



**Variationer av klor, svavel och aska i havrekärna
– odlingsfaktorernas inverkan på havrens
bränsleegenskaper**

*Variations of Cl, S and ash in oat grains
- effects of the cultivation factors on
the fuel quality of oats*

Examensarbete av:

Martin Larsson

Handledare:

Lennart Mattsson

Institutionen för Markvetenskap

Examensarbete 148

Avdelningen för Växtnäringslära

2007

Box 7014

75007 Uppsala

FÖRORD

Detta examensarbete gjordes på initiativ från Lantmännen eftersom de ville veta om det gick att påverka klor-, svavel- och askinnehållet i havrekärna vid odling. Spannmål innehåller mer klor, svavel och aska än trädbränslen. De högre klor- och svavelhalterna i spannmålen orsakar vid förbränning korrosion i panna, skorsten, på tak m.m.

Jag vill tacka alla som hjälpt mig att genomföra examensarbetet. Arbetet kunde genomföras tack vare bidrag från SLF, SLU och VL-stiftelsen. Framförallt vill jag ge ett stort tack till min handledare Lennart Mattsson för all tid och hjälp samt alla datatips som jag fått. Dessutom vill jag tacka Kjell Gustafsson på Lantmännen i Lidköping, all försökspersonal på Hushållningssällskapet, Mohammad Bigee med personal på Agrilab i Uppsala, Roland Svanberg m.fl. på AnalyCen i Lidköping samt personal på Markvetenskapliga institutionen. Sist men inte minst vill jag tacka min underbara fru Britta som har ställt upp för mig under min agronomutbildning.

NYCKELORD

Bränsleegenskaper, svavelgödsling, klorgödsling, svaveldeposition, klordeposition, pH, lerhalt.

ABSTRACT

The increasing oil prices during the last years have made it profitable to use cereal grains as a fuel. When compared with wood, cereals contain higher amounts of Cl, S and ash. The Cl and S content makes the gases from cereal combustion more corrosive than gases from wood combustion. The goal of this master thesis was to find out the variation of Cl, S and ash content for oat grain grown under different conditions. Oats was chosen because in Sweden it's considered as the cereal with the best fuel qualities. The cultivation factors given most attention were S and Cl supplied by fertilisers. Attention has also been given to soil type, soil pH and S and Cl deposition.

Two cultivation trials were planned, the Cl trial, R3-4038 and the S trial, R3-3093. The trials were carried out during the growing season 2006. Each trial was repeated on four different places in Sweden. The major conclusions from this investigation are:

- The Cl content in oats grains increases when the Cl supply from fertilisers increases, yet the increase of the Cl content isn't linear. The Cl content in the grain increased on average from 0,74 to 0,91 and 1,00 g kg⁻¹ DM when the Cl application rose from 0 to 25 and 100 kg ha⁻¹ respectively.
- When the Cl supply from fertilisers to oats decreases from 25 to 0 kg ha⁻¹, by using K fertilisers with negligible Cl content, the Cl content of the grain can decrease about 19 %.
- The uneven Cl deposition over Sweden doesn't seem to affect the Cl content of the oats grain.
- The size of the S supply doesn't affect the Cl, S and ash content of the oats grain.
- The grain yield of oats increases for S supply up to 10 kg ha⁻¹.
- The S deposition in Sweden or the clay content of the soil doesn't seem to affect the S content in oats grains.
- Oats grown on a soil with pH 5,3 had 15 % lower grain S content than oats grown on soils with pH 6,3. The S content was on average 1,49 and 1,75 g kg⁻¹ DM respectively.
- The proportions of NH₄-N and NO₃-N in the fertilizer doesn't seem to affect the Cl content of the oats grain.

SAMMANFATTNING

De senaste 20 årens prisutveckling, på spannmål och fossila bränslen, har lett till att spannmål nu är ett konkurrenskraftigt bränsle för uppvärmning av byggnader. Sedan slutet av 1990-talet har det varit lönsamt att ersätta oljepannan med en spannmålspanna. Spannmål innehåller dock mer aska, klor (Cl) och svavel (S) jämfört med trä. Då vatten finns tillgängligt kan klor och svavel från rökgasen bilda saltsyra, HCl och svavelsyra, H₂SO₄. Syrorna orsakar korrosion i panna, skorsten och på plåttak och hängrännor.

Målet för detta examensarbete var att bestämma variationen av klor, svavel och aska i kärnan hos havre odlad under olika förhållanden. Den odlingsbetingelse som störst fokus riktades mot var gödslingsintensiteten av klor och svavel. Andra odlingsbetingelser som undersöktes var jordens lerhalt, kalknivå och atmosfäriskt nedfall.

Först analyserades utvalda växtprover ur Avdelningen för växtnärläras arkiv. Resultatet från analysen gav en fingervisning om hur fältförsöken skulle genomföras. Därefter planerades två fältförsök, klorförsöket R3-4038 och svavelförsöket R3-3093. Försöken genomfördes under växtodlingssäsongen 2006. Kärnprover från försöken analyserades.

Klorförsökets resultat gav följande slutsatser:

- Klorhalterna i havrekärnor stiger när klogivan ökar, klorhaltens ökning är dock ej linjär. Klorhalten i kärnan steg i genomsnitt från 0,74 till 0,91 respektive 1,00 g per kg TS när klogivan ökade från 0 till 25 respektive 100 kg per ha och år.
- Då klortillförseln till havre minskar från 25 (som kan ses som normal tillförsel vid användning av KCl) till 0 kg per ha under skördeåret, kan klorhalten i kärnan minska med ca 19 %.
- Den ojämnt fördelade klordepositionen över Sverige verkar ej ge nämnvärd påverkan på klorhalten i havrekärnan.

Svavelförsökets resultat gav följande slutsatser:

- Svavel-, klor- och askhalten i havrekärna påverkas obetydligt av svavelgivans storlek.
- Skörden blev ca 4-5 % högre då svavelgivan ökade från 0 till 10 kg per ha och år.
- Skörden ökar generellt inte då svavelgivan överstiger jordbruksverkets rekommenderade 10 kg per ha och år.
- Svaveldepositionens och lerhaltens påverkan på svavelhalten i havrekärna verkar vara försumbar.
- Svavelhalten i kärnan blir lägre på jordar med lågt pH. På försöksplatsen med pH 5,3 var svavelhalten i kärnan i genomsnitt 1,49 g per kg TS, ca 15 % lägre jämfört med de övriga försöksplatserna som alla hade pH 6,3 och en genomsnittlig svavelhalt på 1,75.
- Förhållandet mellan NH₄-N och NO₃-N i kvävegödselmedlet påverkar troligen ej klorhalten i havrekärnan.

INNEHÅLL

FÖRORD.....	IV
NYCKELORD	IV
ABSTRACT	V
SAMMANFATTNING	VI
INNEHÅLL	VII
INTRODUKTION	1
Bakgrund.....	1
Spannmålseldning	1
Spannmålens bränsleegenskaper	2
Syfte	3
LITTERATURÖVERSIKT	3
Essentiella mineralämnen.....	3
Svavel i mark/växtsystemet.....	3
Svavel i marken	3
Svavel i växten	4
Svavelbrist hos stråsäd	4
Svavelgödsling	4
Svaveltillförsel från atmosfär och fosforgödselmedel	4
Klor i mark/växtsystemet	5
Klor i marken	5
Klor i växten	5
Klorbrist hos stråsäd	6
Klortillförsel från atmosfär och kaliumgödselmedel	6
Variationer i spannmålens sammansättning	7
MATERIAL OCH METODER	10
Arkivproverna	10
Fältförsöken.....	11
Analysmetoder	12
RESULTAT	13
Arkivproverna	13
Fältförsöken.....	14
Klorförsöket, R3-4038	14
Svavelförsöket, R3-3093	19
DISKUSSION	23
Arkivproverna	23
Fältförsöken.....	23
Klorförsöket, R3-4038	24
Svavelförsöket, R3-3093	26
SLUTSATSER	28
Klorförsöket, R3-4038.....	28
Svavelförsöket, R3-3093	28
REFERENSER.....	29
Tryckta referenser	29
Internetreferenser	30
Personliga meddelanden.....	30

INTRODUKTION

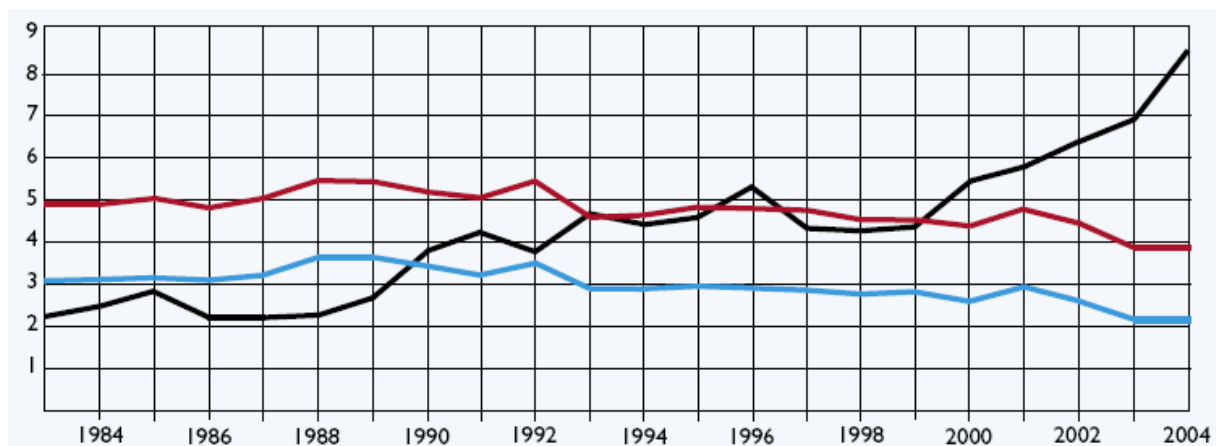
Bakgrund

Spannmålseldning

De senaste 20 årens prisutveckling har lett till att spannmål nu är ett konkurrenskraftigt bränsle för uppvärmning av lantbrukets boningshus. I flera fall är dessutom havre ett intressant bränsle för lantbrukets ekonomibygnader, boningshus utanför gården, närvärmecentraler och t.o.m. industrier. I praktiken motsvarar energiinnehållet i 3 kg spannmål 1 liter eldningsolja. För att det skall vara lönsamt att investera och sköta en särskild spannmålspanna bör prisskillnaden mellan 3 kg spannmål och 1 liter fullskattad eldningsolja vara minst 2,00 kr. I figur 1 syns det att detta förhållande har gällt sedan slutet av 1990-talet (Lantmännen & LRF, 2005).

Enligt Lantmännen & LRF (2005) är havre ofta det lämpligaste sädeslaget vid spannmålseldning, för havre:

- har normalt högst värmevärde
- har lågt marknadspris
- är bra för växtföljden
- har mjuk lättantändlig kärna
- ger mindre risk för sintring av askan
- kan odlas i hela landet
- kan odlas på merparten av Sveriges jordarter



Figur. 1. Prisutveckling i kr för havre och fullskattad eldningsolja, 1983-2004. Grafen som slutar längst upp till höger visar priset för en liter olja, den nedre av de två parallella graferna visar priset för 3 kg havre, den övre visar priset för 3 kg havre plus 2 kr för investering och skötsel av spannmålspanna. (Lantmännen & LRF, 2005).

Spannmålets bränsleegenskaper

Vattenhalten i spannmål och träpellets är lägre än i ved och flis. Spannmål och träpellets har båda en densitet på ca 650 kg/m³. Halm, ved och flis har mycket lägre densitet. Det effektiva värmevärdet mätt i kWh/m³ blir därmed större för spannmål och träpellets än för halm, ved och flis. Det effektiva värmevärdet för spannmål är ca 2100-3200 kWh/m³ eller 4000-4200 kWh/ton. Askhalten samt svavel- och klorinnehållet är ca 3-10 gånger högre i spannmål än i rent trä. Bränsleegenskaper hos eldningsolja och fem biobränslen har samlats i tabell 1 (Lantmännen & LRF, 2005; Strömberg, 2006).

Ett bränsles uppmätta asksmälttemperatur förväntas ge en indikation om dess benägenhet att sintra. Sintringen kan orsaka igensättning och stopp i pannan. Asksmälttemperaturen för skogsbränslen, havre och övriga sädeslag är ca 1100-1200, 1150-1380 respektive 700-800 °C (Rönnbäck & Arkelöv, 2006).

Korrosionsproblem har rapporterats vid spannmålseldning. De korrosionsskador som har rapporterats är oftast snabbt uppkomna skador på insatsrör, men även skador på asklådor, skorstensanslutningar, hänggrännor och plåttak. Vanligtvis består skadorna av punktangrepp vilket är typiskt för klorangrepp (Rönnbäck & Arkelöv, 2006).

Svavel och klor i spannmål orsakar både problem med korrosion och utsläpp av försurande ämnen. Vid förbränning kan de lämna bränslet i gasfas, huvudsakligen som svaveldioxid och saltsyra. Då vatten finns tillgängligt kan klor och svavel bilda saltsyra, HCl respektive svavelsyra, H₂SO₄. Syrorna är starkt korrosiva om rökgasen tillåts kondensera i skorstenen. Även organiska syror som myr- och ättiksyra kan kondensera men dessa har vid undersökningar förekommit i låga halter och är även betydligt mindre korrosiva (Rönnbäck & Arkelöv, 2006).

