



NORGES  
LANDBRUKSHØGSKOLE

# FORSØKSRAPPORT 1998

Samarbeidsprosjektet  
IJVF - Norsk Hydro ASA

**Effekt av gjødsling på avlingsmengde og mineralinnhold**

**Leif Ruud**



Norges landbrukshøgskole  
Institutt for jord- og vannfag  
Postboks 5028, 1432 ÅS  
ISSN 0805-7214

# INSTITUTT FOR JORD- OG VANNFAG

Norges Landbrukshøgskole

Postboks 5028, 1432 Ås Telefon: 64 94 75 00 - Agriuniv. Ås  
Telefax: 64 94 82 11 Rapportarkiv: 64 98 82 04

ISSN 0805 - 7214

Rapportens tittel og forfatter(e):

## FORSØKSRAPPORT 1998

Samarbeidsprosjekt  
IJVF - NORSK HYDRO ASA

Leif Ruud

Rapport nr : 6/1999 (78)

Begrenset distribusjon: Fri

Dato:  
22. september 1999

Prosjektnummer:

Faggruppe:  
JORDKULTUR

Geografisk område: Norge

Antall sider (inkl. bilag)  
86

Oppdragsgivers ref.:

**Oppdragsgiver:** Norsk Hydro ASA.

### Sammendrag:

I rapporten presenteres resultater fra et forsøksprogram som utføres av Institutt for jord- og vannfag, Norges landbrukshøgskole, i samarbeid med Norsk Hydro ASA. Forsøkene er utført i veksthus, i klimaanlegg og i felt.

Rapporten omfatter 9 forsøksserier hvor ulike gjødseltyper og råstoffer blir testet med hensyn til effekt på avlingsmengde og innhold av næringsstoffer i ulike vekster.

4. Emneord, norske

1. Mineralgjødsel
2. Råstoffer
3. Avling
4. Næringsinnhold og opptak

Prosjektleder:



Leif Ruud

4. Emneord, engelske

1. Mineral fertilizers
2. Raw Materials
3. Crop Yield
4. Mineral concentr. and uptake

For administrasjonen:



Trond Børresen

# **FORSØKSRAPPORT**

## **1998**

Samarbeidsprosjektet  
IJVF - Norsk Hydro ASA

### **Effekt av gjødsling på avlingsmengde og mineralinnhold**

Prosjektleder: Leif Ruud

Teknisk stab: Kurt Johansen  
Anne-Grethe Kolnes  
Toril Trædal

Samarbeidspartnere i forsøksarbeidet:

Planteforsk Apelsvoll, Kvithamar, Særheim, Vågønes

Forsøksringene i Søndre Østfold, Follo, Solør-Odal, Vestfold, Telemark, Jæren,  
Nordfjord, Indre Nordmøre, Orklaringen, Stjørdal og omegn, Namdal

Norges landbrukshøgskole  
Institutt for jord- og vannfag  
Postboks 5028, 1432 ÅS  
ISSN 0805-7214

## INNHold

FORORD		
	SAMMENDRAG . . . . .	5
	SUMMARY . . . . .	13
1.	<b>FORSØK MED SELÉN I KORN OG GRAS</b> . . . . .	21
	Feltforsøk i vårhvete . . . . .	21
	Karforsøk i raigras . . . . .	25
	Strategi for gjødsling med selèn i gras . . . . .	25
	Selènopptak i gras ved ulike pH-nivå . . . . .	28
2.	<b>EFFEKTEN AV MAKRO- OG MIKRONÆRINGSSTOFFER</b>	
	<b>I FASTLIGGENDE FELT</b> . . . . .	32
	Jordanalyser . . . . .	32
	Forsøksopplegg . . . . .	34
	Avlinger . . . . .	35
	Innhold av næringsstoffer . . . . .	37
3.	<b>GJØDSLINGSSTRATEGI I POTET</b> . . . . .	40
	Forsøksopplegg . . . . .	40
	Avling . . . . .	41
	Observasjon av indre feil . . . . .	42
	Kjemiske avlingsanalyser . . . . .	43
4.	<b>Fullgjødse<sup>®</sup>l MED MANGAN OG SINK</b> . . . . .	46
	Forsøksopplegg . . . . .	46
	Avling . . . . .	47
	Innhold og opptak av mangan og sink . . . . .	50

## FORORD

Denne rapporten presenterer resultater fra gjødslingsforsøk som er utført innenfor et samarbeidsprosjekt mellom Institutt for jord og vannfag og Hydro Agri. Rapporten omfatter 9 forskningsprosjekter hvor det er utført en rekke forsøksserier i veksthus, i klimaanlegg og under feltforhold. Feltforsøkene er utført ved Instituttet og i samarbeid med Planteforsk og lokale forsøksringer.

Forskningsprosjektene i 1998 omfattet disse hovedområdene: Gjødsling med selén, effekten av allsidig gjødsling, potetgjødsling, gjødsling med mangan og sink, effekten av svovelholdig Kalksalpeter<sup>TM</sup>, gjødsling med natrium, næringsfrigjøring fra jorda, nitrogen og svovel til vârrybs samt startgjødsling i vårkorn.

Takk til alle medvirkende for godt samarbeid.

Leif Ruud

## **SAMMENDRAG**

Rapporten for 1998 omhandler 9 forskningsprosjekter hvor en rekke forsøksspørsmål er testet i veksthus, i klimaanlegg og i feltforsøk. Et sammendrag av forsøksresultatene følger nedenfor.

### **1. FORSØK MED SELÈN I KORN OG GRAS**

Norske planteprodukter har lavt selènninnhold. I dette prosjektet testes effekten av selèngjødsling under ulike forhold i korn og gras.

