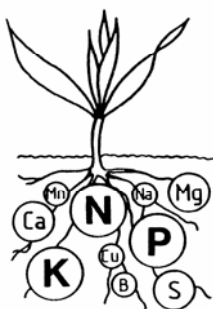




Eldning med spannmål
Gödslingsåtgärder och havrens
bränsleegenskaper

Cereals for heating
Fertilizer measures and fuel
properties of oats

Lennart Mattsson



Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära

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

Rapport 214
Report

Uppsala 2007
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNL-R-214-SE

Innehållsförteckning

Abstract	4
Sammanfattning.....	5
Inledning.....	6
Syfte.....	6
Klor i växten.....	6
Svavel i växten	8
Effekter av klor- och svavelgödsling	7
Spannmålsens bränsleegenskaper	8
Material och metoder	9
Arkivprov	9
Fältförsök	9
Resultat	11
S, Cl och aska i arkiverade spannmålsprover.....	11
S, Cl och aska i 2006 års fältprover	13
Effekter på skörden	15
Diskussion	15
Ekonomiskt stöd	16
Referenser.....	17
Bilagor	18

Abstract

Using oats for heating might cause corrosion on furnaces and metal constructions because of the grain Cl and S content. This content is higher than in *e.g.* wood fuels as is the ash content. The properties of the ash is not ideal as well. The aim of this investigation was to compile Cl and S data in oats in archived samples from plant nutrient experiments on the one hand and to compare different rates of Cl and S respectively on the yield and properties of oats in field experiments on the other. Four experiments with different rates of Cl and four with S were conducted.

Average content in archived oats grain samples was 0,83‰ for Cl, 0,15% for S and the ash content was 3,17% with N=47. On clay soils the Cl content was 0,88 compared to 0,77‰ on light soils. A clear influence on grain Cl content from Cl supply was observed. Grain S content was not affected by external factors. On clay soils the ash content was about 1 percentage unit higher than on light soils.

The field experiments confirmed the laboratory observations that the S content was stable and that S supply had only minor or no effects. The differences between sites were larger than the differences from S rates. On average the grain S content was 0,15 to 0,17%. Varied Cl supply from zero to 100 kg ha⁻¹ on the other hand increased the Cl content from 0,74 to 1,00‰. The yields were not affected of Cl supply. With 10 kg ha⁻¹ S the yields increased with 200 kg ha⁻¹.

By choosing fertilizers without Cl and growing oats on light soils the Cl-content in oats can be reduced without measurable negative yield effects.

Sammanfattning

När spannmål eldas orsakar dess innehåll av svavel (S) och klor (Cl) korrosionsproblem på anläggningar och metallkonstruktioner. Askhalten är högre än hos vedbränslen och askans egenskaper är inte heller idealiska. Undersökningens syfte var att sammanställa analysdata för Cl och S i havre och att jämföra gödslingsstrategier för att mildra de negativa effekterna.

Klor-, S- och askhalt bestämdes dels på arkivprover, dels på prover från fältförsök där Cl- och S-tillförsel jämfördes. Sammanlagt ingick åtta försök i studien, fyra med Cl- och fyra med S-gödsling. Medelhalten i 47 prover av havrekärna var 0,83‰ för Cl, 0,15‰ för S och askhalten var 3,17%. På styvare jordar låg Cl-halten något högre än på de lättare jordarna, 0,88 mot 0,77‰. Stigande klortillförsel påverkade Cl-halten tydligt. Svavelhalten påverkades inte nämnvärt av givan eller av yttre faktorer. Askhalten var ungefär 1 procentenhet högre på lerjordar jämfört med lättare jordar.

I fältförsöken bekräftades observationerna från arkivproven att S-halten i kärna knappast påverkas av S-gödslingen. Svavelhalten låg i genomsnitt på 0,15 till 0,17%. Skillnaden mellan platser var avsevärd. Det betydde mera för S-halten var havren odlades än hur den gödslades. Men S-givan hade betydelse för skördens storlek. Den ökade med 200 kg ha⁻¹ för en S-giva på 10 kg ha⁻¹ S.

En varierad Cl-gödsling från 0 till 100 kg ha⁻¹ Cl ökade Cl-halten från 0,74 till 1,00‰ i medeltal. Klorgödsling påverkade inte skördens storlek.

Genom att uteslutande använda icke Cl-haltiga gödselmedel och genom att odla havre på lätta jordar kan Cl-halten i havre minskas, utan att avkastningen påverkas nämnvärt.

Inledning

Intresset för att elda spannmål har ökat kraftigt de senaste åren. Halm har ju varit aktuellt tidigare men nu riktas blickarna också mot att använda kärnan. Här är möjligheterna till goda tekniska lösningar för transport och hantering gynnsammare än för halmen.

Det ökade intresset har också väckt frågan hur klor- och svavelhalten i spannmålskärna ska hanteras. Eldning med bränslen, som innehåller dessa föreningar bildar korrosiva rökgaser (Rönnbäck & Arkelöv 2006). Både värmeanläggningarna som sådana, rökgångar, eldstäder osv och omgivande metallkonstruktioner, t.ex. plåttak kan skadas.