För att undvika korrosionsproblem rekommenderar leverantörer och användare av spannmålspannor flera olika åtgärder, bland annat skall rökgastemperaturen vara så hög så att kondensation inte kan ske i skorstenen. Vid småskalig eldning kan det dock i praktiken vara svårt att hela tiden ha tillräckligt hög rökgastemperatur för lasten regleras genom att brännaren slås av och på (Rönnbäck & Arkelöv, 2006).

Vid spannmålseldning kan kalktillsats ge positiva effekter. Resultat från försök där kalk tillförts har visat att 50 % av svavlet från spannmålskärnan kan bindas i askan. I Danmark där rågvete ofta används vid spannmålseldning är det vanligt att 1-5 % kalk tillförs för att öka asksmälttemperaturen (Rönnbäck & Arkelöv, 2006).

Tabell 1. Bränsleegenskaper hos eldningsolja och fem biobränslen (Lantmännen & LRF, 2005; Strömberg, 2006)

	Eldningsolja Eo 1	Träpellets	Spannmål	Halm fyrkantsbal	Ved barr/löv	Flis barr/löv
Vattenhalt, %	0	7-10	12-15	10-20	20-40	25-45
Volymvikt, kg/m ³	840	650	500-800	150	330	200
Effektivt värmevärde, kWh/ton	11900	4800-4900	4000-4200	3700-4000	3500-3900	3300-3700
kWh/m ³	10000	3100-3200	2100-3200	550-600	1150-1300	800-900
Verkningsgrad, %	85-90	80-85	75-80	75-80	75-80	75-80
Svavel vikt-% TS	-	0-0,3	0-0,5	0,05-0,2	0,01-0,04	0-0,3
Klor vikt-% TS	-	0-0,05	0,02-2,3	0,05-1,5	0,005-0,06	0,05
Askhalt, vikt-% TS	0,005	0,4-0,8	2-4	4-10	0,3-1,7	0,4-0,6
För att ersätta 1 m ³ Eo inkl. verkningsgradseffekt åtgår:						
i ton	0,84	2,2-2,3	2,7-2,9	2,9-3,1	2,9-3,3	3,1-3,5
i m ³	1	3,4-3,6	3,7-5,4	19-21	8-9	14-16
Kg aska/m ³ ersatt Eo	0,1	10-20	70-90	200-250	30-40	30-40

- = uppgift saknas

Syfte

Syftet med detta arbete är att bestämma variationen av klor, svavel och aska i kärnan hos havre som är odlad under olika förhållanden. Det förhållande som främst kommer att undersökas är gödslingsintensiteten med avseende på klor- och svaveltillförsel. Andra odlingsbetingelser som kommer att uppmärksammas är lerhalt, kalknivå och regional lokalisering.

LITTERATURÖVERSIKT

Essentiella mineralämnen

Enligt Havlin m.fl. (2005) anses ett mineralämne vara essentiellt för växtens tillväxt och utveckling om det ingår i växtens metabolism och om den inte kan fullfölja sin livscykel utan mineralämnet. Kol, (C) väte (H) och syre (O) är de vanligaste ämnena i växter, de är essentiella ämnen men räknas ej som mineralämnen. Det 14 essentiella mineralämnena indelas i två grupper. Indelningen baseras på mineralämnets relativa mängd i växten. Till makronäringsämnena hör kväve (N), fosfor (P), kalium (K), svavel (S), kalcium (Ca) och magnesium (Mg). Till mikronäringsämnena hör järn (Fe), zink (Zn), mangan (Mn), koppar (Cu), bor (B), klor (Cl) molybden (Mo) och nickel (Ni). Jämfört med makronäringsämnena är koncentrationen av mikronäringsämnena i växten mycket låg (Havlin m.fl., 2005).

Svavel i mark/växtsystemet

Svavel i marken

Svavlets kretslopp i ekosystemet liknar kvävet, båda har en gaskomponent och båda växtnäringsämnenas förekomst är starkt förenad med förekomsten av organiskt material (Havlin m.fl., 2005). Enligt Simán (1996) är svavelmängden i matjorden ca 800 kg ha⁻¹ (50-

5000 kg ha⁻¹). Majoriteten (95-99 %) är bundet i mullsubstansen. Mullämnenas genomsnittliga svavelhalt är ca 0,5 %. Växttillgängligheten hos det organiskt bundna svavlet bestäms av nettomineraliseringen. Vanligtvis kan mellan 3 och 8 kg S frigöras under växtsäsongen (Simán, 1996).

Svavel i växten

Alla levande organismer innehåller svavel, som anses vara lika viktigt som kväve. Växterna tar huvudsakligen upp svavel som sulfat (SO₄²⁻) från marken. Dessutom kan en viss mängd svavel tas upp som svaveldioxid från atmosfären genom klyvöppningarna. Svavel är en del av de essentiella aminosyrorerna methionin, cystein och cystin, dessutom ingår S i flera coenzymmer och prostetiska grupper (Simán, 1996). Växternas svavelkoncentration ligger normalt mellan 0,1-0,5 %. Svavelinnehållet ökar i följande ordning: *Poaceae* < *Fabaceae* < *Brassicaceae*. Skillnaderna beror på svavelinnehållet i frö och kärna, 0,18-0,19 %, 0,25-0,3 % respektive 1,1-1,7 % (Havlin m.fl., 2005).

Svavelbrist hos stråsäd

Svavel är svårörligt i växten, därför uppträder svavelbristsymptomen oftast på de yngre bladen. I stråsäd är symptomen gula längsgående ränder på bladen. I fält uppträder svavelbristen som gulflammighet främst på delar av fältet med lättare jord. Samspelet med kväve kan här användas för att säkerställa prognosen. Är symptomen kraftigare där kväve har blivit dubbelgödslat så stärker det misstanken om svavelbrist (Svensson, 1996).

Svavelgödsling

Grödornas behov av svavel är i samma storleksordning som deras magnesiumbehov med undantag för oljeväxter där svavelbehovet är dubbelt så stort. Gödslingsbehovet till stråsäd är ca 10-15 kg S ha⁻¹. Växttillgängligt svavel i marken föreligger som SO₄²⁻. Sulfatjonen binds dåligt till markpartiklarna och följer lätt med vattnet nedåt i markprofilen. Därför är förrådsgödsling inte genomförbart (Jordbruksverket, 2005).

Svaveltillförsel från atmosfär och fosforgödselmedel

Grödornas svavelförsörjning har under lång tid säkrats genom nedfall från förbränning av fossila bränslen samt genom P- och PK-gödsling. Till följd av minskade utsläpp, mer koncentrerade gödselmedel och reducerad fosforgödsling har den "passiva" svaveltillförseln minskat betydligt (Jordbruksverket, 2005). Tillförseln av S med mineralgödselmedel till jordbruksmark i Sverige minskade från ca 40 000 ton/år under 1981/82 till ca 5 100 ton/år 1993/94 (Simán, 1996). Det genomsnittliga svavelnedfallet i Sverige sänktes från 20 kg ha⁻¹ år⁻¹ 1975 till 6 kg ha⁻¹ år⁻¹ 1995 (Svensson, 1996).

Svaveltillförseln till åkern från atmosfären blir större ju mer det regnar och ju närmare svavelkällan (industrin) ligger. Detta leder till att den atmosfäriska depositionen är störst i sydvästra Sverige (ca 5-10 kg S ha⁻¹ år⁻¹), medan nedfallet minskar gradvis mot norr och öst i landet (Kudsk, 2002). Enligt Svensson (1996) varierade svavelnedfallet 1995 från 12 kg ha⁻¹ i västra Götaland till 2-6 kg ha⁻¹ i östra Svealand och stora delar av Norrland. Aktuella siffror, redovisade i tabell 2, visar att svaveldepositionen fortsatt att minska under senare år. Eftersom en stor del av nederbörden faller på hösten och vintern när ingen gröda finns på

fälten, kommer mycket av svavlet från atmosfären inte grödan till godo, utan utlakas i stället (Kudsk, 2002).

Klor i mark/växsystemet

Klor i marken

Det klor som finns i jorden har sitt ursprung från mineraler, från små luftburna droppar av havsvatten samt från vulkanutbrott. Det mesta av markens klor (Cl^-) är en del av lösliga salter som NaCl , CaCl_2 och MgCl_2 (Ledin, 2001). På grund av Cl^- löslighet och rörlighet utlakas klor då nederbörden eller bevattningen är större än evapotranspirationen. Nästan alla kloridjoner som finns i marken har varit i havet, åtminstone en gång (Havlin m.fl., 2005). I klorets kretslopp ingår att marina sediment stiger upp ur havet, utlakas på klor, som senare transporteras genom atmosfären i vattendroppar från havet och faller ner över land med regn och snö (Ledin, 2001).

Klor i växten

Kloridjonen (Cl^-), som är lätt rörlig i växten, kan tas upp av både rötter och blad (Havlin m.fl., 2005). Enligt Mengel & Kirkby (1987) är konkurrens mellan Cl^- och NO_3^- samt mellan Cl^- och SO_4^{2-} vid rotupptag ett känt fenomen. I praktiken kan detta påverka grödans kvalitet.

Kloridjonens primära funktion i växten är reglering av osmotisk potential. För att växten skall kunna ta upp och utnyttja näringsämnen effektivt lagras näringsämnena i cellernas vakuoler innan de transporteras till de delar där tillväxt sker. Kloridjonen är essentiell då den reglerar den elektriska balansen i tonoplasten (vakuolens membran). Kloridjonen är motjon till K^+ då K^+ pumpas in och ut ur slutarcellerna som reglerar klyvöppningens öppnande. Kloridjonen är också viktig i fotosyntesen, ett bevis för detta är kloroplastens klorinnehåll som är ca 10 % (Havlin m.fl., 2005).

Koncentrationen av Cl i växter ligger oftast mellan 0,2-2,0 %, men koncentrationer upp till 10 % är inte ovanligt. Alla dessa koncentrationer är mycket större än de fysiologiska behoven för de flesta växter. Koncentrationer mellan 0,5-2,0 % i vävnaden hos känsliga grödor kan sänka dess skörd och kvalitet. Tåliga grödor får sämre skörd och kvalitet då koncentrationen överstiger 4 %. Havre räknas varken som känslig eller tålig när det gäller kloröverskott (Havlin m.fl., 2005).

När kväve tas upp som ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$) ökar upptaget av anjoner för att bibehålla neutral jonbalans. Vävnaden i växter gödslade med $\text{NH}_4\text{-N}$ innehåller vanligtvis mer Cl än vävnaden i växter gödslade med nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$) eller $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$ oavsett klorhalten i näringslösningen (Kafkaki m.fl., 2001).

Tabell 2. Årlig och genomsnittlig svaveldeposition uppmätt på fyra olika platser i Sverige mätt i $\text{kg SO}_4\text{-S ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ (Pihl Karlsson, 2006)

Mätstation	Mätstationens lokalisering	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2000-2005
Abisko	ca 150 km SV om Treriksroset	0,4	0,9	0,3	0,3	0,5	0,2	0,4
Ryda Kungsgård	ca 10 km N om Enköping	3,1	2,5	1,9	2,6	1,4	1,6	2,2
Granan	ca 20 km N om Vänersborg	7,2	-	-	3,7	5,2	4,4	5,1
Svartedalen	ca 30 km N om Göteborg	7,2	4,5	5,0	5,8	6,1	-	5,7

Klorbrist hos stråsäd

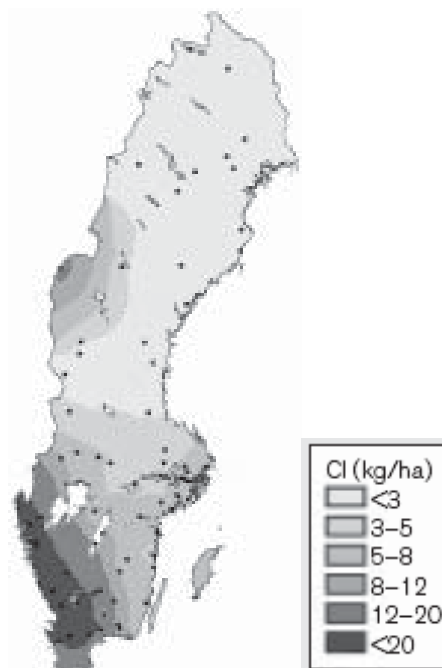
På 1990-talet väckte fysiologiska fläckar en livlig debatt i Sverige. Fläckarna såg precis ut som fläckar orsakade av de två svampsjukdomarna vetets bladfläcksjuka och vetets brunfläcksjuka. Begreppet ”fysiologiska fläckar” avser gulbruna fläckar på växten orsakade av en störning i växtens ämnesomsättning eller en genetisk svaghet, alltså inte en mikrobiell infektion. I fält- och kärlförsök med höstvetete har gödsling med klorid hindrat uppkomst av fysiologiska fläckar. Vid lägre halter än 0,2 % klor i växten bildades under stråskjutning fysiologiska fläckar hos höstvetesorten Kosack, men ej i sorten Stava (Williamsson m.fl. 2004).

Klortillförsel från atmosfär och kaliumgödselmedel.

Då lantbrukaren gödslar stråsäd med handelsgödsel innehållande kalium tillförs också klorid i form av kaliumklorid. Klor tillförs även vid gödsling med stallgödsel (Williamsson m.fl. 2004). På jordar med K-AL-klass lika med eller större än IV, är halten växttillgängligt K så hög så att kaliumgödsling inte behöver utföras regelbundet eller kan ske med lägre doser (Jordbruksverket, 2005).

Ett exempel på normal klortillförsel till havre gödslad med kalisalt: Enligt jordbruksverket (2005) är riktgivan för kalium till stråsäd, med skördenivån 5 ton per ha som odlas på åker med K-AL klass III, 25 kg K ha⁻¹. Om K tillförs som kalisalt, som innehåller 49,8 % K och 47 % Cl⁻, blir klortillförseln till denna åker 23,6 kg ha⁻¹.