#### **Feltforsøk i vårhvete**

Uten Se-gjødsling har Se-innholdet i kornet vært meget lavt i hele forsøksperioden. Hvert år har Se-innholdet i kornet økt kraftig etter Se-gjødsling på begge feltene. Se-gjødslingen har trolig ikke hatt effekt på kornets Se-innhold året etter gjødsling.

Minste Se-mengde tilført gjennom Kalksalpeter ved begynnende skyting (ca 0,6 gram Se per daa) har som regel økt Se innholdet i kornet til ønsket nivå. Dobling av denne Se-mengden har ofte gitt unødvendig høyt Se-innhold i kornet.

På disse to feltene har Se-holdig Fullgjødsel ofte økt Se-innholdet i kornet mer enn Se-holdig Kalksalpeter. Da feltene har lavt avlingsnivå, kan dårlig vekst på spredetidspunktet for Kalksalpeter være årsaken.

Se-innholdet i kornet etter Se-gjødsling er ikke blitt påvirket entydig av kalking og høyere pH i jorda, men ved bruk av Se-holdig Kalksalpeter har effekten av kalk vært positiv for kornets Se-innhold på et av feltene (Ås I).

Se-verdiene i jorda er generelt ikke blitt påvirket av kalking, mens årlig tilførsel av Se i forsøksperioden har økt Se-verdiene på det ene feltet (Ås II).

#### **Karforsøk i raigras**

Selènninnholdet i avlingen av raigras har vært meget lavt uten selèngjødsling ved alle pH-nivå.

### 3. GJØDSLINGSSTRATEGI I POTET

Delt kaliumgjødning har i begge forsøksårene gitt størst totalavling av potet, mens den salgbare avlingen ikke er blitt påvirket.

Den salgbare avlingen har vært noe større når nitrogenet er tilført i form av Kalksalpeter spesielt når hele mengden er tilført før setting.

Gjødsling med NK 15-27 har gitt meget bra totalavling og ført til relativt stort opptak av kalium og magnesium, men andelen av salgbare avling var lav hhv. høy det 1. og 2.forsøksåret.

Delt nitrogengjødning med Kalksalpeter som nitrogenkilde fra våren av har økt innholdet og opptaket av Kjeldahl N i totalavlingen begge forsøksårene.

Samlet sett i hele forsøksperioden har ikke delt kaliumgjødning hatt entydige og klare effekter på totalavlingens innhold og opptak av næringsstoffer. I det 2.forsøksåret førte delt kaliumgjødning til et markert økt kalsiuminnhold i knollene spesielt i kombinasjon med Kalksalpeter fra våren av.

Det er registrert færre og svakere angrep av brunflekk i knollene ved delt kaliumgjødning i forhold til når all kalium er gitt ved setting.

Bor-Kalksalpeter som ekstra B-kilde har tydelig økt innholdet og opptaket av bor i totalavlingen av potet. Delt K-gjødsling har gitt lavere innhold og opptak av bor enn når all K-gjødslingen er gitt om våren ved ekstra så vel som ved ordinær B-tilførsel.

### 4. Fullgjødning<sup>®</sup> MED MANGAN OG SINK

Tilførsel av Mn og Zn har gitt stor meravling både i havre og tomat ved begge pH-nivå. Mye tyder på at Zn-mangel har gjort seg mest gjeldende for avlingsutslagene.

Det har vært liten forskjell i meravling om Mn og Zn har vært tilført separat eller inngranulert i Fullgjødning.

Elementært S tilført separat virket noe raskere og bedre enn som «kappe» i gjødslingsårene, men ga mindre avling og S-opptak i ettervirkningsåret.

Kalksalpeter med kieseritt innblandet og en «kappe» av elementært S har i sum for et gjødslingsår og et ettervirkningsår gitt størst avling og størst opptak av S i avlingen. I gjødslingsåret var avlingen samt innholdet og opptaket av S like høyt som når bare kieseritt var innblandet i Kalksalpeter på begge jordtyper, og like høyt som elementært S som «kappe» på leirjorda i ettervirkningsåret.

### **Feltforsøk i eng**

Alle typer Kalksalpeter med S har gitt økt avling, men effekten av kieseritt innblandet har vært bedre enn en "kappe" av elementært S.

Effekten av Kalksalpeter med kieseritt innblandet og en "kappe" av elementært S har virket fullt på høyde med bare kieseritt innblandet.

S-effekten av gjødseltypene er blitt bekreftet gjennom planteanalyser. Kieseritt har gitt høyest innhold og opptak av S i avlingen, men elementært S har også økt innholdet og opptaket av S betydelig.

S-gjødsling førte til økt opptak av Kjeldahl N, K, Mg og Ca samt redusert N/S-kvotient i avlingen.

## **6. GJØDSLING MED NATRIUM I RAIGRAS**

Økt K-gjødsling ga større avlinger og høyere innhold og opptak av K i avlingene. Samtidig ble innholdet og opptaket av Mg og Na redusert.

Økt Mg-gjødsling ga bare avlingsøkning ved den svakeste K-gjødslingen, men den førte til høyere innhold og opptak av Mg i graset ved alle K-nivå.



Forsøket har bekreftet at avlingsutslaget etter gjødsling med henholdsvis P, S og Mg er avhengig av jordtypen, jordas innhold av disse næringsstoffene i plantetilgjengelig form og av dyrkingstemperaturen.

### **8. GJØDSLING MED NITROGEN OG SVOVEL I VÅRRYBS**

Det første året økte ikke frøavlingen av ekstra svovelgjødsling i tillegg til Fullgjødsel, men halmavlingen ble noe høyere. Svovelbehovet ble dekket inn gjennom Fullgjødsel og frigjøring fra jorda.