Askans egenskaper ska också uppmärksammas. Sintring, dvs när temperaturen blir så hög så askan smälter, för att bli mer eller mindre hård och spröd när temperaturen sjunker igen är ett vanligt problem (Rönnbäck & Arkelöv 2006).

Svavel och klor är essentiella växtnäringsämnen och används i odlingen. Relevanta frågor blir därför: Kan gödslingsstrategin anpassas så att halterna av S och Cl minimeras? Hur påverkas askhalten? Vad händer med skörden?

För att belysa frågorna och söka tänkbara lösningar genomfördes det nu aktuella projektet. Här redovisas och sammanfattas hela projektet. En betydande del av arbetet har utförts som examensarbete i växtnäringslära (Larsson 2007). Undersökningarna har finansierats av SLF, VL-stiftelsen och SLU, avd. för växtnäringslära.

Syfte

Undersökningens syfte var utveckla gödslingsstrategin så att S och Cl i kärnan minimeras. Kvaliteten på produkten med avseende på bränsleegenskaper liksom kvantiteten ska beaktas.

Klor i växten

Klor (Cl) är ett nödvändigt växtnäringsämne, som räknas till mikronäringsämnen. Cl tas upp som negativ jon, Cl^- och dess funktion i växten är främst att tjänstgöra som motjon och balansera upptaget av positiva joner som t.ex kalium. I likhet med K har Cl också en reglerande funktion i os-

motiska reaktioner. Reaktioner som bl.a. styr växtens vattenbalans i nära samspel med K. Ingen påvisad struktur eller omsättningsprodukt i växten har visats innehålla Cl (Havlin et al. 1999).

Klor i odlingsmarken kommer från klorhaltiga mineral, från gödselmedel och från nedfall med nederbörden. Nedfallets storlek är starkt kopplat till avståndet till kusten (Williamsson et al. 2004). Kaliuminnehållet i det stora flertalet gödselmedel på marknaden baseras på KCl. Stora Cl-mängder tillförs därför passivt med många gödselmedel.

Svavel i växten

Svavel (S) är ett nödvändigt makronäringsämne. Det tas upp som sulfat (SO_4^{2-}) men reduceras i växten till sulfidsvavel. Svavel är viktigt för proteinsyntesen. De svavelhaltiga aminosyrorna ger många proteiner sin speciella struktur och funktion genom bildning av s.k. disulfid-bindningar.

Under perioden 1960-1990 ansågs aktiv svavelgödsling i Sverige inte särskilt angelägen. De industriella svavelutsläppen och S som biämne i fosforgödselmedel gav tillräckliga mängder ur växtproduktionssynpunkt. När dessa S-källor minskade under 1990-talet ändrades situationen drastiskt och idag innehåller de flesta handelsgödselmedel svavel.

Effekter av klor- och svavelgödsling

Effekter av S-gödsling på skördens kvantitet och S-innehåll är dokumenterad även om antalet fältstudier på senare tid är begränsat mot bakgrund av vad som nämnts ovan. Som exempel kan anföras fältförsöksdata från 8 försök med tillförsel av S till havre (serie L3-3064¹). Där ökade skörden för S-gödsling från 4900 till 5250, dvs. 350 kg ha^{-1} och S-halten i kärnan steg från 0,14 till 0,15% av ts. Svavelgivan var 15 kg ha^{-1} . Kvävehalten låg på 1,54% respektive 1,57% i de båda behandlingarna.

Ett exempel från en annan undersökning visar hur S-halten i höstvetekärna även påverkas av kvävegödslingen (tabell 1). Vid 0 kg N låg S-halten på 0,11% och ökade till 0,13% i genomsnitt vid en N-giva på 150 kg ha^{-1} . Kvävehalten i kärna ökade också.

¹ Resultat vid avd. för växtnäringslära, SLU

Tabell 1. Svavel- och kvävehalt i kärna vid olika N-gödslingsnivåer i höstvet, % av ts (Mattsson 2007)

Table 1. Grain S and N contents, % of DM, at different N rates to winter wheat

N, kg ha ⁻¹	Antal Number	Halt i kärna Contents in grain	
		S	N
0	52	0,11	1,69
50	52	0,11	1,68
100	52	0,12	1,97
150	56	0,13	2,23

Särskild Cl-gödsling för att påverka skörd och kvalitet hos spannmål har inte varit aktuellt. Tillgången på inhemska data vad gäller effekter är därför begränsad. I en sammanställning av litteraturuppgifter redovisar Hadders et al. (2001) en Cl-halt i kärna på 0,96 ‰ med variationsvidden 0,5-1,7 ‰ som medeltal för alla spannmålslag. Williamsson et al (2004) bestämde kloridhalten i veteax i kärnförsök till 1-1,5‰. Den lägre siffran avser kontroll utan klortillförsel, den högre med 200 mg Cl kär⁻¹, som räknat på jordvikten per kär⁻¹ motsvarar ca 100 kg Cl ha⁻¹.