Kloridnedfallet i Sverige har en tydlig gradient med störst nedfall längs västkusten och minst i norra och östra Sverige (figur 2). Anledningarna till denna gradient är dels att havets inverkan på nederbördens kloridhalt minskar med avståndet till kusten, dels att nederbörden i Västsverige förs in med sydvästliga vindar (Williamsson m.fl., 2004). Begränsad tillväxt hos grödan orsakad av klorbrist förekommer i områden med lågt atmosfäriskt nedfall av Cl (Havlin m.fl., 2005).

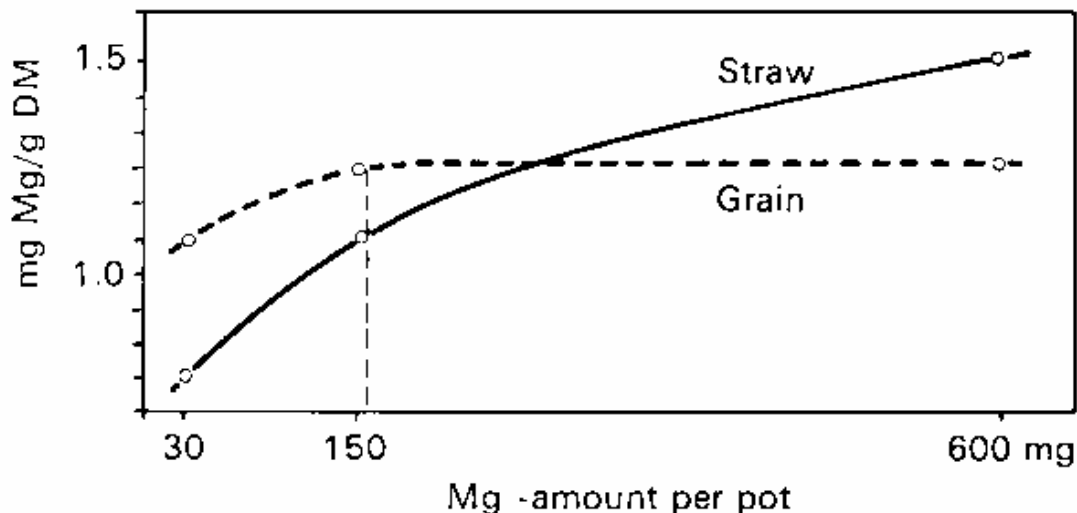


Figur 2. Årlig klordeposition i Sverige. Medeltal 1993-2003 efter data från IVL Svenska Miljöinstitutet AB (Williamsson m.fl., 2004).

Variationer i spannmålets sammansättning

Enligt Mengel & Kirkby (1987) skiljer sig mineralsammansättningen avsevärt mellan växternas olika organ. Generellt varierar sammansättningen för vegetativa delar som blad, stam och rot mer än sammansättningen hos frukter, knölar och frön. Växten försör sina frukter eller frön med mineraler och organiskt material på bekostnad av övriga växtdelar, detta leder generellt till endast små variationer av sammansättningen i reproducerande och lagrande organ hos växten. I en studie med ökande magnesiumtillgång i jord var halmen mer påverkad av Mg-tillgången än kärnan (figur 3). Samma förhållande gäller för andra växtnäringsämnen (P, K, N, Fe, Ca).

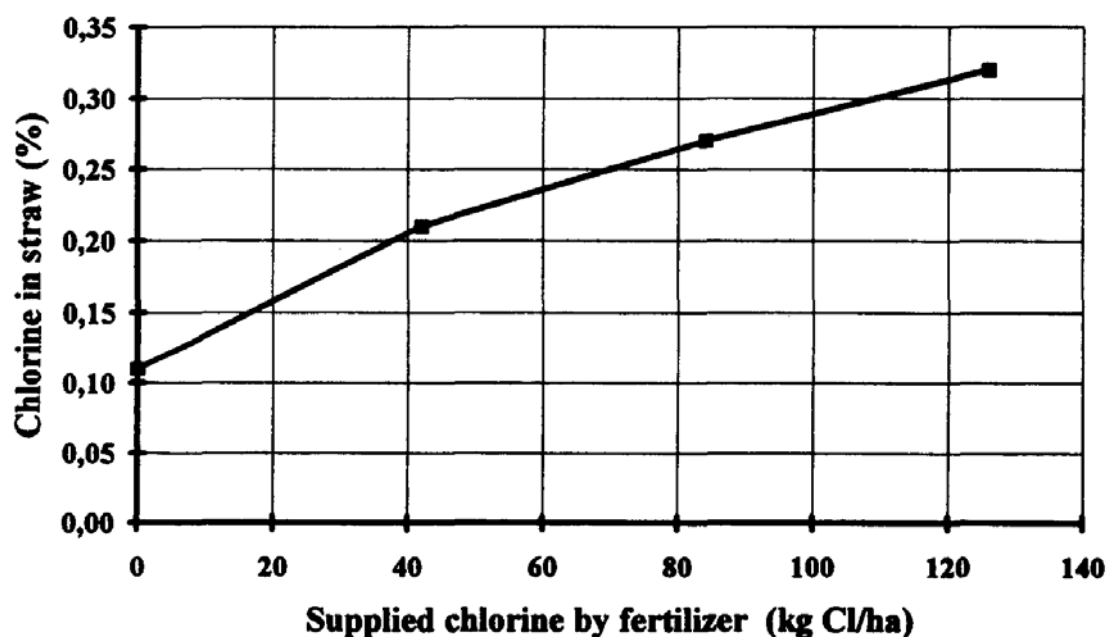
I Storbritannien utfördes svavelgödslingsförsök under åren 1987-1990. Försökens syfte var att utreda om spannmål (höstvet, höstkorn och vårkorn), odlad i områden där det atmosfäriska nedfallet understeg $20 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, behöver gödslas med svavel. I nolledet (det försöksled där inget S-gödselmedel tillförts) varierande svavelkoncentrationen i spannmålskärnorna från 0,09 till 0,15 % av TS. När svavelgivan, till spannmål gödslad med gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ökade så ökade svavelkoncentrationen i kärnan signifikant på endast en av tolv försöksplatser (Withers m. fl., 1995).



Figur 3. Magnesium i halm och kärna som en funktion av mängden magnesium i odlingskärlet (Schreiber 1949, citerad av Mengel & Kirkby 1987).

I danska fältförsök gjorda av Sander (1997), under växtodlingssäsongerna 1993 och 1994, har bränsleegenskaperna hos halm, helsäd och träflis studerats, störst fokus riktades mot halmen. I försöken studerades halm från vete, korn, råg och höstraps. Målen med studien var att dels se om olika odlingsfaktorer påverkar den kemiska sammansättningen hos biobränslet, dels se hur klortillförsel från gödselmedel påverkar halmens sammansättning. Slutsatserna från försöken var:

- Det finns inte någon korrelation mellan innehållet av K och Cl i halm och jordarten, däremot fanns en tydlig tendens till ökat Si- och minskat N-innehåll i halmen vid ökande lerhalt.
- Varken N- eller P-giva eller typ och dos av växtskyddsmedel kunde påverka halmens K- och Cl-innehåll.
- Det finns ett starkt samband mellan Cl-innehållet i halm och tillförseln av Cl med gödselmedlet (figur 4, tabell 3). Att inte halmens K-koncentrationen ändras i tabell 3 beror på den generellt höga kaliumhalten i danska jordar.
- Regn på halmen efter skörd leder till att betydande mängder K och Cl lakas ut.
- Koncentrationen av K och Cl i halmen kan variera mellan sorter. Vetesorten Pepital hade lägre innehåll av de nämnda ämnena än vetesorterna Haven och Sleipner (tabell 4). Skillnaden mellan sorterna var statistiskt signifikant.
- Genom att tillföra K_2SO_4 istället för KCl i gödslingsförsöket ökade svaveltillförseln till fältet signifikant. Valda prov som analyserats visade att ökad svavelgiva inte gav högre S-koncentration i halmen.
- Då spannmålskärna och halm jämförs, innehåller kärnan mindre K, Ca, Si och Cl men mer N, se tabell 5.



Figur 4. Klor i halm som en funktion av mängden tillförd klor via gödselmedel (Sander, 1997).

Tabell 3. Exempel på resultat från försök med olika K-, S- och Cl-givor (efter Sander, 1997)

K	Gödselgiva (kg/ha)		Koncentration i halm (% av TS)	
	Cl	S	K	Cl
0	0	0	0,77	0,10
68	0	30	0,83	0,12
137	0	60	0,95	0,11
137	42	40	0,74	0,21
137	84	20	0,80	0,27
137	126	0	0,82	0,32

Tabell 4. Medelvärden för klor- och svavelinnehåll i halm (% av TS) från grödor som odlats under samma odlingsbetingelser (Sander, 1997)

Gröda/Sort	Antal prov	K	Cl
<u>Vårkorn</u>			
Collie	13	0,80	0,38
Digger	13	0,92	0,37
<u>Vete</u>			
Haven	11	1,05	0,42
Pepital	11	0,79	0,29
Sleipner	11	1,14	0,51
<u>Råg</u>			
Marder	5	0,92	0,21
Petkus II	5	1,02	0,21

Tabell 5. Sammansättningen i halm och kärna (% av TS) (Sander, 1997)

	Höstkorn		Vårkorn		Vete		Råg	
	Halm	Kärna	Halm	Kärna	Halm	Kärna	Halm	Kärna
Aska	4,2	1,9	4,8	2,3	3,5	1,4	3,1	1,5
K	1,19	0,39	1,27	0,52	0,76	0,35	0,98	0,43
Ca	0,43	0,05	0,31	0,06	0,25	0,03	0,33	0,04
Si	e.a.	e.a.	0,64	e.a.	0,65	0,005	e.a.	e.a.
Cl	0,67	0,12	0,69	0,15	0,36	0,07	0,19	0,08
Si	e.a.	e.a.	0,1	0,1	0,1	0,1	e.a.	e.a.
N	e.a.	e.a.	0,76	1,72	0,44	2,13	e.a.	e.a.

e.a.= ej analyserat

Hadders m.fl. (2001) har undersökt bränsleegenskaperna hos spannmålskärna. Syftet med studien var att se hur bränslekvaliteten hos några sädeslags sorter påverkades av jordarten. Denna studies fokus låg på askans sammansättning och smälteegenskaper. I studien upptäcktes ej något samband mellan lerhalten i jorden och spannmålskärnans askhalt.

MATERIAL OCH METODER

För att få reda på klor- och svavelvariationerna i havrekärna analyserades först havreprov ur arkivet vid avdelningen för växtnäringslära. Resultatet från analyserna av arkivproverna skulle ge en anvisning om hur fältförsöken skulle utformas.

Arkivproverna

Avdelningen för växtnäringslära på Institutionen för markvetenskap har flera långliggande försök. En del försök startades redan på 1940- och 1950-talet, det äldsta startades 1936 (SLU, www). En hel del växt- och jordprover från de olika försöken har sparats i ett arkiv. Det finns inga långliggande försök skapade för att utvärdera gödslingsintensiteten av S och Cl till spannmål, men det finns långliggande försök med varierande givor av fosfor, P och kalium, K (Mattsson, pers). P-gödselmedlet superfosfat, som användes fram till 1990 då det ersattes av trippelsuperfosfat med mycket litet S-innehåll, innehöll ungefär lika mycket S som P. I försök med stigande P-gödslingsintensitet som utfördes före 1990 blev det samtidigt en stigande S-gödslingsintensitet. På samma sätt leder en stigande K-gödslingsintensitet i K-försöken till en stigande Cl-gödslingsintensitet när kalisalt (kaliumklorid) används som K-gödselmedel.

Ur arkivet valdes 47 prover. Kriterierna när proven valdes ut var följande:

1. Grödan skall vara havre. Den skall vara odlad under förhållanden som liknar de på en växtodlingsgård (skörderester återförs, ingen stallgödsel tillförs).
2. Både styva och lätta jordar skall vara representerade.
3. Styva och lätta jordar som skall jämföras skall i möjligaste mån vara placerade så nära varandra som möjligt. Detta för att den atmosfäriska depositionen inte skall skilja så mycket mellan de platser som jämförs.
4. Havren skall ha tillförts en från noll stigande klor- eller svavelgiva.
5. Jämförelse mellan havre odlad på mark som är okalkad respektive kalkad skall kunna göras.

Kriterierna två och tre var de som var svårast att nå upp till. Det var svårt att hitta prover från försök där havre hade odlats, både på en lätt och en styv jord, på försöksplatser inom samma region. För att hitta lämpliga prover som uppfyllde kriterierna fick jag efter tips från min handledare leta i pärmar i arkivet. För varje försöksserie finns pärmar med försöksplan, resultatlistor och gödselvägningslistor från året de startade fram tills idag eller tills de år som de avslutats. I pärmen med resultatlistor kunde jag se om det fanns sparade arkivprover från de försök som intresserade mig. Så småningom valdes försöksserierna R3-1002, R3-3006, R3-3008, R3-4004, R3-4017 och R3-9001.

R3-1002 är en serie med olika mullråämnes-, kalknings- och växtnäringsnivåer. Tre kalknivåer kombinerades med tre växtnäringsnivåer på en lätt och en styv jord. Dessa kombinationer gav $3 \cdot 3 \cdot 2 = 18$ prover. Proven valdes ut i led där skörderester återförs till marken och där ej stallgödsel används.