Ekstra svovelgjødsling økte heller ikke innholdet og opptaket av svovel i frøavlingen, men derimot ble halmavlingen betydelig mer svovelrik.

Innholdet og opptaket av Kjeldahl N i frøavlingen ble lite påvirket av de ulike behandlingene med svovel, mens effekten på innholdet og opptaket i halmen ble positivt påvirket av ekstra svovel i grunn gjødslingen og negativt påvirket av Svovel-Kalksalpeter.

Forsøket fortsetter med samme jord i 1999, men uten ny gjødsling med MgO og kieseritt i hhv. serie I og serie II.

### **9. STARTGJØDSLING I VÅRKORN**

Startgjødsel med innhold av fosfor økte korn- og halmavlingene, mens bare nitrogen i startgjødsla i form av Kalksalpeter og urea reduserte avlingene noe.

Avlingsutslagene hadde sammenheng med lav pH og fosforbinding i jorda. Gjødselledd som førte til ytterligere reduksjon av pH i jorda, ga dårligst avling.

Opptaket av Kjeldahl N og fosfor hadde nær og positiv sammenheng med avlingsmengden.

Forsøket fortsetter i 1999 med samme jordtype, men med to pH-nivå i jorda.

## **SUMMARY**

This research report is describing 9 projects in 1998 including experiments carried out in greenhouse, in controlled climate room and in fields. The research programme is carried out in cooperation between Department of Soil and Water Sciences and Hydro Agri.

A brief summary of the results from the experiments is presented here.

### **1. EFFECT OF SELENIUM IN CEREALS AND GRASSES**

The concentration of selenium in Norwegian plant products is very low. In this project the effect of selenium-enriched calcium nitrate (CN) is tested under different growing conditions in cereals and grasses.

#### **Field experiments in Spring Wheat**

The effect of Se-enriched CN has been tested in many pot and field trials since 1989. The conclusion is that the concentration of Se in wheat can be increased to a relevant level by this fertilizer. There has been variation in concentration of Se likely caused by different climates and soils. Two long term fields were continued in 1998 at 2 pH levels.

Concentration of Se in grain yield has been very low without application of Se through the whole research period. Every year Se content in grain yield has increased to a proper level by fertilizing with 6 gram Se per hectare in the two fields. Se fertilizing has not given any effect on Se content in grain yield the year after application.

Either Se concentration in plants or analysed Se content of soil have been influenced by change in soil pH, but Se content of soil has increased slightly by application twice as much Se as normal since 1989.

#### **Pot experiments in Italian ryegrass**

The effect of Se-enriched CN is tested in ryegrass because the supply of Se to milking cows is in focus. The strategy for Se-fertilizing in grasses and the effect of pH in soil on Se uptake in grasses are tested.

### **3. FERTILIZING STRATEGI FOR POTATOES**

The effect of splitted N and K application in combination with water soluble Ca and B is tested in greenhouse experiments in two years.

Splitted K application led to greater total yield of potatoes but yield of potatoes for consume was not influenced.

All N added as CN at setting led to greater yield of potatoes for consume.

NK fertilizer led to a high total yield of potatoes.

Concentration of nutrients in total yield of potatoes was little influenced by the treatments. N utilization has been highest by splitted CN application and concentration and uptake of B has been increased by CN with B incorporated. Last year splitted K application in combination with CN led to increased content of Ca in the tubers.

Last year splitted K application led to fewer and weaker attack by brown spots in the tubers.

### **4. MANGAN AND ZINK INCORPORATED IN NPK**

The effect of Mn- and Zn-enriched NPK was compared with Mn and Zn added separately to oats and tomatoes in a silt soil with very low content of Mn and Zn.

Application of Mn and Zn resulted in significantly and grate increase in crop yield in oats as well as in tomatoes at normal as well as at high pH in the soil.

**Field trials on grassland**

Grass yield was increased by CN with kieserite as well as CN with elemental S incorporated but CN with kieserite was the most effective one.

CN with kieserite incorporated + elemental S coated was as effective as CN with same amount of S incorporated as kieserite.

Concentration and uptake of S in grass yield were highest by CN with kieserite, but concentration of S was clearly increased by CN with elemental S in the 2.cut.

Generally application of S resulted in higher uptake of Kjeldahl N, K, Mg and Ca as well as reduced N/S quotient in grass crop.

**6. EFFECT OF SODIUM IN RYEGRASS**

Pot experiment in Italian Ryegrass to test the effect of antagonism between potassium (K), magnesium (Mg) and sodium (Na).

Higher rate of K resulted in increased grass yield with higher concentration of K in grass yield but lower concentration of Mg and Na.

Higher rate of Mg resulted in increased grass yield at the smallest rate of K only but concentration of Mg in grass yield increased at all rates of K.

Higher rate of Na resulted in increased grass yield and higher concentration of Na in grass yield at all K rates. The good effect of Na was reduced by higher K rates but it was little influenced by higher Mg rate.

Grass yield was little reduced by the weakest K rate if Na and the biggest Mg rate was applied. Concentration of Na and Mg in grass yield were then at a relevant level.

## **8. NITROGEN AND SULPHUR FOR SPRING OIL CROPS**

Oil crops have a high requirement for sulphur which also easily is leached out of the soil.

Nitrogen and sulphur have to be added in a balanced ratio because these nutrients work together when protein is formed in the plants. This can be met by S-enriched Calcium Nitrate top-dressed which also allow splitting up the N rate. This strategy for fertilizing oil crops has been tested in a pot trial for one year.

In the first year the need for sulphur was met by spring fertilizing with Fullgjødtsel<sup>®</sup> and by releasing of S from the soil.