För att motverka uppkomst av s.k. fysiologiska fläckar hos vete har klor-gödsling provats i fältförsök (Gruvaeus 2006). Sortskillnader i klorhalt är dokumenterat (Azmi et al. 1990) och likaså känslighet för uppkomst av fysiologiska bladfläckar vid klorbrist (Engel et al., 1994; Williamsson et al. 2004).

Spannmålets bränsleegenskaper

Spannmål har ett effektivt värmevärde på 4000-4200 kWh ton⁻¹ torrsu-
bstans (Strömberg 2004). Det motsvarar 14760 MJ ton⁻¹ (1 MJ=0.28 kWh).
Värmevärdet är avsevärt högre i spannmål än i t.ex. ved och flis beroende
på den låga volymvikten hos vedbränslen (Larsson 2007). Volymvikten
hos spannmål varierar mellan 500 och 800 kg m⁻³ och hos ved och flis mel-
lan 200 och 300 kg m⁻³.

Två speciella problem hänger ihop med eldning av spannmål. Dels är Cl-
och S-innehållet i spannmål högre jämfört med t.ex. vedbränslen. Detta
orsakar korrosionsproblem på anläggningar och metallkonstruktioner på
grund av rökgasernas syrainnehåll (Rönnbäck & Arkelöv 2006). Dels är
askhalten hos spannmål väsentligt högre än många andra bränslen och
askans egenskaper är dessutom inte heller idealiska (Rönnbäck & Arkelöv

2006). Askar har relativt låg smältpunkt, leder till problem med sintring och stopp i roster och kanaler (Strömberg 2004; Rönnbäck & Arkelöv 2006). Att askan sintrar innebär att den smälter för att klumpa ihop sig och hårdna när temperaturen åter sjunker. Av spannmålsslagen anses havreaska ändå som minst problematisk (Rönnbäck & Arkelöv 2006).

Material och metoder

Arkivprov

I en förstudie bestämdes S-, Cl- och askhalter på arkivprover av havre vid avd. för växtnäring, SLU. 47 prover, som representerade varierande tillförsel av S respektive Cl valdes ut. Proverna har tagits i fosfor-, kalium- och kalkförsök. Svavel tillfördes som biämne i fosforförsöken och Cl i kaliumförsöken. Prover från kalkförsöken utnyttjades för att jämföra S- och Cl-halter vid olika jordars pH-värden. Svavel bestämdes på ICP efter uppslutning i 7M HNO₃, Cl efter extraktion med vatten, askhalt efter föraskning vid 570 °C,

Fältförsök

Två försöksplaner upprättades, den ena för S och den andra för Cl med följande principiella uppläggning.

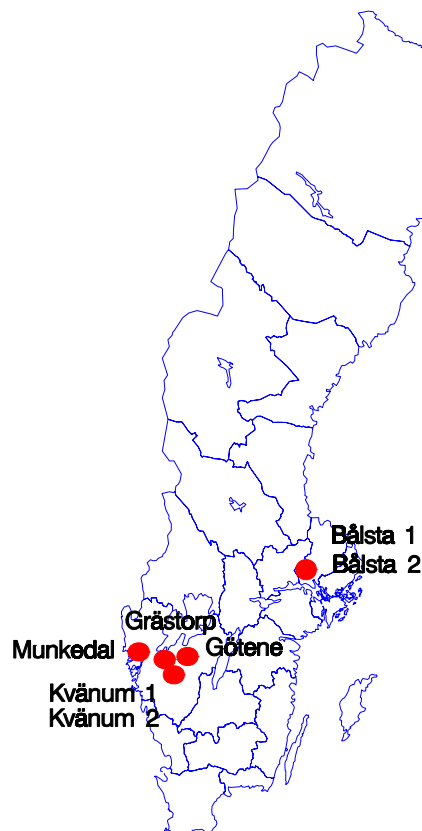
Klor, kg ha ⁻¹	Svavel, kg ha ⁻¹
A. Kontroll, utan Cl	A. Kontroll, utan S
B. 13	B. 10
C. 25	C. 20
D. 50	D. 40
E. 100	E. 80

Att åstadkomma relevanta jämförelser mellan givorna utan alltför störande inflytande från andra näringsämnen är inte helt enkelt. Både Cl och S tillförs som salter i likhet med flertalet växtnärsämnen. När salterna löses upp bildas positiva joner, katjoner, och negativa joner, anjoner. Klor tillförs enklast som kaliumklorid, KCl (47% Cl). Då bildar Cl anjonen och K katjonen. Men K är ju också ett växtnärsämne, och kommer att variera med Cl-tillförseln och påverka resultatet. För att jämföra ut skillnaderna så långt som möjligt användes kombinationer av kaliumklorid, kaliumsulfat och natriumklorid.