R3-3006 och R3-3008 är två försöksserier där underhållsgödsling av fosfor sker på samma sätt med lika stora P-givor. Fyra prover med en tillförsel av 0, 5, 15 respektive $45 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ valdes ut, dels från en lättlera och dels från en styv mellanlera. Denna kombination gav åtta prover.

R3-4004 och R3-4017 har samma upplägg, R3-4017 ersatte R3-4004 under 1970-talet. I serien R3-4017, som heter markkartering kalium, tillförs kalium årligen i olika nivåer i form av kalisalt. Magnesium tillförs med kiserit. Tre prover med en tillförsel av 0, 40 respektive 160 kg K ha⁻¹ år⁻¹ valdes ut från en sandjord, en mojord och en styv lera. Denna kombination gav nio prover.

R3-9001, bördighetsförsöken, är försök där kreaturslös respektive kreaturshållande växtföljd kombineras med olika kväve-, fosfor, och kaliumnivåer. Ur den kreaturslösa växtföljden när N-givan var 80 kg ha⁻¹ år⁻¹ togs tre prover med olika PK-nivåer ut, dels på en styv, dels på en lätt jord under två växtodlingsår. Detta gav 3*2*2 = 12 prover.

Proverna från försöksserie R3-1002, R3-3006 och R3-3008, totalt 26 stycken valdes ut för att undersöka den passiva tillförseln av svavel som medföljer fosforgödselmedlet. Proverna från försöksserie R3-4004, R3-4017 och R3-9001, totalt 21 stycken valdes för att studera klortillförseln från kaliumgödselmedlet kaliumklorid. Totalt blev det 47 prover som togs från arkivet och skickades till AnalyCen AB i Lidköping den 7 februari 2006. Ungefär tre veckor senare kom analysrapporten på proverna.

Fältförsöken

Två försöksplaner utformades. Plan R3-3093 för svavelgödsling och R3-4038 för klorgödsling. I försöksplanen finns all den information som behövs för att det skall kunna utföras. Försöksplanerna finns i bilaga 1 och 2.

När fältförsöken planerades antog vi att framtida odling av havre för eldning främst kommer ske på växtodlingsgårdar, eftersom havren på en djurgård vanligtvis blir foder. Därför ställde vi följande krav på försöksplatsen: Förfrukten skall vara stråsåd. Stallgödsel eller andra organiska gödselmedel får inte ha spritts på fältet senare än 5 år. Ett annat krav var att sorten skulle vara samma på de olika försöken så att sortvariationer inte påverkade resultatet. Belinda valdes eftersom den är en vanlig sort.

Båda försöken bestod av fem led, där S- respektive Cl-givan ökade stegvis från 0 kg ha⁻¹ till 80 respektive 100 kg ha⁻¹, se tabell 6 och 7. Försöksleden arrangerades i fyra randomiserade block, detta gav totalt 5*4= 20 rutor per försöksplats.

Enligt Jordbruksverket (2005) rekommendation gödslades båda försöken med 80 kg N, 15 kg P och ca 25 kg K ha⁻¹ år⁻¹. Eftersom näringsämnen i handelsgödselmedel är i jonform innebär tillförsel av ett näringsämne i regel också tillförsel av ett annat ämne, undantaget är kväve som kan tillföras som urea. I svavelförsöket kunde rätt mängd svavel tillföras till de olika leden utan att tillförseln av N, P, och K påverkades, samt utan att något annat näringsämne tillfördes. För att klorförsökets D- och E-led skulle få tillräckligt med klor, fick klor tillföras i form av NaCl. För att A- och B-leden skulle få tillräckligt med kalium, fick kaliumsulfat användas som kaliumkälla. Kombinerandet av gödselmedel visas i tabell 6 och 7. Sammansättningen för de gödselmedel som använts i försöken plus kalimagnesia, som är ett annat exempel på klorfattigt K-gödselmedel, visas i tabell 8.

Båda försöksserierna utfördes på fyra platser vardera, en i Uppland och tre i Västsverige. Försöken har genomförts av Hushållningssällskapetets fältförsöksavdelningar. Efter skörd skickades proverna till Agrilab AB för analys.

Tabell 6. Fördelning av gödselmedel för att åstadkomma rätt svavel- och kvävetillförsel i de fem försöksleden, kombination ledde till att samtliga led fick 80 kg N ha⁻¹. Svavelgivor och gödselmedelsgivor i kg ha⁻¹

Led	S-giva	Suprasalpeter, N27 [#]	Ammonsulfat, NS 21-24 [#]
A	0	296	0
B	10	267	38
C	20	234	80
D	40	170	163
E	80	40	330

från Yaras sortiment år 2006.

Tabell 7. Fördelning av gödselmedel för att åstadkomma rätt klor- och kaliumtillförsel i de fem försöksleden, kombination ledde till att samtliga led fick 26,5 kg K ha⁻¹. Cl-givor och gödselmedelsgivor i kg ha⁻¹

Led	Cl-giva	Kaliumsulfat KS 42-18	Kalisalt K50	NaCl Besal
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

Tabell 8. Sammansättningen för några gödselmedel, varav alla utom kalimagnesia använts i klor- eller svavelförsöket (Yara, 2005; GKS, 1965)

Gödselmedel	N	P	K	S	Ca	Mg	Na	Cl
Kalisalt, K50	0	0	49,8	0	0	0,1	1,2	47
Kaliumsulfat	0	0	41,5	17,9	0,6	0,4	0,8	1,3
Kalimagnesia	0	0	23,8	19,1	0,9	6,5	1	1,4
Besal (NaCl)	0	0	0	0	0	0	38	60
P20	0	20	0	1,2	14,4	0	0	0
Ammonsulfat	21	0	0	24	0	0	0	0
N27	27	0	0	0	4,9	2,4	0	0

Analysmetoder

Analysen av ask-, S- och Cl-halt gick kortfattat till på följande sätt:

1. Havrekärnorna mals med en kvarn så att inga partiklar är större än 1 mm.
2. Aska: malt och vägt prov placeras i en ugn med temperaturen 570°C i två timmar. Därefter tas provet ut och vägs igen. Det som är kvar av provet efter tiden i ugnen är aska. Askhalten beräknas med hjälp av vikten före och efter värmningen i ugn.
3. Svavel: malt prov uppslutes med 7 M HNO₃. Därefter mätning med ICP (inductively coupled plasma)

4. Klor: 5 g malt prov löses i 100 ml dH₂O genom skakning i skakmaskin i en timma. Sedan filtreras lösningen genom 120 H filter. Därefter analyseras provet med FIA (Flow Injection Analysis), en analysmetod där lösningens absorptions mäts med en spektrofotometer.

RESULTAT

Arkivproverna

Svavelhalten i havrekärnan påverkades ej nämnvärt av ökad svaveltillförsel. Klorhalten i havrekärnan ökade i regel när klogivan steg. Svavel- och klorhalterna var något högre, ca 14 respektive 12-13 %, på jordarna i gruppen med högre lerhalt. Jordarnas kalknivå har varken påverkat klor- eller svavelhalt. De analyserade arkivprovernas svavel- och klorhalter redovisas i tabell 9, 10 och 11.

Tabell 9. Genomsnittligt svavelinnehåll i havrekärnor (% av TS) från jordar med olika lerhalt. Svavelgödslingen som anges avser den mängd S som tillförts havren via gödselmedel under skördeåret. Antal prov inom parentes

S-gödsling (kg/ha)	S-koncentration			
	lerhalt <15 %		lerhalt >15 %	
0	0,13	(12)	0,16	(8)
0,1-3	-	(0)	0,17	(3)
20-30	0,14	(3)	0,15	(3)
30-70	0,15	(3)	0,14	(6)
70-200	0,16	(3)	0,16	(6)
0-200	0,14	(21)	0,16	(26)

Tabell 10. Genomsnittligt klorinnehåll i havrekärnor (% av TS) från jordar med olika lerhalt. Klogödslingen som anges avser den mängd Cl som tillförts havren via gödselmedel under skördeåret. Antal prov inom parentes

Cl-gödsling (kg/ha)	Cl-koncentration			
	lerhalt <15 %		lerhalt >15 %	
0	0,07	(17)	0,08	(20)
15-30	0,13	(2)	0,15	(1)
30-60	-		0,09	(4)
60-80	0,13	(2)	0,16	(1)
0-80	0,08	(21)	0,09	(26)

Tabell 11. Genomsnittligt klor- och svavelinnehåll i havrekärnor (% av TS) från jordar med olika lerhalt. Antal prov inom parentes

	Cl-koncentrationer			S-koncentrationer		
	ler <15 %	ler >15 %	alla jordar	ler <15 %	ler >15 %	alla jordar
ej kalkade	0,06 (3)	0,05 (3)	0,05 (6)	0,13 (3)	0,17 (3)	0,15 (6)
70 % basm.	0,05 (3)	0,05 (3)	0,05 (6)	0,12 (3)	0,17 (3)	0,14 (6)
100 % basm	0,05 (3)	0,05 (3)	0,05 (6)	0,11 (3)	0,16 (3)	0,14 (6)

Fältförsöken

Klorförsöket, R3-4038

Försöksplatserna skilde sig inte så mycket från varandra vad det gäller lerhalt och pH. Tre av försöksplatserna var mellanleror och en var styv lera. Information om jordart, pH m.m. för de fyra försöksplatserna finns i tabell 12.

Klorhalten i havrekärnan ökade i regel när klogivan steg. Då klorhalten i A-ledet (nolledet) jämförs med halten i E-ledet (det led där 100 kg Cl tillförts per ha) så har klorhalten ökat mest i Götene, med 64,8 %, minst i Kvänum med 6,3 % och i genomsnitt med 35,1 %. Klor- och svavelhaltens variation var större mellan platserna än mellan leden på varje plats. Störst skillnad i klor- och svavelhalter var det mellan Kvänum och Grästorps (tabell 13). Klorhalten i Kvänums B-led var 1,02 g kg⁻¹ TS, ca 87,7 % större än Grästorps 0,57 i samma led.

Tabell 12. Grundläggande information om försöksplatserna. Angiven nederbörd avser perioden från gödsling till skörd, nederbördsdata saknades från en del försöksplatser

	St Hällby Bålsta	Lilla Bjurum, Vättlösa Götene	Bjertorps Egendom Kvänum	Logården Grästorps
Sort	Belinda	Belinda	Kerstin	Kerstin
Förfrukt	Höstvete	Höstvete	Råg	Höstvete
Jordart	mmh Mellanlera	mmh Mellanlera	mmh Mellanlera	mmh Styv lera
pH-värde	6,3	6,3	6,3	6,6
P-AL (mg/100g torr jord)	9,7	4,9	5	15,9
P-AL-klass	IV	III	III	IV
K-AL (mg/100g torr jord)	28	9,9	10,7	18,2
K-AL-klass	IV	III	III	IV
Sådatum	2006-05-12	a	2006-04-27	2006-05-09
Gödslingsdatum	2006-05-12	2006-06-02	2006-05-31	2006-05-15
Skördedatum	2006-08-20	2006-08-18	2006-08-18	2006-08-17
Nederbörd, maj (mm)	37	-	-	-
Nederbörd, juni (mm)	39	46 ^b	35	-
Nederbörd, juli (mm)	25	47 ^b	38	-
Nederbörd, aug (mm)	65	47 ^b	61	-

a uppgift saknas, men uppkomst daterad till 20060428

b nederbördsuppgifter för platsen saknas, men försöket är beläget ca 17 km från Götalas väderstation vars data har angivits

Resultaten då leden med medelvärdena jämfördes i ett t-test med 0,05 signifikansnivå var följande:

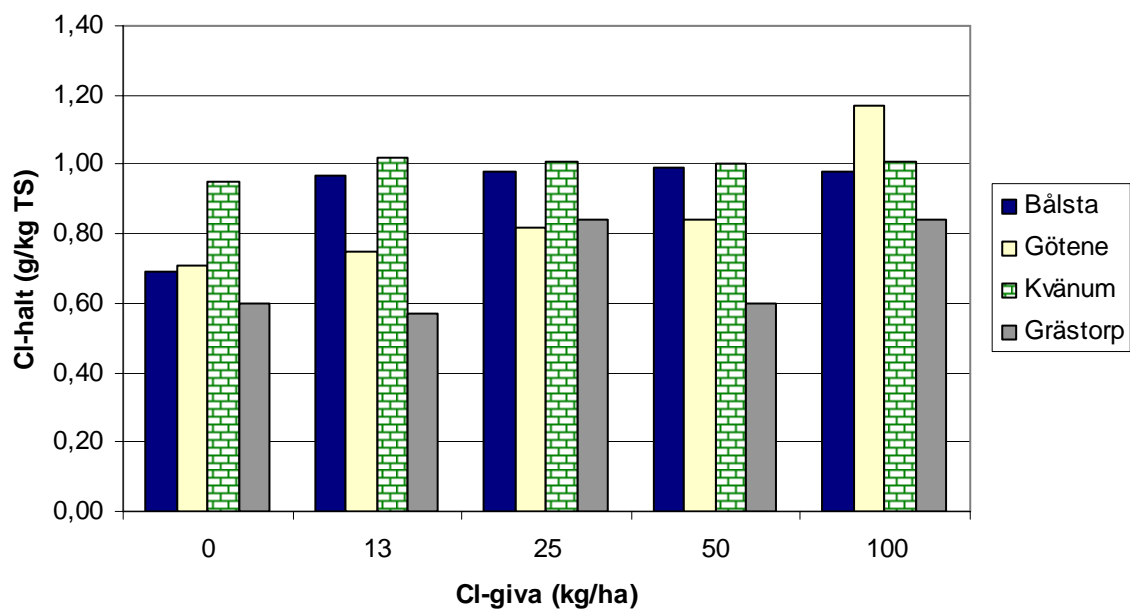
- Signifikanta skillnader i klorhalt fanns mellan A- och C-, A- och E- samt B- och E-ledet.
- Svavel- och askhalt och skördenivå påverkades i regel ej av ökad klortillförsel. Den enda signifikanta skillnaden för askhalten fanns mellan led D och E. Inga signifikanta skillnader fanns för varken svavelhalterna eller skördarna i de fem leden.