Extra S top-dressed had no influence on seed yield or uptake of S and N in seed yield but it had a positive influence on straw yield and uptake of S in straw yield.

The pot trial has been continued with the same soil in 1999.

## **9. EFFECT OF START FERTILIZERS IN SPRING BARLEY**

Grain yield of spring cereals has been increased by start fertilizing with nitrogen and phosphorous in field trials in Finland. The main quantity of fertilizers is still deep placed between the seed rows but a small quantity of fertilizers is placed together with the seed. The effect of start fertilizing has been very good in soil with low pH at a cold and humid climate but young plants can be damaged by scorching under dry conditions.

Since such conditions for plant growth can exist also in Norway, trials with start fertilizing in barley were started up in 1998. Results from a greenhouse experiment only are reported here.

Crop yield was increased by start fertilizers containing phosphorous corresponding to low pH and low available phosphorous in the soil. Lowest crop yield was achieved by fertilizers leading to extra reductions in soil pH.

Uptake of Kjeldahl N and phosphorous in crop yield were positively correlated to crop yield response in the different treatments.

# 1. FORSØK MED SELEN I KORN OG GRAS

Selèn (Se) er et essensielt næringsstoff for mennesker og dyr, men det er ikke nødvendig for planter. Planteprodukter dyrket i Norden har et meget lavt innhold av Se fordi jorda er Se-fattig. Derfor har kraftfôret vært tilsatt Se i mange år for å dekke opp husdyras behov. Se-forsyningen kan likevel bli et problem for dyr uten eller med lite kraftfôr i fôrrasjonen. Uten Se-gjødsling vil økt selvforsyning av hvete i Norge også bety at Se-inntaket gjennom kostholdet reduseres.

Effekten av Se-holdig gjødsel på Se-innholdet i planter har vært utprøvd i Norge i mange år. Først ble Se-holdig Fullgjødsel<sup>®</sup> utprøvd med godt resultat i korn og gras. Se-holdig Kalksalpeter<sup>™</sup> er senere blitt utprøvd som et alternativ fordi den brukes ved delgjødsling i mange vekster. Denne gjødseltypen er nå tillatt brukt i mathvete og har vært markedsført under navnet NitraSel<sup>™</sup>. En ny Se-holdig Fullgjødsel 21-3-8 er for tiden til utprøving i felt- og beiteforsøk.

## ***FELTFORSØK I VÅRHVETE***

Se-holdig Kalksalpeter ble først utprøvd i karforsøk hvor en fant at Se-innholdet i hvete økte i takt med Se-mengden i gjødsla både ved tidlig og ved sein delgjødsling. Feltforsøk med Se-holdig Kalksalpeter har vært utført hovedsaklig i vårhvete siden 1990. Bortsett fra to fastliggende felt i Ås har feltene vært ett-årige, og de har representert sju lokaliteter med ulikheter i jord og klima. Forsøkene har vist at Se-holdig Kalksalpeter kan nyttes til å øke Se-innholdet i hvete til ønsket nivå.

### **Forsøksopplegg, 2 fastliggende felt**

De to fastliggende Se-feltene i Ås er ført videre med to pH-nivå. Våren 1996 ble to av de fire gjentakene på hvert felt kalket med tilsvarende 650 kg og 550 kg kalkstensmel pr daa på henholdsvis Ås I og Ås II. Våren 1997 ble de samme to gjentakene kalket på nytt med tilsvarende 350 kg og 250 kg kalksteinsmel pr daa på de to feltene. Jorda er i god næringstilstand på begge feltene, men Se-innholdet er på vanlig lavt nordisk

Gjennom Fullgjødning 21-4-10 blir feltene også tilført vanlige mengder P, K, Mg, S og B. Se er inngranulert i form av Na-selenat både i Fullgjødning og Kalksalpeter. Det blir tilført omtrent samme Se-mengde i ledd b og d.

Feltene er anlagt som blokkforsøk med rutestørrelse på 24 m<sup>2</sup> (3x8) og 12 m<sup>2</sup> høsterute. De tilsåes annet hvert år med hvete i et kornomløp og høstes ved modning. Det blir tatt Se-analyser av kornet.

## Avling

Som tidligere år var det ingen sikre avlingsforskjeller i middel av pH mellom forsøksleddene i 1998 (Tabell 1.3). Oppkalkingen av jorda i 1996 og 97 har ikke påvirket avlingene av verken hvete eller havre dette året.

**Tabell 1.3. Kornavling etter ulik Se-tilførsel ved 2 pH-nivå i 1998, kg per daa**

Felt	Art	pH I				pH II			
		Ledd a	Ledd b	Ledd c	Ledd d	Ledd a	Ledd b	Ledd c	Ledd d
Ås I	Hvete	330	339	334	342	328	316	346	324
Ås II	Havre	358	327	323	314	335	307	321	340

## Innhold av Se i kornavlingene

Se-innholdet i kornet var som tidligere meget lavt uten Se-gjødsling også i 1998 (Tabell 1.4). Dette året var det meget godt samsvar mellom Se-tilførselen og Se-innholdet i kornavlingene. Ved begge pH-nivåene økte Se-innholdet i kornet opp til største Se-mengde tilført gjennom Kalksalpeter ved skyting. Se-innholdet i kornet var noe høyere når samme Se-mengde ble tilført om våren gjennom Fullgjødning enn ved delgjødning gjennom Kalksalpeter (ledd b og d). Effekten av forsøksbehandlingen på Se-innholdet i kornet var omtrent like god på begge pH-nivåene.