För S utgick vi från ammoniumsulfat (24% S) med ammonium-N som katjon. Kvävegivan kopplas till S-givan. För att nå lika N-gödsling i alla led användes kombinationer av ammoniumsulfat och ammoniumnitrat i Suprasalpetter. Detaljer om försöksplanerna finns i [bilaga 1](#) och [2](#).

Fyra försöksplatser valdes för vardera S- och Cl-försöken. Länsfördelningen blev: Svavel, R3-3093, 1 försök i Uppsala län, 2 i f.d. Skaraborgs län och 1 i f.d. Göteborgs och Bohus län. Klor, R3-4038, 1 försök i Uppsala län och 3 i f.d. Skaraborgs län (figur 1). Försöksplatser med olika lerhalt och pH-värde eftersträvades (tabell 2).

Avsiktligt lokaliserades försöken längs en nederbördsgradient med avtagande nederbörd från väster till öster. Den aktuella differensen under perioden april till 15 augusti var dock obetydlig mellan Skara i väster och Enköping i öster (tabell 3).



Figur 1. Försöksplatsernas lokalisering
Figure 1. The localization of the experiments

Tabell 2. Några karakteristika för försöksplatserna.
Table 2. Some characteristics for the experimental sites

	Bålsta1	Götene	Kvänum1	Grästorp
Klor, Cl				
pH	6,3	6,3	6,3	6,6
Lerhalt Clay, %	31,9	39,4	30,8	46,3
Mullhalt, O.M. %	4,6	3,6	6,0	4,7
Svavel, S				
	Bålsta2	Skara	Kvänum2	Munkedal
pH	6,2	6,3	6,3	5,3
Lerhalt, Clay, %	20,0	11,0	13,0	34,4
Mullhalt, O.M. %	4,8	3,5	2,2	5,2

Tabell 3. Nederbörden (mm) uppmätt på mätstationer i närheten av försöksplatserna från väster till öster för perioden 1 april -15 augusti och för året 2006
Table 3.. Precipitation (mm) from meteorological stations near the experiments along a transect from west to east. April 1st-Aug 15th and year 2006

	Station Station		
Period Period	Säve	Skara	Enköping
År Year	1156	717	652
04-01– 08-15	318	259	263

Detaljer om arkivprover och försöksplatser har redovisats av Larsson (2007).

Resultat

S, Cl och aska i arkiverade spannmålsprover

Medeltal och standardavvikelse för alla analyser (47 st) för S, Cl och aska blev $0,15 \pm 0,02\%$, $0,83 \pm 0,42\%$ respektive $3,17 \pm 0,74\%$ (tabell 4). I synnerhet för Cl är variationen avsevärd. En del av variationen beror på skillnader i lerhalt mellan platserna. Klorhalten i kärna var något högre på

Tabell 4. Koncentration i havrekärna av S, Cl, K och aska. Analys av arkivprover med varierande lerhalt och Cl-tillförsel

Table 4. Concentrations of S, Cl, K and ash in grain of oats. Archived samples originating from sites with different clay contents and Cl supply, respectively

	Medel <i>Mean</i>	Stand.avv <i>S.D.</i>	Min <i>Min.</i>	Max <i>Max</i>
Alla All, N=47				
S, %	0,15	0,02	0,10	0,18
Cl, ‰	0,83	0,42	0,42	2,08
K, %	0,45	0,08	0,31	0,59
Aska, %	3,17	0,74	2,00	4,54
Lerhalt Soil type				
Lätta Light textured, N=21				
S, %	0,14	0,02	0,10	0,17
Cl, ‰	0,77	0,44	0,43	2,03
K, %	0,42	0,09	0,31	0,59
Aska, %	2,55	0,43	2,00	3,49
Styva Heavy textured, N=26				
S, %	0,16	0,02	0,11	0,18
Cl, ‰	0,88	0,40	0,42	1,75
K, %	0,48	0,55	0,34	0,59
Aska, %	3,66	0,55	2,78	4,54
Cl-tillförsel, Cl supply, N=13				
Låg Low				
S, %	0,14	0,02	0,10	0,17
Cl, ‰	0,74	0,30	0,42	1,17
K, %	0,43	0,08	0,31	0,54
Aska, %	3,27	0,84	2,15	4,54
Medel Moderate				
S, %	0,15	0,02	0,11	0,17
Cl, ‰	0,84	0,53	0,43	2,03
K, %	0,47	0,07	0,32	0,59
Aska, %	3,14	0,81	2,15	4,25
Hög High				
S, %	0,15	0,02	0,11	0,18
Cl, ‰	0,95	0,53	0,49	1,98
K, %	0,47	0,09	0,31	0,59
Aska, %	3,12	0,83	2,00	4,31

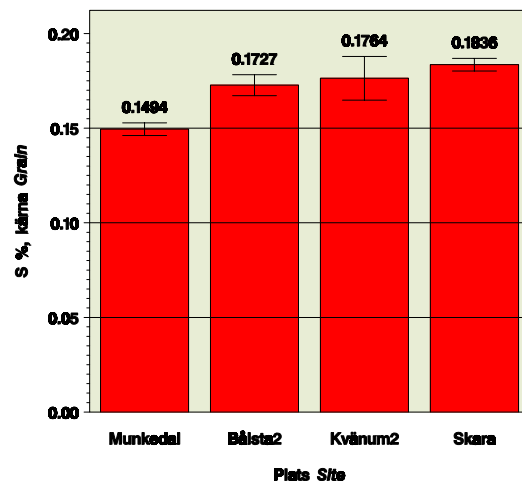
lerjordar än på lättare jordar. Klorgivans storlek hade också betydelse. Stigande Cl-tillförsel ökade halten i kärnan.