Resultaten från klorförsöket redovisas i tabell 13 samt figur 5-10. Längst ner i tabell 13 visas t-grupperingarna och LSD-värden från de t-tester där signifikanta skillnader fanns.

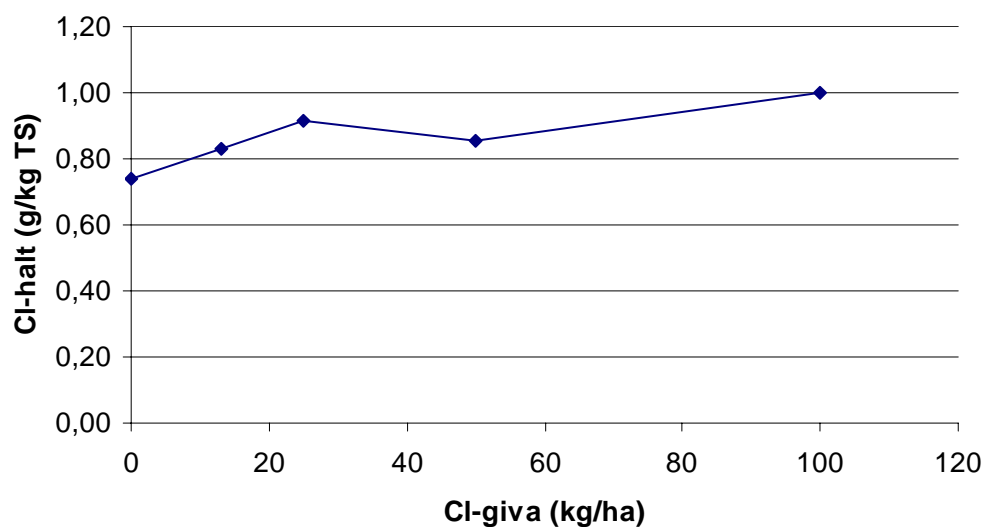
Tabell 13. Klor-, svavel- och askhalt i havrekärna samt kärnskörd vid stigande klogiva på fyra försöksplatser samt medelvärden för varje led. Klogiva och skörd anges i kg ha^{-1} , Cl- och S-halt i g kg^{-1} TS och askhalten i % av TS. Led följda av samma bokstav är inte signifikant skiljda

Led	Cl-giva	Cl-halt	S-halt	Askhalt	Skörd [#]
<i>Bålsta</i>					
A	0	0,69	1,75	3,31	4180
B	13	0,97	1,81	3,44	4240
C	25	0,98	1,55	3,68	4000
D	50	0,99	1,69	3,56	4370
E	100	0,98	1,72	3,19	4160
<i>Götene</i>					
A	0	0,71	1,76	3,49	4510
B	13	0,75	1,55	3,46	4560
C	25	0,82	1,68	3,18	4670
D	50	0,84	1,72	3,29	4620
E	100	1,17	1,50	3,23	4700
<i>Kvänum</i>					
A	0	0,95	1,91	3,26	3260
B	13	1,02	1,89	3,34	3240
C	25	1,01	1,79	3,18	3260
D	50	1,00	1,79	3,53	3410
E	100	1,01	1,98	3,33	3430
<i>Grästorp</i>					
A	0	0,60	1,36	3,44	4620
B	13	0,57	1,40	3,38	4770
C	25	0,84	1,31	3,65	4630
D	50	0,60	1,32	4,01	4620
E	100	0,84	1,29	3,30	4270
<i>Genomsnitt</i>					
A	0	0,74 ^c	1,70	3,37 ^{ab}	4140
B	13	0,83 ^{bc}	1,66	3,40 ^{ab}	4200
C	25	0,91 ^{ab}	1,58	3,42 ^{ab}	4140
D	50	0,86 ^{abc}	1,63	3,60 ^a	4260
E	100	1,00 ^a	1,62	3,26 ^b	4140
LSD		0,16		0,28	

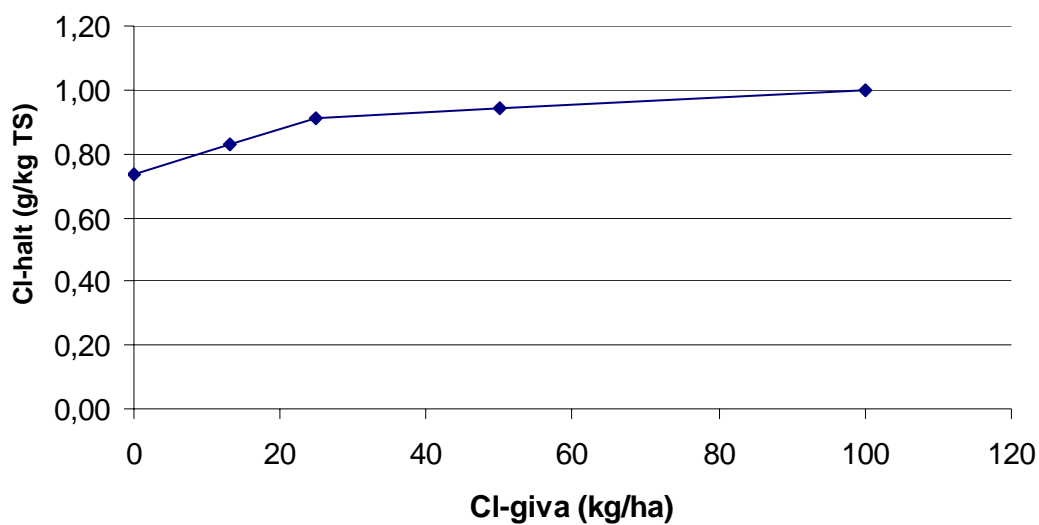
[#] Skörden korrigerad till 15 % vattenhalt, rensad vara



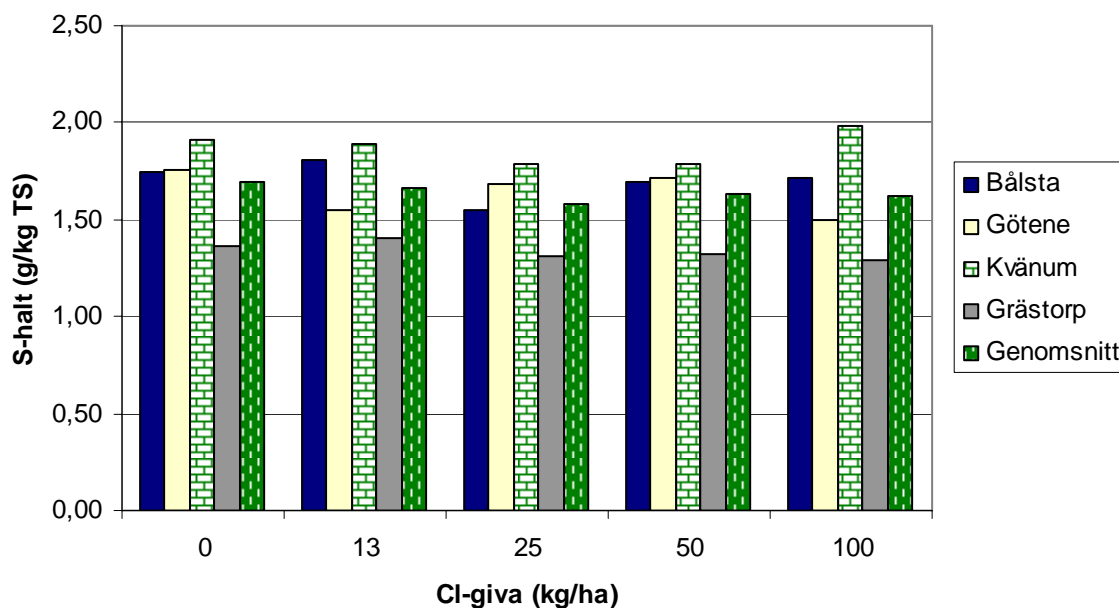
Figur 5. Klorhalt i havrekärna vid stigande klorgiva på fyra försöksplatser. Observera att avstånden mellan stapelsamlingarna inte är proportionella mot klorgivorna.



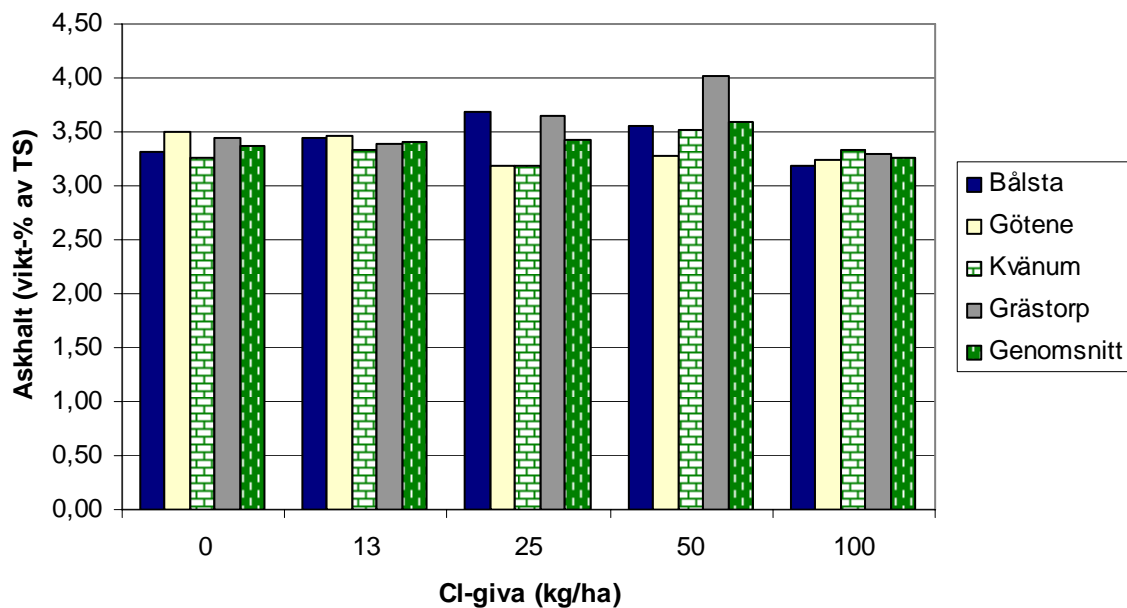
Figur 6. Klorhalt i havrekärna vid stigande klorgiva. Genomsnitt för de fyra försöksplatserna.



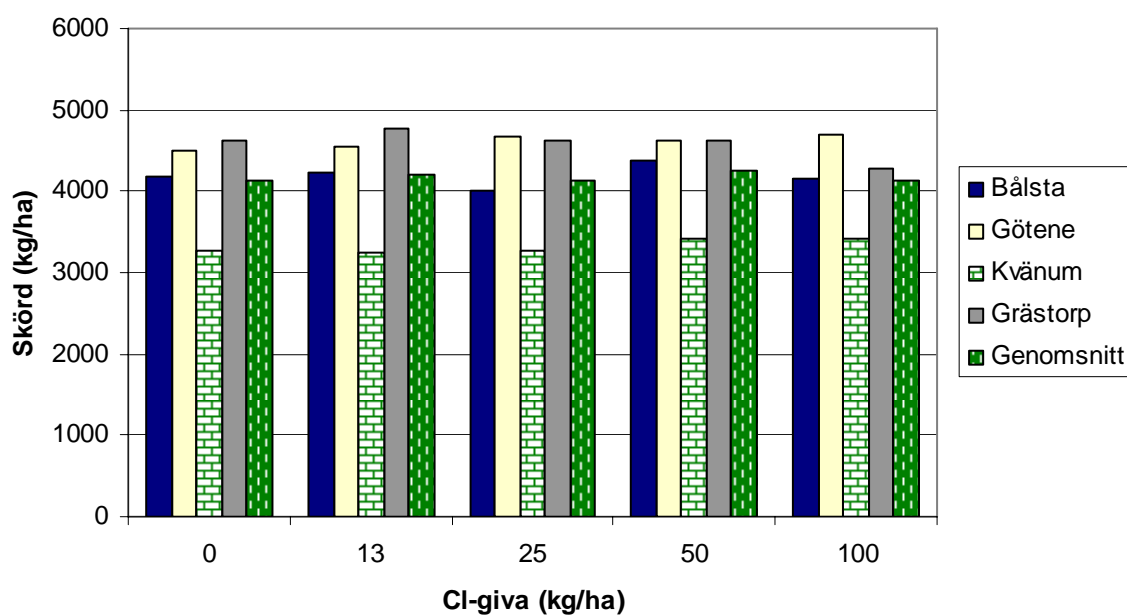
Figur 7. Klorhalt i havrekärna vid stigande klogiva. Genomsnitt för de fyra försöksplatsernas alla led, exklusive Grästorps D-led.



Figur 8. Svavelhalt i havrekärna vid stigande klogiva på fyra försöksplatser samt medelvärden för varje led. Observera att avstånden mellan stapelsamlingarna inte är proportionella mot klogivorna.



Figur 9. Askhalt i havrekärna vid stigande kloggiva på fyra försöksplatser samt medelvärden för varje led. Observera att avstånden mellan stapelsamlingarna inte är proportionella mot kloggivorna.



