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry
- 209 2004 Lennart Mattsson: Kväveintensitet i höstvetete vid olika förutsättningar. *Nitrogen fertilization in winter wheat.*
- 210 2005 Lennart Mattsson & Hans Larsson: Att föra bort eller bruka ner halmen påverkar mullhalt, dagmaskar och skadedjur. Undersökningar i långliggande försök i Skåne
To remove or to incorporate straw affects organic matter, earth-worms and pests Studies in three long-term field experiments

- 211 2005 Käll Carlgren & Holger Kirchmann, red. /eds./: Nya metoder för återcirkulation av växtnäringsämnen från avfall. Föredrag hållna på Kungl. Skogs- och lantbruksakademien 3 mars 2005.
New Methods for Recirculation of Plant Nutrients from Wastes. Lectures held on 3 March 2005 at the Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry.
- 212 2006 Lennart Mattsson: Kväveintensitet i korn – avkastning och kväveupptag
Nitrogen intensity in barley – yields and N off-take
- 213 2006 Jan Persson, Lennart Mattsson & Käll Carlgren: Halmnedbrukning – effekt på skörd och mark.
Straw incorporation – effects on yields and soils
- 214 2007 Lennart Mattsson. Eldning med spannmål. Gödslingsåtgärder och havrens bränsleegenskaper.
Cereals for heating. Fertilizer measures and the fuel properties of oats.
- 215 2007 Lennart Mattsson. Mineraliskt kväve i marken. Medelvärden 1990-2006.
Soil mineral N. Means from 1990-2006
- 216 2008 Sigrun Dahlin & Gerd Johansson. Miljöeffekter av hästhållning – anrikning och distribution av kväve och fosfor i marken på hästares vistelseytor.
Environmental impact of horse keeping – nitrogen and phosphorus accumulation and distribution in outdoor areas for horses.
- 217 2008 Lennart Mattsson. Balansen kalcium – magnesium i marken och skalkvalitet hos potatis.
Soil calcium – magnesium balance and potato skin quality

I denna serie publiceras forsknings- och försöksresultat från avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Serien finns tillgänglig vid avdelningen och kan beställas därifrån.

This series contains reports of research and field experiments from the Division of Soil Fertility, Swedish University of Agricultural Sciences. The series can be ordered from the Division of Soil Fertility

DISTRIBUTION:

Sveriges Lantbruksuniversitet
Avd. för växtnäringslära

750 07 UPPSALA
Tel 018-671249