Klor- och K-halt samvarierade både för lätta och styva jordar och med stigande Cl-tillförsel. När Cl-halten ökar, ökar även K-halten. En orsak är den större K-tillgången på lerjordar jämfört med lättare jordar. När K-upptaget ökar medför det ett ökat upptag av bl.a. Cl för att kompensera katjonupptaget. En annan orsak till samvariationen är kopplingen mellan Cl och K vid gödslingen. Proverna kommer från försök med stigande K-givor. Med stigande K-gödsling följer också med automatik större Cl-gödsling.

Skillnaden i askhalt i kärna från lätta respektive styva jordar är relativt stor, ca en procentenhet. Den är statistiskt säker. Det kan antas att förutom K-halten ökar också upptaget av t.ex. Ca och Si på lerjordar. Det kan vara en förklaring till de förhöjda askhalterna. Stigande mängd S hade ingen påvisbar verkan på S-halten i kärna. Inte heller markens pH-värde spelade någon roll för halterna av Cl, S och aska och särredovisas därför inte.

S, Cl och aska i 2006 års fältprover

Svavelhalten i havrekärna påverkades obetydligt av stigande svavelgivor. Observationerna i fältförsöken skiljer sig i det avseendet inte från analy-



Figur 2. Svavelhalt i havrekärna, % av ts. Genomsnitt och medelfel av fem S-givor på varje plats.

Figure 2. Grain S content, % of D.M. Means and standard errors for five S rates at each site.

serna av arkivproverna. Däremot erhöles en tydlig skillnad mellan platserna (figur 2). Munkedalsförsöket i Bohuslän avviker från de tre andra platserna med en halt på 0,15% mot 0,18% för de övriga.

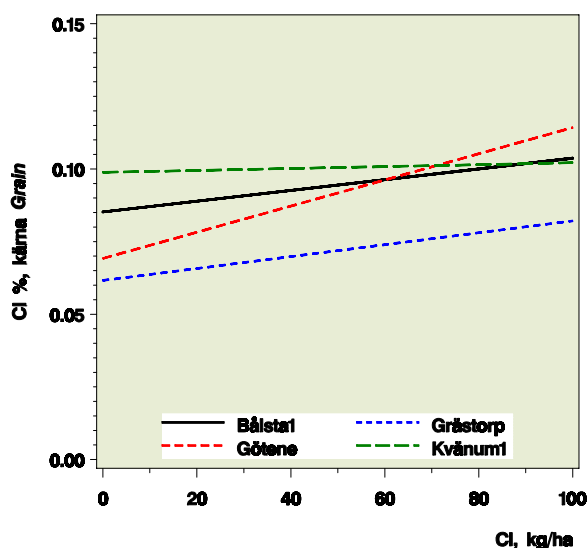
Till skillnad mot S hade Cl-gödsling effekt på halten i kärna. Vid stigande klortillförsel ökade halten i kärnan (tabell 4). I relativa tal var ökningen ungefär 35% för den högsta klogivan, 100 kg ha⁻¹. I absoluta tal handlade det om 0,3 tusendelar. Skillnaden var statistiskt signifikant.

Klorhalterna och reaktionen för stigande Cl-tillförsel varierade mellan platserna (figur 3). På vissa platser var reaktionen för Cl-gödsling liten, på andra avsevärd. Det ger ett intryck av att halten kan höjas till en bestämd nivå men inte mer, men ger samtidigt en antydning att halten kan sänkas påtagligt på vissa platser om Cl-tillförseln minskar. Det är inte klarlagt vad som ligger bakom de låga halterna i Grästorpsförsöket (figur 3).

I medeltal för alla observationer i fältförsöken låg askhalten på 3,38±0,04% (ej redovisat). I svavelförsöken observerades inga skillnader mellan leden. I klorförsöken erhöles den lägsta askhalten vid den högsta klogivan. Skillnaden var statistisk säker men svår att tolka.