Bortsett fra i 1996 har det vært meget god effekt av Se-holdig Kalksalpeter både i 1997 og 98. Sammenlignet med effekten av Se tilført om våren gjennom Fullgjødning har effekten av Se-holdig Kalksalpeter hele tiden likevel vært noe dårligere på disse to feltene. Dette har trolig

Minste Se-mengde tilført gjennom Kalksalpeter ved begynnende skyting (ca 0,6 gram Se per daa) har som regel økt Se innholdet i kornet til ønsket nivå. Dobling av denne Se-mengden har ofte gitt unødvendig høyt Se-innhold i kornet.

På disse to feltene har Se-holdig Fullgjødning ofte økt Se-innholdet i kornet mer enn Se-holdig Kalksalpeter. Da feltene har lavt avlingsnivå, kan dårlig vekst på spredetidspunktet for Kalksalpeter være årsaken.

Se-innholdet i kornet etter Se-gjødsling er ikke blitt påvirket entydig av kalking og høyere pH i jorda, men ved bruk av Se-holdig Kalksalpeter har effekten av kalk vært positiv for kornets Se-innhold på et av feltene (Ås I).

Se-verdiene i jorda er generelt ikke blitt påvirket av kalking, mens årlig tilførsel av Se i forsøksperioden har økt Se-verdiene på det ene feltet (Ås II).

## ***KARFORSØK I RAIGRAS***

I de senere årene er Se-forsyningen i melkekubesetninger kommet i fokus. Det synes å være en sammenheng mellom lavt Se-nivå i blodet og forekomsten av mastitt, fruktbarhetsproblemer samt smaksfeil på melk. Det er derfor aktuelt å se nærmere på effekten av Se-gjødsling til gras.

### **Strategi for gjødning med selèn i gras**

Karforsøket er utført med ulike Se-mengder tilført gjennom Kalksalpeter og utdosert en eventuelt to ganger i ett-årig raigras som høstes 4 ganger.

#### *Forsøksplan:*

Ledd	Etter 1. slått	Etter 2. slått	Se tilført
a.	Kalksalp. m/10 mg Se/kg	Kalksalp. m/10 mg Se/kg	1,2 gram/daa
b.	Kalksalp. m/15mg Se/kg	Kalksalp. m/10 mg Se/kg	1,5 «
c.	Kalksalp. m/15 mg Se/kg	Kalksalp. m/15 mg Se/kg	1,8 «
d.	Kalksalp. m/20 mg Se/kg	Kalksalp. m/10 mg Se/kg	1,8 «
e.	Kalksalp. m/20 mg Se/kg	Kalksalp. m/20 mg Se/kg	2,4 «



## Se-innholdet i avlingen

Da det var liten forskjell på pH-verdiene i seriene med og uten kalk og små avlingsforskjeller, er Se-innholdet i avlingen presentert i middel av pH (Tabell 1.7). Dessuten viser analysene at de ulike Se-gjødslingene har påvirket Se-innholdet i avlingen i samme retning ved de to pH-nivåene. Den kalka serien ga høyere Se-innhold i plantene i 1997, men ikke i 96 og 98.

**Tabell 1.7. Se-innhold i raigras etter ulike gjødslingsopplegg med Se, mg Se per kg tørket raigras. Middel av 2 pH-serier.**

Ledd	1996				1997				1998			
	1. sl	2. sl	3. sl	4. sl	1. sl	2. sl	3. sl	4. sl	1. sl	2. sl	3. sl	4. sl
a	<0,02	0,35	0,50	0,13	<0,02	0,57	0,31	0,09	<0,01	0,28	0,27	0,10
b	<0,02	0,54	0,50	0,14	<0,02	0,73	0,32	0,10	<0,01	0,32	0,31	0,11
c	<0,02	0,52	0,68	0,17	<0,02	0,67	0,46	0,13	<0,01	0,38	0,45	0,14
d	<0,02	0,68	0,47	0,15	<0,02	0,88	0,55	0,15	<0,01	0,59	0,32	0,13
e	<0,02	0,66	0,86	0,21	<0,02	0,94	0,49	0,15	<0,01	0,57	0,48	0,17

Det har stort sett vært meget godt samsvar mellom Se-gjødslingen til hver enkelt slått og Se-innholdet i avlingen ved høsting. Det er tydelig at det er Se-tilførselen til den enkelte slått som avgjør den enkelte avlingens Se-innhold.

Se-analysene viser at Se-gjødslingen har vært svært effektiv. Allerede ved minste Se-mengde til 2. slått i anleggsåret er Se-innholdet i avlingen økt kraftig og kommet opp på et høyt og tilstrekkelig nivå. Samtidig har Se-tilførselen på leddene b - e gitt unødvendig høyt Se-innhold i avlingen. Den minste Se-mengden har også vist seg å være fullt ut tilstrekkelig i de to siste forsøksårene.

Se-analysene for 1. slått i 1997 og 98 viser at det ikke har vært ettervirkning av Se-gjødslingen i henholdsvis 1996 og 97. Det har imidlertid vært ettervirkning av den Se-gjødslingen som har vært utført tidligere i samme vekstsesong. Det viser Se-innholdet i 4. slått i alle tre forsøksår som tydelig øker i samsvar med sum tilført Se i 2. og 3. slått. Analyseverdiene tyder imidlertid på at tilført Se relativt raskt blir gjort utilgjengelig for plantene i denne jorda.

Det grunnjødleses ved innblanding før såing med Fullgjødsel 18-3-15 tilsvarende 80 kg/daa. I 1996 og 97 ble det gjødset med Fullgjødsel 22-2-12 tilsvarende 40 kg/daa etter 1., 2. og 3. slått. I 1998 ble det i stedet brukt Kalksalpeter med selen tilsvarende 60 kg/daa etter 1. og etter 2.slått. Etter 3.slått ble det brukt samme mengde av vanlig Kalksalpeter. Det ble også tilleggsgjødset med HYDRO-PK™ 5-17 tilsvarende 50 kg/daa etter 1. og 2.slått. Dette året ble det derfor testet hvordan ulike pH-nivå i jorda påvirker tilgjengeligheten av Se i gjødslingsåret. Forsøksvekst var ett-årig raigras som ble høstet 4 ganger ved begynnende skyting. Det ble nyttet 7 liter kar og 3 gjentak.