Figur 10. Kärnskörd av havre vid stigande kloggiva på fyra försöksplatser samt medelvärden för varje led. Observera att avstånden mellan stapelsamlingarna inte är proportionella mot kloggivorna.

För att undersöka om det större klornefallet i Västsverige påverkade klorinnehållet i havrekärnan jämfördes A-leden för Kvänum, Grästorp och Götene i väst med Bålsta i öst i ett ”Duncan’s Multiple Range test” med 0,05 signifikansnivå. Skillnaden mellan de tre försöksplatserna i västs medelvärde (0,75) och Bålstas 0,69 var ej signifikant, LSD = 0,89.

Samma sorts test utfördes för att undersöka om klorhalten på de försöksplatser med lägst respektive högst pH visade signifikanta skillnader. Kvänum och Götene med pH 6,3 jämfördes med Grästorps pH 6,6. I detta test valdes de fem ledens genomsnittliga klorhalt som representant för varje försöksplats. Kvänum och Götene gemensamma medelvärde (0,93) skilde sig signifikant från Grästorps (0,69), LSD= 0,15.

Svavelförsöket, R3-3093

De fyra försöksplatserna bestod av två mellanleror med pH 6,3 respektive 5,3 samt två lättare jordar, båda med pH 6,3. Information om jordart, pH m.m. för de fyra försöksplatserna finns i tabell 14. Mellan försöksplatserna och inom leden var spridningen generellt liten. Klor- och svavelhaltens variation var dock större mellan platserna än mellan leden på varje plats, till exempel var skillnaden mellan klorhalterna i Bålstas och Kvänums B-led större än skillnaderna mellan leden på respektive försöksplats (tabell 14). Avvikande var Bålstas hektarskördar som var ca 300-600 kg lägre än de genomsnittliga, Bålstas högre klorhalter samt den låga svavelhalten i Kvänums C-led. Resultaten då leden med medelvärdena jämfördes i ett t-test med 0,05 signifikansnivå var följande:

- Signifikanta skillnader mellan leden fanns ej för varken svavel-, klor- eller askhalten.
- När svavelgödslingen ökade så ökade också skörden. Skörden i led A var signifikant lägre än skördarna i led B och D, men ej C och E.

Tabell 14. Grundläggande information om försöksplatserna. Angiven nederbörd avser perioden från gödsling till skörd, nederbördsdata saknades från en del försöksplatser

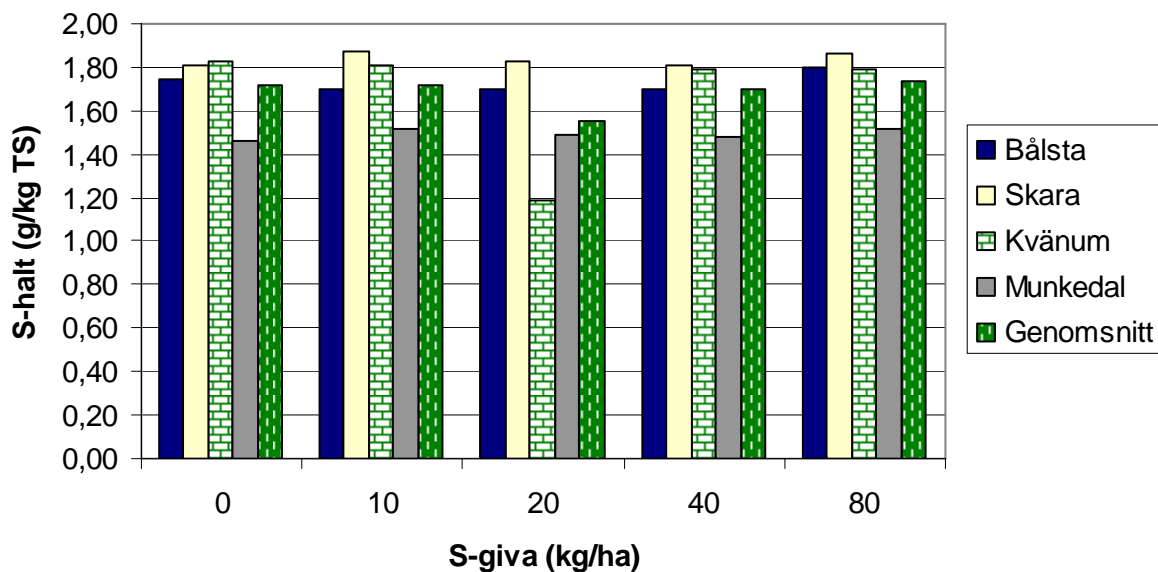
Försöksplatser	St Hällby Bålsta	Götala egendom Skara	Bjertorps Egendom Kvänum	Medby Munkedal
Försöksnr	C-6-2006	R-307-2006	R-308-2006	O-3-2006
Sort	Belinda	Freddy	Sang	Belinda
Förfukt	Höstvete	Potatis	Havre	Havre
Jordart	mmh Mellanlera	mmh Lerig mo	nmh Lerig moränsand	mmh Mellanlera
pH-värde	6,3	6,3	6,3	5,3
P-AL	9,7	22,3	9,7	4,4
Klass	IV	V	IV	III
K-AL	28	17	4,6	13,7
Klass	IV	IV	II	III
Sådatum	2006-05-12	2006-05-05	2006-04-28	2006-05-11
Gödslingsdatum	2006-05-12	2006-05-12	2006-06-01	-
Skördedatum	2006-08-20	2006-08-15	2006-08-18	2006-09-05
Nederbörd, maj (mm)	37	42	-	75
Nederbörd, juni (mm)	39	46	35	45
Nederbörd, juli (mm)	25	47	38	31
Nederbörd, aug (mm)	65	73	61	82
Nederbörd, sep (mm)	-	-	-	29

Resultaten från svavelförsöket redovisas i tabell 15 samt figur 11-14. Längst ner i tabell 15 visas t-grupperingar och LSD-värde från det t-test där signifikanta skillnader fanns.

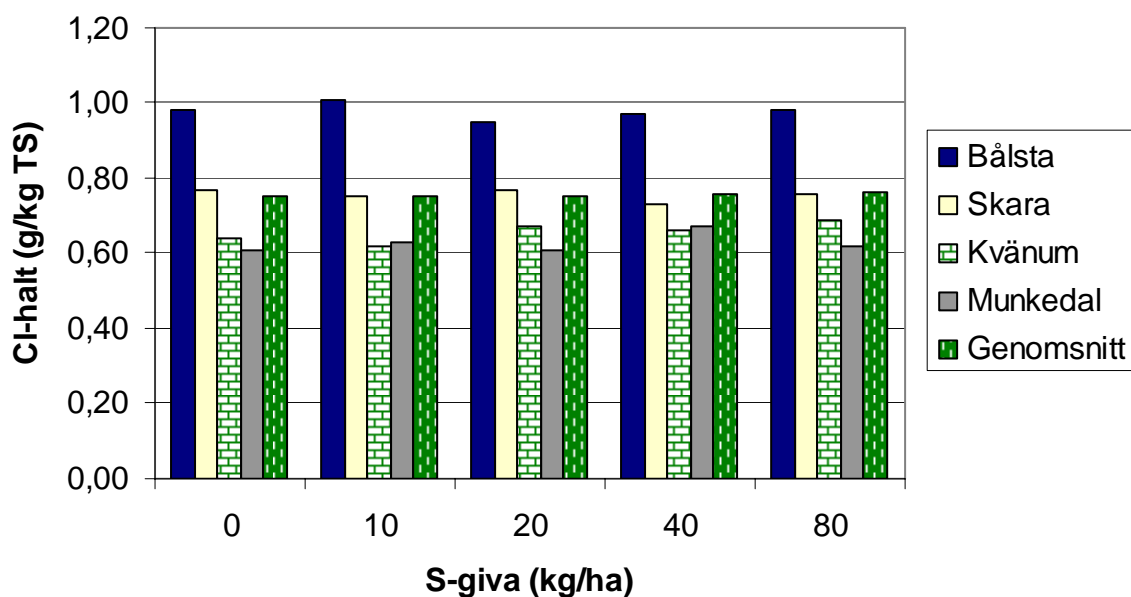
Tabell 15. Svavel-, klor- och askhalt i havrekärna samt kärnskörd vid stigande svavelgiva på fyra försöksplatser samt medelvärden för varje led. Svavelgiva och skörd anges i kg ha^{-1} , S- och Cl- halt i g kg^{-1} TS och askhalten i % av TS. Led följda av samma bokstav är inte signifikant skiljda

Led	S-giva	S-halt	Cl-halt	Askhalt	Skörd [#]
<i>Bålsta</i>					
A	0	1,74	0,98	3,42	3680
B	10	1,70	1,01	3,37	4170
C	20	1,70	0,95	3,56	3980
D	40	1,70	0,97	3,45	4190
E	80	1,80	0,98	3,36	4150
<i>Skara</i>					
A	0	1,81	0,77	2,98	4800
B	10	1,87	0,75	2,97	4820
C	20	1,83	0,77	3,13	4860
D	40	1,81	0,73	3,18	4780
E	80	1,86	0,76	2,83	4690
<i>Kvänum</i>					
A	0	1,83	0,64	3,68	4460
B	10	1,81	0,62	3,77	4690
C	20	1,19	0,67	3,49	4660
D	40	1,79	0,66	3,58	4600
E	80	1,79	0,69	3,65	4680
<i>Munkedal</i>					
A	0	1,46	0,61	3,35	4140
B	10	1,52	0,63	3,42	4190
C	20	1,49	0,61	3,19	4050
D	40	1,48	0,67	3,31	4390
E	80	1,52	0,62	3,26	4230
<i>Genomsnitt</i>					
A	0	1,71	0,75	3,36	4270 ^b
B	10	1,73	0,75	3,38	4470 ^a
C	20	1,55	0,75	3,34	4390 ^{ab}
D	40	1,70	0,76	3,38	4490 ^a
E	80	1,74	0,76	3,28	4440 ^{ab}
LSD					187

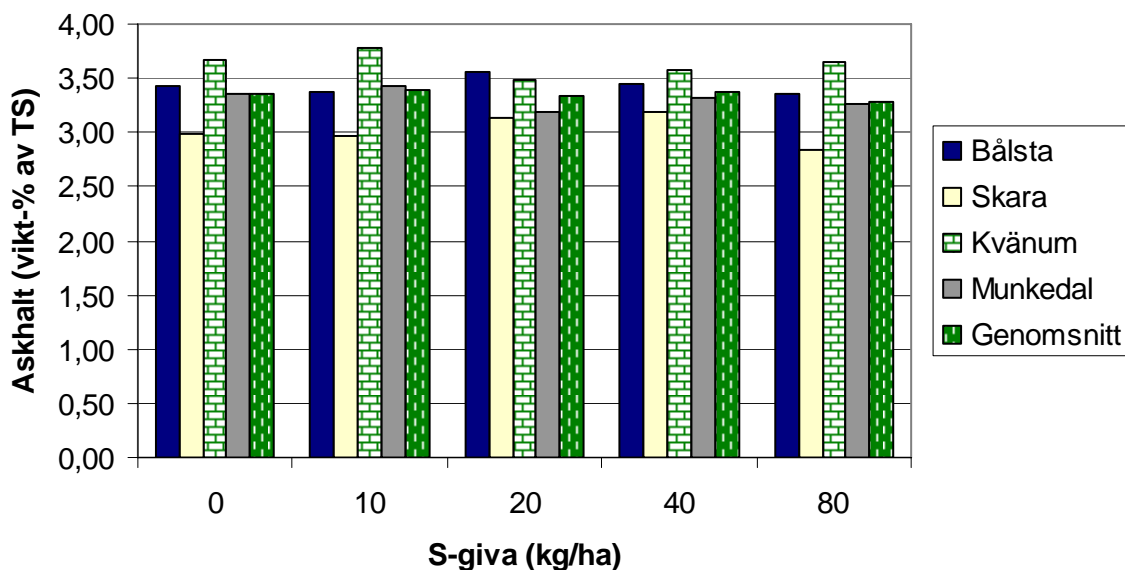
Skörden korrigerad till 15 % vattenhalt, rensad vara



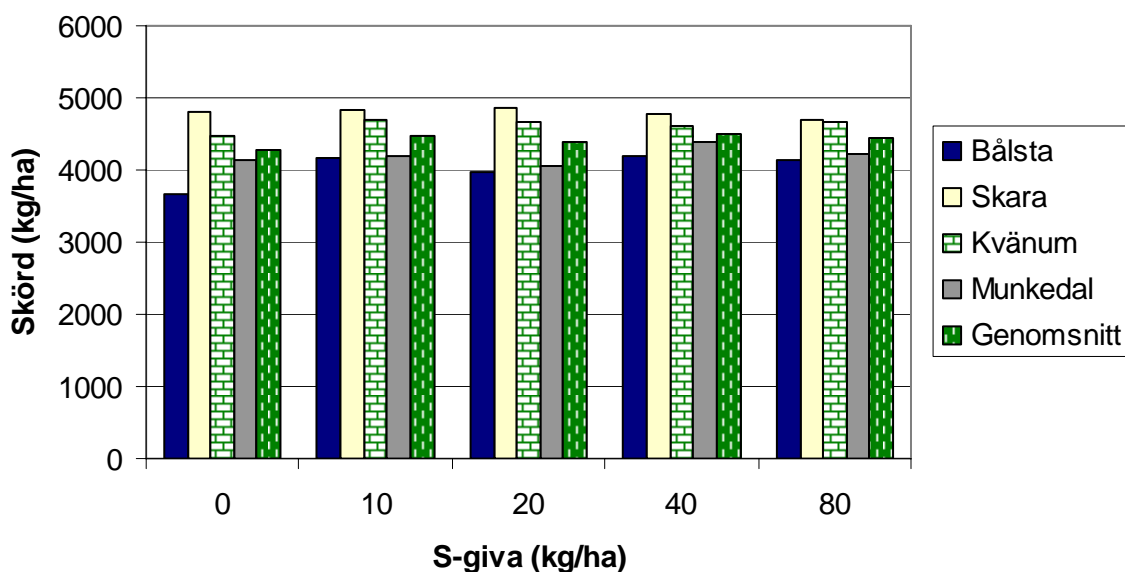
Figur 11. Svavelhalt i havrekärna vid stigande svavelgiva på fyra försöksplatser samt medelvärden för varje led. Observera att avstånden mellan stapelsamlingarna inte är proportionella mot svavelgivorna.