Tabell 4. Klorhalt i havrekärna, % av ts försöksvis. Medeltal följda av samma bokstav är inte signifikant skilda åt
Table 4. Grain Cl content, ‰ of D.M. for each site. Means followed by the same letter are not significantly different

Behandling <i>Treatment</i> Cl, kg ha ⁻¹	Plats Site				
	Bålsta1	Götene	Kvänum1	Grästorp	Alla <i>All</i>
Utan Cl	0,69	0,71	0,95	0,60	0,74 ^a
13	0,97	0,75	1,02	0,57	0,83 ^{ab}
25	0,98	0,82	1,01	0,84	0,91 ^{bc}
50	0,99	0,84	1,00	0,61	0,86 ^{abc}
100	0,98	1,17	1,02	0,84	1,00 ^c
LSD _{0,05}	nd	nd	nd	nd	0,02
N					20



Figur 3. Klorhalt i havrekärna, % av ts, som funktion av Cl-tillförsel.
 Figure 3. Grain Cl content, % of D.M. at each site, as a function of Cl-supply.

Effekter på skörden

I medeltal erhöles endast försumbara effekter på skördens storlek i klorförsöken. Betraktas försöken var för sig kunde dock en positiv effekt av Cl-gödsling observeras i tre av fyra försök. För S-gödsling däremot var bilden entydig och en statistiskt säker skördeökning på 200 kg ha^{-1} kärna för 10 kg S erhöles. I medeltal för S-försöken låg skörden på 4400 kg ha^{-1} . Medel-skörden i Cl-försöken var lägre eller 4180 kg ha^{-1} .

Diskussion

Problemen med korrosion hänger samman med bränslets Cl- och S-halt. Att sänka halterna är därför önskvärt. I föreliggande undersökning studerades växtnäringsnivåns inflytande och i någon mån samspelet med odlingsförutsättningarna. Ett omfattande urval av havreprover och jämförande fältförsök med starkt varierad gödsling av både Cl och S har visat att möjligheterna att påverka halterna är ganska begränsade.

De bästa möjligheterna gäller Cl-halten. Både i arkivprover och i fältförsök kunde halterna i havrekärna relateras till klortillförseln. I fältförsöken låg halten på $0,74\%$ utan Cl-tillförsel medan den nådde över $1,00\%$ vid den högsta klogivan, som var 100 kg ha^{-1} Cl. Detta är en hög giva, ungefär en fjärdedel, dvs 25 kg ha^{-1} , kan anses vara normal tillförsel (Larsson 2007).

Överslagsmässigt skulle en reduktion av Cl-halten med nästan 20% kunna åstadkommas genom att uteslutande använda icke-klorhaltiga gödselmedel. Försöken visade att skördeförluster knappast behöver riskeras.

Det har observerats tidigare att klogödsling höjer 1000-kornvikten hos spannmål (Engel et al., 1994; Gruvaeus 2006). Detta bekräftades även i denna undersökning. En skillnad i 1000-kornvikt på 1-2 g mellan icke klogödslat och klogödslat observerades. Detta hade visst inflytande på skördens storlek men inte i sådan omfattning att det är betydelsefullt.

För både S och Cl var skillnaderna mellan platser ofta större än mellan behandlingar. Det betyder alltså mer var odlingen sker än hur den utförs. En enskild faktor av betydelse i sammanhanget är lerhalten. Högre lerhalt innebär högre Cl-halt. Det visade sig i arkivproven och bekräftades i fältförsöken. Klorhalterna i försök på lätt respektive styv jord i led som inte Cl-gödslets kan jämföras. Enligt tabell 2 har Götene och Kvänum1 lerhalter på 30-40% medan Skara och Kvänum2 ligger på strax över 10%. Klorhalterna i jämförbara led var 0,8‰ vid den högre lerhalten mot 0,7‰ i de senare.

Sortskillnader i klorhalt är dokumenterade (Azmi et al., 1990). Trots intentioner blev inte sorten enhetlig mellan försöken. Platsskillnaderna kan därför bli överdrivna. Artskillnader förekommer också (Strömberg 2004; Hadders et al. 2001). Soliman & Zikovsky (1999) redovisar en Cl-halt på 0,7‰ i vetemjöl och 0,5‰ i rågmjöl. Det är något lägre än här uppmätta halter på 0,7-1,0‰. Då det förra avser mjöl och det senare hel kärna är värdena inte direkt jämförbara men antyder att halterna kan vara högre i havre än i vete och råg.

Både Cl och S förekommer som negativa joner i marken. Markens förmåga att binda anjoner är beroende av pH-värdet (Scheffer & Schachtschabel, 1970). När pH sjunker ökar antalet bindningsplatser för negativa joner. Detta kan eventuellt öka upptaget av anjoner och orsaka koncentrationsskillnader i grödan. En jämförelse av halter i kärnan mellan platserna Götene med pH 6,3 och Munkedal med pH 5,6 tydde på en svag tendens till högre halter i Munkedalsförsöket både för S och för Cl.

Ekonomiskt stöd

Undersökningarna har finansierats av Stiftelsen Lantbruksforskning (SLF), VL-stiftelsen och SLU.