## Avling

Raigraset har vært jevnt, grønt og i fin vekst gjennom hele veksttida i alle forsøksårene. Det var fortsatt store avlinger i 1998, og dette året var avlingene aller størst på leddene a og c (Tabell 1.8). Avlingene var størst på det høyeste pH-trinnet i 1996 og minst i 1997 og 98. Se-tilførselen har ikke virket inn på avlingsmengden.

**Tabell 1.8. Avling av raigras på tidligere ulikt Se-gjødset jord ved 3 pH-nivå, sum 4 høstinger, gram tørrstoff per kar**

Ledd	Middel av 1996 og 97				1998			
	pH I	pH II	pH III	Middel	pH I	pH II	pH III	Middel
a	74,4	73,9	75,8	74,7	77,5	72,9	67,6	72,6a
b	78,1	75,2	77,8	77,0	71,2	69,3	64,8	68,5b
c	74,3	75,6	73,1	74,4	74,0	72,1	71,5	72,5a
d	76,7	75,2	73,0	75,0	74,3	69,1	65,1	69,5b
Middel	75,8	75,0	74,9		74,3a	70,9b	67,3c	

## Se-innholdet i avlingen

Se-innholdet i raigras har vært lavt uten Se-gjødsling på alle pH-nivå i hele forsøksperioden (Tabell 1.9). Ledd c, med høyest Se-tilførsel gjennom feltforsøksperioden, ga noe høyere Se-innhold i 3. og 4. høsting i 1996 og i 2. høsting i 1997 og 98. Det leddvise Se-opptaket i middel av pH viser også at ledd c har gitt noe høyere Se-opptak i enkelte høstinger og i avlingen totalt både i 1996 og 1997 (Tabell 1.10). Etter at hele forsøket ble likt Se-gjødset i 2. og 3.slått i 1998, økte Se-innholdet i avlingene sterkt og til omtrent samme nivå på alle ledd. Det var stor ettervirkning i 4. slått av den sterke Se-gjødslingen til 2. og 3.slått (totalt 2,4 gram Se per daa).

**Tabell 1.11. Effekten av ulike pH-nivå på tidligere Se-gjødset jord på innhold og opptak av Se i totalavlingen av raigras i middel av ledd**

	pH 5,2	pH 5,7	pH 6,9
<i>Forsøksår 1996, uten Se-gjødsling</i>			
Innhold, mg Se per kg	0,022ab	0,020b	0,024a
Opptak, µg Se per kar	1,76b	1,59b	2,04a
<i>Forsøksår 1997, uten Se-gjødsling</i>			
Innhold, mg Se per kg	0,022a	0,022a	0,023a
Opptak, µg Se per kar	1,58a	1,53a	1,53a
<i>Forsøksår 1998, med lik Se-gjødsling til 2. og 3.slått</i>			
Innhold, mg Se per kg	0,210a	0,200a	0,172b
Opptak, µg Se per kar	15,56a	14,19a	11,54b

### **Konklusjon etter 3 års karforsøk med Se-opptak ved ulike pH-nivå**

Uten Se-gjødsling har Se-innholdet i raigras vært lavt på alle tre pH-nivå.

Leddet med høyest Se-tilførsel i feltforsøksperioden har gitt noe høyere innhold og opptak av Se i enkelte høstinger.

Se-innholdet i avlingen har ikke blitt entydig påvirket av jordas pH-nivå. Etter Se-gjødsling i siste forsøksår økte Se-innholdet minst ved høyeste pH-nivå.

Innholdet og opptaket av Se økte sterkt når gjenveksten ble gjødset med Se-holdig Kalksalpeter. Det var god ettervirkning av Se-gjødslingen i den påfølgende avlingen.