Figur 12. Klorhalt i havrekärna vid stigande svavelgiva på fyra försöksplatser samt medelvärden för varje led. Observera att avstånden mellan stapelsamlingarna inte är proportionella mot svavelgivorna.



Figur 13. Askhalt i havrekärna vid stigande svavelgiva på fyra försöksplatser samt medelvärden för varje led. Observera att avstånden mellan stapelsamlingarna inte är proportionella mot svavelgivorna.



Figur 14. Kärnskörd av havre vid stigande svavelgiva på fyra försöksplatser samt medelvärden för varje led. Observera att avstånden mellan stapelsamlingarna inte är proportionella mot svavelgivorna.

För att undersöka om jordens pH påverkade svavelinnehållet i havrekärnan jämfördes genomsnittlig svavelhalt mellan Munkedal och Bålsta i ett t-test med 0,05 signifikansnivå. Jordarten på platserna var lika men det var inte bara pH-värdet som skilde mellan platserna

utan även svavelnedfallet. Bålstas pH var 6,3 och Munkedals 5,3. Skillnaden mellan Munkedals medelvärde 1,49 och Bålstas 1,73 var signifikant, LSD = 0,05.

Samma sorts test gjordes för att se om svavelhalten påverkades av lerhalten, Munkedals mmh Mellanlera jämfördes med de lättare jordarna i Kvänum och Skara. Det var inte enbart jordart som skilde försöken utan även pH. Kvänum och Skara hade båda pH 6,3. Även i detta test valdes de fem ledens genomsnittliga svavelhalt som representant för varje försöksplats. Kvänum och Skaras gemensamma medelvärde (1,76) skilde sig signifikant från Munkedals (1,49), LSD= 0,19.

DISKUSSION

Arkivproverna

Det var inte lätt att hitta arkivprover som uppfyllde alla de kriterier som nämnts tidigare. Inom de grupperingar som gjorts i tabell 9 och 10, från ingen till stor Cl- eller S-giva under skördeåret, blev provfördelningen ojämn. I tabell 10, där 37 av de 47 proverna blev utan Cl-gödning under skördeåret, syns den skeva fördelningen tydligt.

Fördelningen blev ojämn inom de grupperingar av givor som jag gjort i tabell 9 och 10. Detta beror på att alla prover analyserats på både Cl- och S-innehåll även om bara 26 har valts ut för att undersöka den passiva tillförseln av svavel och 21 för den passiva tillförseln av klor. Så i gruppen där 0 kg Cl tillförts under skördeåret skulle max 26 prover (de som tagits ut för passiv S-tillförsel) plus 7 prov från de 21 proverna som valt ut för att undersöka Cl-tillförseln funnits.

Anledningen till den ojämna fördelningen är förrådsgödslingen av P och K. När jag hade hittat ett försök där växtprov sparats i arkivet, från ett år då havre odlats, på lämplig jordart, på lämplig plats i Sverige så kunde det visa sig att inget P eller K tillförts under det aktuella skördeåret.

Analysen av arkivproverna utfördes för att ge en vägledning om var fältförsöken skulle placeras. Det ojämna antalet mellan grupperna medger inga säkra slutsatser men följande tendenser observerades:

- Svavelhalten i havrekärnan ökade inget eller obetydligt då svavelgödslingen ökade. Klorhalten i havrekärnan ökade däremot då Cl-givan ökade. Dessa tendenser stämmer med de slutsatser som Sander (1997) kom fram till för halm.
- Klor- och svavelhalterna i havrekärna påverkades ej nämnvärt av matjordens kalknivå.
- Svavel- och klorhalterna i havrekärnan var något högre på jordar med lerhalt högre än 15 %.

Fältförsöken

Klor- och svavelhalternas variation var större mellan platserna än mellan leden på varje plats i båda fältförsöken. Ett exempel på stora skillnader mellan platser fanns i klorförsökets B-led där Kvänums klorhalt var 87,7 % större än Grästorps. Då de båda försöksplatsernas jordart, pH-värde, K-AL-klass, P-AL-klass och havresort jämförs i tabell 12 är de relativt lika

varandra. Detta visar att havrekärnans sammansättning kan variera mellan olika platser trots att de geografiskt ligger nära varandra, att de odlas på jordar som liknar varandra, att samma gödselmängd tillförs samt trots att samma sort odlas.

Givorna i led D och E för respektive försök kan tyckas höga, men givorna var befogade eftersom avsikten var att se hur stor variationen av klor och svavel i havrekärna kunde bli. Eftersom jordbruksverket (2005) angav att gödslingsbehovet för stråsäd är ca 10 kg S ha⁻¹ år⁻¹, antogs led B motsvara normal S-giva för havre i svavelförsöket. Det som är normal klogiva bestäms på en växtodlingsgård av kaliumkällan. Enligt exemplet i avsnittet 'Klortillförsel från atmosfär och kaliumgödselmedel' kan normal tillförsel av klor via handelsgödsel vara ca 25 kg ha⁻¹ år⁻¹, vilket ungefär motsvarar led C i klorförsöket.

Årets sommar har bjudit på mycket värme och ojämn fördelning av regn. När regnet väl kom var spannmålen, i stora delar av Sverige, så mogna så att vattentillskottet inte höjde skörden. Skörden i Kvänums klorförsök var ca ett ton lägre jämfört med övriga försöksplatser. Skörden i Kvänum skiljer sig ej på samma sätt från övriga försöksplatser i svavelförsöket. Det är därför osannolikt att den lägre skörden i Kvänums klorförsök orsakades av vattenbrist.

Sanders (1997) undersökning visade att klorhalten kan vara sortberoende, det fanns inga signifikanta skillnader mellan sorterna hos rågen och vårkornet men dock hos vetet (tabell 4). Av den anledningen hade det varit bra om det hade varit samma havresort på alla försöksplatser i både klor- och svavelförsöken. I försöksplanerna föreskrevs det att Belinda skulle användas. Detta uppfylldes inte helt, så sortberoende effekter kan inte uteslutas. Att undersöka sortegenskaperna hos havre, för att hitta eller förädla fram den bästa sorten för havreodning är något som känns relevant.

Klorförsöket, R3-4038

Klogödsling

De genomsnittliga klorhalterna i havrekärnorna steg när klogivan ökade, men klorhaltens stegring var ej linjär utan avtog redan vid led C (figur 6). Om Grästorps D-led utesluts från de genomsnittliga klorhalterna syns avtagandet ännu tydligare (figur 7). Grästorps D-led avviker från trenden: mer klortillförsel medför högre eller ungefär samma klorhalt, som övriga försöksplatser visade. Kurvan i figur 7 liknar kurvan för Mg-innehåll i kärna i figur 3, vilket verkar rimligt eftersom Kirkby & Mengel (1987) meddelat att variationerna av mineral i reproducerande organ endast är små.

För att en växt skall lyckas med reproduktionen måste de reproducerande organens sammansättning vara optimal, därför verkar det ganska självklart att sammansättningen inte kan variera så mycket i dem. I havrens fall skall det reproducerande organet, kärnan, vara laddad med det som behövs för att en ny havreplanta skall kunna utvecklas, nämligen proteiner, vitaminer och mineraler samt energi i form av kolhydrater och fett. Havreplantan har ingen anledning att fylla på kärnan med mer klor än det som behövs för en lyckad groning.

Då Sanders (1997) undersökning jämförs med denna visar det sig att klorhalten i halm påverkas mer än klorhalten i kärnan vid ökad klogödsling. I Sanders undersökning ingår tyvärr inte havrehalm, men sannolikt skiljer sig inte havrehalmen särskilt mycket från korn, råg, och vete. Då tabell 3 studeras syns det att klorhalten i halm kan öka 2-3 gånger när klogödslingen ökar från noll till 42 respektive 126 kg ha⁻¹ år⁻¹. Resultaten från föreliggande

försök visar att klorhalten i kärnan ökar med 23 % respektive 35 % då klogödslingen ökar från noll till 25 respektive 100 kg ha⁻¹ år⁻¹. Om klogödslingen minskar från 25 till 0 kg ha⁻¹ år⁻¹ minskar klorhalten i kärnan med ca 19 %. De procentuella förändringarna har beräknats på de genomsnittliga klorhalterna i tabell 13.

Även om klorhalten inte varierade så mycket i kärnan som den kan göra i halm så fanns det signifikanta skillnader mellan led A- och C-, A- och E- samt B- och E. Att det fanns signifikanta skillnader mellan A och C samt A och E men ej A och D beror på den låga klorhalten i Grästorps D-led. Om detta D-led inte räknas med när den genomsnittliga klorhalten för D-leden bestäms, blir det signifikanta skillnader även mellan A- och D-ledet.

Klortillförseln via handelsgödsel till ett havrefält kan variera från ca 0 till 65 kg Cl ha⁻¹ år⁻¹. Enligt Jordbruksverkets (2005) rekommendationer för stråsädesodling, behöver lerjordar i K-AL-klass V inte gödglas med KCl, medan en jord i klass I behöver 65 kg K ha⁻¹ år⁻¹. Om K tillförs som KCl så tillförs ungefär lika mycket Cl. Det går att gödsla med kalium utan att lika mycket klor tillförs. Det finns både K-, NPK- och NPKS-medel med inget eller lågt klorinnehåll.

Enligt exemplet i avsnittet 'Klortillförsel från atmosfär och kaliumgödselmedel' kan normal tillförsel av klor via handelsgödsel vara ca 25 kg ha⁻¹ år⁻¹, vilket motsvarar led C i fältförsöken. Om 25 kg kalium tillförs som kaliumsulfat istället för kalisalt blir klortillförseln, enligt tabell 8: $(25/0,415) * 0,013 \approx 0,8$ kg ha⁻¹ år⁻¹, vilket är försumbart. Svaveltillförseln blir vid denna gödsla: $(25/0,415) * 0,179 \approx 10,8$ kg ha⁻¹ år⁻¹, vilket ungefär motsvarar den svaveltillförsel som Jordbruksverket (2005) rekommenderar för stråsäd.

På lerjordar med K-AL-klass \geq III verkar det enklast att undvika klortillförsel. De år då energihavre odlas tillförs inte något K-medel, utan grödan får utnyttja det som finns i markens kaliumförråd. På lättare jordar med låg K-AL-klass går det också att odla havre utan att nämnvärda mängder klor tillförs, men det blir i praktiken lite krångligare. På en växtodlingsgård med låga P- och K-AL-klasser tillförs vanligen havren, N, P, K och S med samma gödselmedel under en överfart. Alla NPKS-medel i Yaras sortiment har KCl som kaliumkälla, med undantaget NPKS-medel för potatis. Gödselmedel anpassade för potatis har lågt klorinnehåll, men förhållandena mellan N, P och K stämmer ej för stråsäd. Så om N, P, och K skall tillföras till havren under skördeåret utan nämnvärd klortillförsel, måste det spridas två olika gödselmedel, vilket som regel innebär en extra överfart. Exempel på gödselmedel som kan användas blir då K₂SO₄ och Yaras Opticrop 27-5-0 eller motsvarande.

Ett sätt för att undvika en extra överfart är att förrådsgödsla förfrukten till energihavren med så mycket K som behövs för att det skall räcka till havren året efter. Enligt Jordbruksverket (2005) bör dock förrådsgödsla eller uppgödsla med kalium, på lerfria och lerfattiga mineraljordar samt mulljordar, undvikas med tanke på risk för utlakningsförluster, speciellt i nederbördsrika trakter.

Övriga odlingsbetingelser

Syftet med detta försök var främst att undersöka effekten av klortillförsel via gödselmedel. Men även klordepositionens, lerhaltens och kalknivåns påverkan på klorhalten i havrekärnan har undersökts, dock mer översiktligt och med färre upprepningar, därför kan säkra slutsatser inte dras.

Eftersom försöksgårdarna ofta är välskötta med goda odlingsjordar som drivs av kunniga personer, kan det vara svårt att hitta försöksplatser som skiljer sig från mängden. Jordar med

och utan kalkbehov skulle jämföras, men ingen av försöksplatserna som ingick i detta försök hade kalkbehov. När Kvänum och Götene som hade lägst pH (6,3) jämfördes med Grästorps som hade högst pH (6,6) fanns det dock signifikanta skillnader mellan försöken. Varför Kvänum och Götene medelvärde (0,93) var högre än Grästorps (0,69) kan diskuteras. I tabell 12 syns det att inte bara pH-värdena skiljer Kvänum och Götene från Grästorps utan även P-AL, K-AL och jordart.