Referenser

- Azmi, A. R. & Alam, S. M. 1990. Effect of salt stress on germination, growth, leaf anatomy and mineral element composition of wheat cultivars. *Acta Physiologiae Plantarum* 12, 215-224.
- Engel, R.E. 1994. Grain yield, kernel weight, and disease responses of winter wheat cultivars to chloride fertilization. *Agronomy journal* 86, 891-896.
- Gruvaeus, I. 2006. Kloridgödning mot fysiologiska fläckar i höstvet. Mellansvenska försökssamarbetet, Försöksrapport 2005, 26-28.
- Hadders G., Arshadi M., Nilsson C. & Burvall J. 2001. Bränsleegenskaper hos spannmålskärna – Betydelsen av jordart, sädeslag och sort. JTI-rapport – Lantbruk & Industri 289. JTI – Institutet för Jordbruks- och miljöteknik. ISSN 1401-4963.
- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. & Nelson, W.L. 1999. Soil Fertility and Fertilizers. Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey.
- Larsson, M. 2007. Variationer av klor, svavel och aska i havrekärna – odlingsfaktorernas inverkan på havrens bränsleegenskaper. Examensarbete i växtnäringslära, SLU 148.
- Rönnbäck, M. & Arkelöv, O. 2006. Tekniska och miljömässiga problem vid eldning med spannmål – En förstudie. SP. Sveriges provnings- och forskningsinstitut. Rapport 2006:19.
- Scheffer, F. & Schachtschabel, P. 1970. Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Soliman K. & Zikovsky L. 1999. Determination of Br, Ca, Cl, Co, Cu, I, K, Mg, Mn, Na, Rb, S, Ti and V in cereals, oils, sweeteners and vegetables sold in Canada by neutron activation analysis. *Journal of Food Composition and Analysis* 12, 85-89.
- Strömberg, B. 2004. Miljö- och förbränningsteknik. Bränslehandboken. Värmeforsk Service AB. ISSN 0282-3772. Stockholm.
- Williamsson, U., Gunnarsson, A., Djurle, A. & Kirchmann, H. 2004. Klorbrist orsakar fysiologiska fläckar i höstvet. Fakta Jordbruk 15.



Plan R3-3093

1(2)

[Åter](#)

Varierad intensitet av svavelgödning till havre

Syfte	Studier hur intensiteten i svavelgödning påverkar S-halten i havrekärna avsedd för eldning. Har betydelse för rökgasernas egenskaper. Planen anknyter till R3-4038.																								
Omfattning:	4 försök 2006. Ett i Uppland , övriga i Västsverige. Se vidare under försöksplatser.																								
Försöksplan	För att få rätt svavel- och kvävemängd i kombinerat ammoniumsulfat och suprasalpeter enligt uppställning nedan. Denna kombination leder till att samtliga led får 80 kg N/ha. <table><thead><tr><th>Led</th><th>S-giva (kg/ha)</th><th>Suprasalpeter N27 (kg/ha)</th><th>Ammonsulfat, NS 21-24 (kg/ha)</th></tr></thead><tbody><tr><td>A</td><td>0</td><td>296</td><td>0</td></tr><tr><td>B</td><td>10</td><td>267</td><td>42</td></tr><tr><td>C</td><td>20</td><td>233</td><td>83</td></tr><tr><td>D</td><td>40</td><td>170</td><td>167</td></tr><tr><td>E</td><td>80</td><td>41</td><td>333</td></tr></tbody></table>	Led	S-giva (kg/ha)	Suprasalpeter N27 (kg/ha)	Ammonsulfat, NS 21-24 (kg/ha)	A	0	296	0	B	10	267	42	C	20	233	83	D	40	170	167	E	80	41	333
Led	S-giva (kg/ha)	Suprasalpeter N27 (kg/ha)	Ammonsulfat, NS 21-24 (kg/ha)																						
A	0	296	0																						
B	10	267	42																						
C	20	233	83																						
D	40	170	167																						
E	80	41	333																						
Fältplan	5 försöksled, 4 samrutor = 20 rutor. Slumpad individuell rutfördelning för varje försök. Bruttoreutans storlek 48 m ² .																								
Sort	Belinda																								
Skörderest-behandling	Skörderester återförs.																								
Försöksplatser	Förfrukten skall vara stråsåd. Stallgödsel eller andra organiska gödselmedel får inte ha spritts på fältet senare än 5 år. Uppland: ≤15% lerhalt utan kalkbehov, 1 försök Västsverige: ≤15% lerhalt utan kalkbehov, 1 försök ≤15% lerhalt med kalkbehov, 2 försök																								
Grundgödning	Hela försöket gödglas med 15 kg P och 25 kg K per ha i P20 respektive K50.																								