Tabell 2.1. Kjemisk analyse av leddvise jordprøver i 1997 og 98 på 6 av feltene

Ås, moldholdig, siltig lettleir, anlagt 1990, uttak ny prøve våren 1998								
Ledd	Volumvekt	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	Na-AL	Bor
a	1,13	5,8	10,3	12,6	5,0	129	1,6	0,4
b	1,15	5,8	10,8	14,9	5,8	130	1,6	0,6
c	1,13	5,8	8,3	13,6	5,0	129	1,5	0,4
d	1,13	5,8	10,9	9,6	5,1	136	1,5	0,4
e	1,17	5,8	11,4	13,5	4,1	134	1,5	0,4
f	1,13	5,7	10,6	12,6	5,0	130	1,6	0,4
g	1,11	5,6	10,6	14,4	5,3	123	1,5	0,4
h	1,14	5,7	11,3	13,6	3,9	126	1,5	0,4
i	1,15	5,8	8,5	10,2	4,3	132	1,8	0,4
Apelsvoll, moldholdig morene, anlagt 1990, uttak ny prøve våren 1997								
Ledd	Volumvekt	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	Na-AL	Bor
a	1,29	6,2	9	9	8	131		0,48
b	1,27	6,1	8	9	8	134		0,46
c	1,27	6,2	7	9	9	144		0,53
d	1,28	6,2	8	6	8	132		0,52
e	1,29	6,1	9	9	8	128		0,53
f	1,27	6,2	9	9	8	145		0,56
g	1,24	6,2	8	9	9	161		0,59
h	1,28	6,2	8	10	8	131		0,54
i	1,27	6,2	7	7	8	138		0,58
Solør-Odal, moldholdig silt, anlagt 1990, uttak ny prøve våren 1997								
Ledd	Volumvekt	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	Na-AL	Bor
a	1,29	5,7	7	17	4	64		0,4
b	1,30	5,8	7	21	4	54		0,4
c	1,29	5,6	5	19	4	48		0,3
d	1,32	6,0	8	13	4	78		0,4
e	1,26	6,0	8	18	4	72		0,4
f	1,34	5,8	6	15	3	50		0,4
g	1,32	5,5	7	18	3	47		0,4
h	1,33	5,9	6	16	3	54		0,3
i	1,25	5,7	6	17	3	56		0,3
Særheim, moldrik morene, anlagt 1992, uttak ny prøve våren 1998								
Ledd	Volumvekt	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	Na-AL	Bor
a	1,07	5,3	6,1	4,7	6,2	86,6	5,1	0,4
b	1,05	5,9	6,8	16,2?	7,6	77,8	4,9	
c	1,03	5,8	4,5	5,2	5,7	86,7	6,3	
d	1,09	5,8	6,0	3,5	5,4	92,8	5,3	
e	1,05	6,0	6,7	3,6	4,0	91,3	5,9	
f	1,05	5,9	7,0	4,6	5,8	86,1	5,8	
g	1,06	6,0	5,9	4,9	5,5	86,9	5,8	0,4
h	1,10	6,0	6,5	3,6	3,8	84,0	6,1	
i	1,04	6,0	5,2	5,2	6,8	81,9	5,4	0,3

**Tabell 2.2. Gjødning og næringsstoffer tilført per daa på kornfeltene fra 1996<sup>(\*)</sup>**

Ledd	Gjødningstype	Vare	P	K	Ca	Mg	S	B
		- - - -		kg		- - - -		gram
a	F.gj. 17-5-13	65,4	3,7	8,9	1,5	0,8	2,0	13
b(-N)	PK 7-18 +Boraks	48,6 0,1	3,5	8,9	3,4	1,2	2,7	13
c(-P)	NK 19-16 +Boraks	52,3 0,1	-	8,2	0,4	1,0	2,2	13
d(-K)	NP 26-6 P 8	40,1 10,0	2,3 0,8	(0,1)	1,3 2,0	0,7	0,9 1,2	14
e(-Mg)	NPK 16-16-16 +Gips 10,0 +Boraks	61,9 0,07	4,3	8,2 2,3	1,8	(0,1) 1,9	0,1	3 9
f(-S)	NPK 16-11-14	60,9	2,9	7,1	1,5	1,0	(0,1)	12
g(-B)	PK 7-18 Amm.nitrat	48,6 29,0	3,5	8,9	3,4	1,2	2,7	-
h	NPK 16-16-16	61,9	4,3	8,2	1,8	(0,1)	0,1	3)
i	Uten gjødning							

<sup>(\*)</sup> 10 kg N per daa tilføres på alle ledd unntatt b og i.

Feltene har 3 gjentak. Anleggsrutene er 24 m<sup>2</sup> og høsterutene 12 m<sup>2</sup>. Kornet blir høstet ved modning, mens enga blir høstet ved skyting 2 eventuelt 3 ganger. Det blir tatt avlingsprøve fra hver rute både i korn og eng, og disse blir slått sammen leddvis for kjemisk analyse.

I 1998 ble det dyrket havre både på Kvithamar, i Nedre Telemark og i Ås, mens det ble dyrket potet på Apelsvoll og i Solør-Odal også i år. Engfeltene fortsatte på Særheim og på Vågønes.

### Avlinger

Uten N-gjødsling var avlingene i middel halvert både i eng og korn allerede i 1994. I perioden 1995 - 97 har avlingene i korn i middel vært redusert med nesten 60 % uten N-gjødsling, mens avlingsreduksjonen i eng har vært enda sterkere. Leddet uten gjødning ga omtrent samme

I korn var det også i år klar avlingsreduksjon uten P-gjødsling på feltet i Telemark. Ved feltinspeksjonen før begynnende skyting var det tydelig kortere og tynnere åker på rutene uten P på dette feltet. Til tross for at det ble observert tydelige mangelsymptomer for både fosfor, kalium, magnesium og svovel til langt ut i stråstrekningsperioden på Ås-feltet, ble det ikke registrert avlingsnedgang på disse leddene. Feltet var meget ujevnt med stor variasjon mellom rutene.

Som i fjoråret ble det igjen sikker avlingsreduksjon i potet uten K på Apelsvollfeltet, mens totalavlingen ble mest redusert uten P på feltet i Solør-Odal. På Apelsvollfeltet har leddet uten Mg gitt størst avling i begge potetårene, og det samme var tilfelle på feltet i Solør-Odal i 1998. Kan dette skyldes at Mg har redusert K-opptaket ytterligere på leddene som er tilført Mg? K-gjødslingen på demonstrasjonsfeltene er tilpasset behovet til korn og gras, men er for liten til potet. Dessuten har jorda dårlig K-tilstand på Apelsvollfeltet.

I eng var det sikker avlingsreduksjon både i 1. og 2. slått uten K-gjødsling på Særheimfeltet og sikker reduksjon i totalavlingen når gjødsla var uten henholdsvis kalium og svovel på Vågønesfeltet.

### **Innhold av næringsstoffer i avlingene**

Uten tilførsel er avlingenes innhold av de respektive næringsstoffene ofte blitt redusert, særlig i eng. De to engfeltene har særlig hatt meget lavt innhold av K og S i avlingene, men også lavere innhold av P og Mg når disse næringsstoffene ikke har vært tilført.