Enligt figur 2 var den genomsnittliga klordepositionen under perioden 1993-2003 ca 12-20 kg ha⁻¹ år⁻¹ i regionen där de tre västliga försöken ligger och ca 3-8 vid försöksplatsen utanför Bålsta. För att se om klornedfallets gradient över Sverige påverkade klorhalterna i kärnan jämfördes A-ledens klorhalter för de tre försöken i väst med Bålstaförsökets klorhalt. Bålstas var något lägre, men skillnaden var ej signifikant. A-leden valdes för att det är här som effekter från klornedfallet tydligast syns. Klordepositionens påverkan på klorhalten i havrekärna kan försummas.

En orsak till att skillnaden mellan försöken i väst och det i öst blev så liten är utlakningen. När nederbörden är större än evapotranspirationen utlakas klor. Nederbörden överstiger vanligtvis evapotranspirationen under hela vinterhalvåret. En stor del av klordepositionen lakas därmed ut innan havrens rötter hinner ta upp det.

Svavelförsöket, R3-3093

Svavelgödsling

Svavelgödslingens påverkan på havrekärnans svavel-, klor- och askhalt var försumbar. Det fanns ingen tydlig stigande eller sjunkande trend för varken svavel-, klor- och askhalterna då svavelgödslingen ökade. De försumbara variationerna av halterna stämmer överens med konstaterandet från Kirkby & Mengel (1987) nämligen att variationerna av mineral i reproducerande organ endast är små. Resultatet för svavelhalterna i detta försök stärks dels av tendensen som arkivproverna visade, nämligen att svavelhalten i havrekärnan ökar inget eller obetydligt då svavelgödslingen ökar. Samt dels av resultaten som Withers m.fl. (1995) fick, nämligen att när svavelgivan, till spannmål gödslad med gips (CaSO₄·2H₂O) ökade så ökade svavelkoncentrationen i kärnan signifikant på endast en av tolv försöksplatser.

Svavelgödslingen påverkade skörden, skillnaderna mellan leden var dock ej högre än 220 kg ha⁻¹ år⁻¹. Skörden i led A var signifikant lägre än skördarna i led B och D, men ej C och E. Att det fanns signifikanta skillnader mellan A och B men ej A och C respektive E beror förmodligen dels på slumpen, dels på havrens svavelbehov som motsvarar led B. Skördeökning som följd av svaveltillförsel kan endast förväntas vid svavelbrist. När grödans svavelbehov mättats kan inte ytterligare svaveltillförsel ge högre skörd.

Övriga odlingsbetingelser

Syftet med detta försök var främst att undersöka effekten av svaveltillförsel via gödselmedel. Men även andra odlingsbetingelsers påverkan på svavelhalten i havrekärnan har jämförts. Eftersom endast fyra försöksplatser fanns att jämföra, samtidigt som fler än en av parametrarna var olika på försöksplatserna, var det svårt att avgöra vilken parameter som gav upphov till skillnaderna mellan försöksplatserna. Parametrarna som skulle undersökas var jordens lerhalt, pH-värde samt regional placering.

Eftersom svaveldepositionen i Sverige har minskat under de senaste 30 åren från ca 20 till ca 2-6 kg SO₄-S ha⁻¹ år⁻¹ i genomsnitt så är skillnaden mellan depositionen i Väst- och Östsverige liten. Under perioden 2001-2005 var svavelnedfallet ca 5-6 respektive ca 2 kg SO₄-S ha⁻¹ år⁻¹ vid de mätstationer som låg närmast försöksplatserna i väst respektive öst. När svavelhalterna för respektive led jämförs så syns det att de varierar mycket lite, med undantaget Kvänums C-led som skiljer sig från de andra värdena på ett oförklarligt sätt. När svavelhalten knappt påverkas då svavelgödslingen ökar från 0 till 40 kg ha⁻¹ år⁻¹ så lär den inte bli högre i Västsverige bara för att svaveldepositionen är 2-3 kg högre än den i Östsverige. Detta tyder på att svaveldepositionen inte kan påverka havrekärnans svavelhalt.

Efter att ha resonerat mig fram till att svaveldepositionen inte påverkar svavelhalten har det blivit lättare att jämföra försöksplatserna eftersom en av parametrarna som skilde försöksplatserna har tagits bort.

För att se om lerhalten påverkar svavelhalten i havrekärna jämfördes Skara, Kvänum och Bålsta. Eftersom svaveldepositionen kan försummas blir jordarten den parameter som skiljer dessa försöksplatser åt. När svavelhalterna för de tre försöken jämförs i tabell 15 är skillnaderna obetydliga, detta tyder på att inte heller lerhalten kan påverka svavelhalten.

När Munkedals svavelhalt jämfördes med Bålstas, Kvänums och Skaras var Munkedals signifikant lägre. Lerhaltens och svaveldepositionens påverkan på svavelhalten var, enligt tidigare resonemang försumbar, pH-värdet var den parameter som skilde Munkedal från övriga. Munkedals pH var 5,3 övriga försöksplatsers 6,3. Resultatet från testet tyder på att lågt pH-värde ger lägre svavelhalt i havrekärnan.

Utifrån de resultat som svavelförsöket givit kan följande råd om svaveltillförsel och odling av energihavre ges:

- Undvik ej svavelgödsling för att minska svavelhalten, om svavelgödsling undviks kan skörden bli ca 4-5 % lägre än skörden då svavelgödslingen är 10 kg ha⁻¹ år⁻¹.
- Svavelhalten blir lägre på jordar med lågt pH. Svavelhalten var ca 15 % lägre på en jord med pH 5,3 jämfört med tre jordar som alla hade pH 6,3. Det är ingen god ide att inte underhållskalka sin åker så att pH-värdet sjunker. Nackdelarna med ett lågt pH-värde väger tyngre än fördelarna.

Kvävet i försökets gödselmedel tillfördes som NH₄-N och NO₃-N. I A-ledet tillfördes 40 kg vardera av NH₄-N och NO₃-N. I E-ledet tillfördes 75 kg NH₄-N och 5 kg NO₃-N. A- och E-ledets klorhalter i havrekärnan skiljde sig ej nämnvärt. Enligt Kafkaki m.fl. (2001) borde klorhalterna i E-ledet vara högre än i A-ledet. Men enligt Kirkby & Mengel (1987) är variationerna av mineralämnen i reproducerande organ små. I de aktuella försöken påverkades klorhalterna förmodligen mer i havrens vegetativa delar än i kärnan.

SLUTSATSER

Klorförsöket, R3-4038

Slutsatser som kan dras från försöket är följande:

- Klorhalterna i havrekärnor stiger när klogivnan ökar, klorhaltens stegring är dock ej linjär. Klorhalten i kärnan steg i genomsnitt från 0,74 till 0,91 respektive 1,00 g kg⁻¹ TS när klogivnan ökade från 0 till 25 respektive 100 kg per ha och år. Klorhalten i nolledet skilde sig signifikant från leden där 25 respektive 100 kg Cl tillfördes via gödselmedel.
- Om klogödslingen minskar från 25, som kan ses som normal tillförsel då havren får sitt K från KCl, till 0 kg Cl ha⁻¹ under skördeåret, antingen genom (1) gödsling med klorfattigt K-medel t.ex. kaliumsulfat, (2) genom förrådsgödsling av K året innan (på de jordar där det är möjligt) eller (3) genom att tära på kaliumförrådet på jordar med stort förråd, kan klorhalten i kärnan minskas med ca 19 %.
- Ask- och svavelhalter i havrekärna påverkades ej av klogivans storlek.
- Den ojämnt fördelade klordepositionen över landet ger ej nämnvärd påverkan på klorhalten i havrekärnan.
- Klor- och svavelhalterna i havrekärnan påverkas mer av odlingsplatsen än av klogivans storlek.

Svavelförsöket, R3-3093

Slutsatser som kan dras från försöket är följande:

- Svavel-, klor- och askhalten i havrekärna påverkas obetydligt av svavelgivans storlek.
- Som väntat var skörden något högre (ca 4-5 %) då svaveltillförseln från gödselmedel var 10 istället för 0 kg ha⁻¹ år⁻¹.
- Skörden ökar generellt inte då svavelgivan överstiger jordbruksverkets rekommenderade 10 kg ha⁻¹ år⁻¹.
- Svaveldepositionens och lerhaltens påverkan på svavelhalten i havrekärna verkar vara försumbar.
- Svavelhalten i kärnan blir lägre på jordar med lågt pH. På försöksplatsen med pH 5,3 var svavelhalten i kärnan i genomsnitt 1,49 g kg⁻¹ TS, ca 15 % lägre jämfört med de övriga försöksplatserna som alla hade pH 6,3 och en genomsnittlig svavelhalt på 1,75.
- Svavel- och klorhalterna i havrekärnan påverkas mer av odlingsplatsen än av svavelgivans storlek.
- Förhållandet mellan NH₄-N och NO₃-N i kvävegödselmedlet påverkar troligen ej klorhalten i havrekärnan.

REFERENSER

Tryckta referenser

GKS. 1965. Kap A IV. Analysering av handelsgödselmedel och kalkningsmedel. I: GKS Handledning om gödselmedel och kalk. GKS. 1965.

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., Beaton J., Tisdale S., & Nelson W. 2005. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. ISBN 0-13-027824-6

Jordbruksverket. 2005. Riktlinjer för gödsling och kalkning 2006. Rapport 2005:21.

Kafkafi U., Xu G., Imas P., Magen H. & Tarchitzky J. 2001. Potassium and chloride in higher plants. I: Johnston A. E. (red) Potassium and Chloride in Crops and Soils: The Role of Potassium Chloride Fertilizer in Crop Nutrition. IPI Research topics 22, 49-141. International Potash Institute. Basel/Switzerland.

Kudsk T. 2002. Svavel – alltid ett aktuellt näringsämne. Växtpressen 2, 6-9. Årgång 31. Hydro Agri AB. Landskrona.

Lantmännen & LRF. 2005. Värm gården med spannmål. Informationsbroschyr till lantbrukare. Nr 42546 aug-05.

<http://www.lrf.se/data/internal/data/07/07/1123680962212/Varm+garden...pdf>

Ledin S. 2001. Mark. I: Fogelfors H (Red). Växtproduktion i jordbruket 53-82. Natur och Kultur/LTs förlag. Stockholm. ISBN 91-27-35292-7

Mengel K. & Kirkby E.A. 1987. Kap 1.3 Mineral Contents of Plant Material. I: Principles of plant nutrition. International Potash Institute. Bern. Switzerland. 19-24. ISBN 3-906 535 03 7

Rönnbäck M. & Arkelöv O. 2006. Tekniska och miljömässiga problem vid eldning av spannmål – en förstudie. Stiftelsen Lantbruksforskning & Energimyndigheten.

Sander B. 1997. Properties of Danish biofuels and the requirements for power production. Biomass and Bioenergy 12:3, 177-183.

Schreiber R. 1949. Effect of magnesium on the yield and the nutrient uptake of K₂O and MgO by cereals. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk. Vol 48, 37-64 .

Simán G. 1996. Svavel – förråd och processer i marken samt växtens försörjning. I: Agerlid G (Red). Svavelförsörjningen i ny belysning. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens tidskrift 135:6, 29-34. Stockholm. ISBN 91-87562-95-2

Strömberg B. 2006. Bränslehandboken. Värmeforsk Service AB. Stockholm. ISSN 0282-3772

Svensson G. 1996. Svavel och svavlets samspel med kväve. Inverkan på olika gröders avkastning och kvalitet. I: Agerlid G. Svavelförsörjningen i ny belysning. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens tidskrift. 135:6, 35-38. Stockholm. ISBN:91-87562-95-2

Williamsson U., Gunnarsson A., Djurle A. & Kirchmann H. 2004. Klorbrist orsakar fysiologiska fläckar i höstvetete. Fakta Jordbruk 15, SLU.

Withers P.J.A., Tytherleigh A.R.J. & O'Donell F.M. 1995. Effect of S fertilisers on the grain yield and S content of cereals. Journal of Agricultural Science. Vol. 125, 317-324.

Yara. 2005. Växtnäringsassortiment – säsongen 2005/2006. Yara AB. Landskrona

Internetreferenser

SLU. 2005-02-25. Långliggande växtnäringsförsök. Sveriges Lantbruksuniversitet. <http://www.mv.slu.se/vaxtnaring/ltfe/index.htm> 2006-03-15

Personliga meddelanden

Mattsson Lennart. Forskningsledare. Institutionen för markvetenskap, växtnäringslära SLU. 018-671256. 2006-01-30

Pihl Karlsson. Gunilla. PhD, IVL, Svenska Miljöinstitutet. 031-7256208, gunilla.pihl.karlsson@ivl.se. 2006-10-06



Plan R3-3093

1(2)

Varierad intensitet av svavelgödsling till havre

Syfte Studier hur intensiteten i svavelgödsling 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 kombineras ammoniumsulfat och suprasalpeter enligt uppställning nedan. Denna kombination leder till att samtliga led får 80 kg N/ha.

Led	S-giva (kg/ha)	Suprasalpeter N27 (kg/ha)	Ammonsulfat, NS 21-24 (kg/ha)
A	0	296	0
B	10	267	38
C	20	234	80
D	40	170	163
E	80	40	330

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

Sort Belinda

**Skörderest-
behandling** Skörderester återförs.



Plan R3-4038

1(2)

Varierad intensitet av klogödsling till havre

Syfte Studier hur intensiteten i klogödsling 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 västsverige. 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. Bruttorutans 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 Västsverige: >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	<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.
Analys	<u>Jord</u> : Mullhalt, lerhalt, jordart, pH, P-AL, K-AL, Mg-AL, Ca-AL, K-HCl. <u>Kärna (Ledvis)</u> 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. växtnäringslära, 018-671256. Martin Larsson (examensarbetare) 0733-783337, 018-671146,