Bekämpnings- åtgärder	Bekämpning av ogräs, sjukdomar och skadedjur utförs vid behov.
Graderingar	Rutvisa graderingar av 1. Planttäthet vår, 2. Bristsymptom, 3. Parasitangrepp, 4. Stråstyrka vid skörd.
Nederbörd	Uppgift om nederbörden noteras på protokoll från och med gödslingen och fram till skörden och insändes tillsammans med skördekortet.
Skörd	Vid skörd väges endast kärna.
Provtagning	<u>Jord</u> : Generalprov av matjorden vid anläggningen. <u>Kärna</u> : Ledvisa exakt invägda prov (1000 g).
Provhantering	Alla prover till <i>Agrilab AB, Ulls väg 33, 75651 Uppsala</i> En analysbeställning skall medfölja alla prover som skickas för analys. Använd gärna den analysbeställning som utsändes från avd 3. Packlista i vanlig ordning skall också alltid finnas.
Analyser	<u>Jord</u> : Mullhalt, lerhalt, jordart, pH, P-AL, K-AL, Mg-AL, Ca-AL, K-HCl. <u>Kärna (Ledvis)</u> TS, renvikt, 1000-kornvikt, askhalt, S, Cl och N.
Övrigt	Alla åtgärder, provtagningar etc skall signeras med datum på fältkortet. Gör en notering även när beställd åtgärd ej utförts.
Kontakt- personer	Lennart Mattsson SLU, Avd. f. växtnäringslära, 018-671256. Martin Larsson (examensarbetare) 0733-783337, 018-671146, 0293-53113.



Plan R3-4038

1(2)

[Åter](#)

Varierad intensitet av klorgödsling till havre

Syfte Studier hur intensiteten i klorgödsling påverkar Cl-halten i havrekärna avsedd för eldning. Har betydelse för rökgasernas egenskaper. Planen anknyter till R3-3093.

Omfattning: 4 försök 2006. Ett i Uppland på lättare jord, övriga i väst-sverige. Se vidare under försöksplatser.

Försöksplan För att få rätt klor- och kaliummängd i de olika leden kombineras KS 42-18, K50 och Besal enligt uppställning nedan. Detta innebär att 27 kg K/ha tillförs till samtliga led.

Led	Cl-giva (kg/ha)	Kaliumsulfat, KS 42-18 (kg/ha)	Kalisalt, K50 (kg/ha)	Besal (kg/ha)
A	0	64	0	0
B	13	33	26	0
C	25	0	53	0
D	50	0	53	42
E	100	0	53	125

Jordbruksverkets riktlinjer för kaliumgödsling innebär att ungefär 25 kg Cl tillförs om kaliumtillförseln sker med KCl. Led C antas därför motsvara en normalgiva av Cl till havre.

Fältplan 5 försöksled, 4 samrutor = 20 rutor. Slumpad individuell rutfördelning för varje försök. Bruttoreutans storlek 48 m².

Sort Belinda

Skörderest-behandling Skörderester återförs.

- Försöksplatser** Förfrukten skall vara stråsäd. Stallgödsel eller andra organiska gödselmedel får inte ha spritts på fältet senare än 5 år.
Uppland: ≤15% lerhalt utan kalkbehov, 1 försök
Västsvrige: >20% lerhalt utan kalkbehov, 2 försök
>20% lerhalt med kalkbehov, 1 försök
- Grundgödsling** Hela försöket gödslas med 15 kg P och 80 kg N i P20 respektive suprasalpeter (N27).
- Bekämpnings-åtgärder** Bekämpning av ogräs, sjukdomar och skadedjur utförs vid behov.
- Graderingar** Rutvisa graderingar av 1. Planttäthet vår, 2. Bristsymptom, 3. Parasitangrepp, 4. Stråstyrka vid skörd.
- Nederbörd** Uppgift om nederbörden noteras på protokoll från och med gödslingen och fram till skörden och insändes tillsammans med skördekortet.
- Skörd** Vid skörd väges endast kärna.
- Provtagning** Jord: Generalprov av matjorden vid anläggningen.
Kärna: Ledvisa exakt invägda prov (1000 g).
- Provhantering** Alla prover till *AgriLab AB, Ulls väg 33, 75651 Uppsala*

En analysbeställning skall medfölja alla prover som skickas för analys. Använd gärna den analysbeställning som utsändes från avd 3. Packlista i vanlig ordning skall också alltid finnas.
- Analys** Jord: Mullhalt, lerhalt, jordart, pH, P-AL, K-AL, Mg-AL, Ca-AL, K-HCl.
Kärna (Ledvis) TS, renvikt, 1000-kornsvikt, askhalt, S, Cl och N.
- Övrigt** Alla åtgärder, provtagningar etc. skall signeras med datum på fältkortet. Gör en notering även när beställd åtgärd ej utförts.
- Kontaktpersoner** Lennart Mattsson SLU, Avd. f. växtnärlingslära, 018-671256.
Martin Larsson (examensarbetare) 0733-783337, 018-671146, 0293-53113.

Förteckning över samtliga rapporter erhålles kostnadsfritt. I mån av tillgång kan tidigare nummer köpas från avdelningen.

A list of all reports can be obtained free of charge. If available, issues can be bought from the division.

- 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 Henriks-son: 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-, kär- 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 kväve mineralisering 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 kopparföråd.
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 yield and soils
- 214 2007 Lennart Mattsson. Eldning med spannmål. Gödslingsåtgärder och havrens bränseleegenskaper.
Cereals for heating. Fertilizer measures and the fuel properties of oats.

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