Avlingenes innhold av P, K og Mg i 1998 er presentert i tabell 2.5, mens N- og S-innholdet ikke ble analysert dette året. Kornavlingenes innhold av næringsstoffer ble lite påvirket av forsøksbehandlingen, men i feltet på Ås var Mg-innholdet lavere på begge leddene uten Mg tilført. I potetfeltet på Apelsvoll ble K-innholdet sterkt redusert i begge sortene, mens P-innholdet ble redusert i Beate når det ikke ble gjødslet med disse næringsstoffene. I Solør-Odal ble både P- og K-innholdet redusert i begge sortene når det ikke ble gjødslet med hhv. P og K.

I engavlingene ble innholdet av både P, K og Mg redusert på begge feltene både i 1. og i 2. slått når disse næringsstoffene ikke var tilført. Særlig ble det stor reduksjon i K-innholdet uten gjødsling med K. På ledd uten K-gjødsling økte Mg-innholdet i avlingene sterkt på begge feltene.

### **Konklusjon fra forsøksåret 1998:**

Siden anlegg av feltene er jordas innhold av P, K og Mg tydelig redusert på ledd uten gjødsling med disse næringsstoffene. P-AL er redusert med ca 2 enheter på alle felt, K-AL er redusert med 1 - 4 enheter, mens Mg-AL er redusert med 0 - 2 enheter.

På alle feltene ble avlingen sterkt redusert på leddene uten gjødsling og når nitrogen var utelatt fra gjødsla. På begge disse to leddene ble kornavlingen i middel halvert, mens engavlingene i middel ble redusert med 62 %. I potet ble den salgbare avlingen redusert med 32 % på leddet uten nitrogen og 47 % på leddet uten gjødsel.

Det ble også klar avlingsreduksjon uten P-gjødsling på kornfeltet i Telemark og på potetfeltet i Solør-Odal, mens potetfeltet på Apelsvoll ga sikker avlingsreduksjon uten K-gjødsling. I eng var det sikker avlingsreduksjon uten K-gjødsling på Særheimfeltet og når det ikke var gjødslet med K hhv. S på Vågønesfeltet.

Det var god sammenheng mellom manglende tilførsel av P, K og Mg og redusert innhold av disse næringsstoffene i engavlingene og til dels i potet. I korn ble bare Mg-innholdet tydelig redusert på et av feltene når Mg ikke var tilført.

*Forsøksplan (mengder per dekar):*

Ledd	Innblanding før setting	Tilført like før knollansetting
a.	19 kg N i AN + 40 kg K i K-sulfat	
b.	9 kg N i AN + - - « - -	10 kg N i KS
c.	19 kg N i KS + - - « - -	
d.	9 kg N i KS + - - « - -	10 kg N i KS
e.	9 kg N i AN + - - « - -	10 kg N i B-KS
f.	19 kg N i AN + 22 kg K i K-sulfat	18 kg K i K-sulfat
g.	9 kg N i AN + - - « - -	10 kg N i KS + 18 kg K i K-sulfat
h.	19 kg N i KS + - - « - -	18 kg K i K-sulfat
i.	9 kg N i KS + - - « - -	10 kg N i KS + 18 kg K i K-sulfat
j.	9 kg N i AN + - - « - -	10 kg N i B-KS + 18 kg K i K-sulfat
k.	9 kg N i AN + - - « - -	10 kg N og 18 kg K i NK 15-27
l.	9 kg N i NK15-27+5,4 kg K i K-sulfat	10 kg N og 18 kg K i NK 15-27

Knollavlingen blir registrert og kvalitetsvurdert. Uttak av leddvise plantepøver for kjemisk analyse av N, K, Ca, Mg og B.

### Avling

Potetene spirte jevnt og det utviklet seg grønne og friske planter. Ved delgjødsling tre uker etter setting var potetene 20-25 cm høye. Antall stengler per plante varierte fra 3 til 9, per kasse fra 7 til 14 og per ledd fra 28 til 34. Et unntak var ledd b som bare hadde 23 stengler, men avlingen ble likevel omtrent av middels størrelse. Det ble heller ikke funnet noen sammenheng i materialet for øvrig mellom antall stengler og avlingsresultatet. Antall knoller per ledd varierte fra 57 til 70. Fullt utviklet ble riset jevnt over ca 1 meter høyt. Potetene ble høstet etter at riset var nedvisnet.

Totalavlingen av potet ble nesten like stor med 2 planter i 1998 som med 3 planter i 1997 og andelen av salgbar avling var normal og mye høyere enn i 1997 (Tabell 3.1). Ledd l med bruk av NK 15-27 ga igjen bra totalavling og i motsetning til i fjor var også andelen av salgbar avling høy. Aller størst salgbar avling ble det på ledd k hvor NK 15-27 var brukt ved delgjødsling. Ved sammenstilling av hovedeffekter fremkom det en sikker økning av totalavlingen etter delt kaliumgjødsling (Tabell 3.2). Forskjellene mellom de andre hovedeffektene var relativt små og usikre, men den salgbare avlingen var også positivt påvirket av delt kaliumgjødsling samt av delt nitrogengjødsling (Tabell 3.3).



## Kjemiske avlingsanalyser

I tabellene 3.4, 3.5 og 3.6 vises effekten av de ulike forsøksbehandlingene på innholdet og opptaket av næringsstoffer i totalavlingen av potet. Delt nitrogen gjødsling med Kalksalpeter som nitrogenkilde fra våren av, har økt innholdet og opptaket av Kjeldahl N og dessuten opptaket av magnesium i avlingen. Delt kalium gjødsling, som økte totalavlingen av potet, førte til et noe større opptak av både magnesium, kalsium og kalium. Delt kalium gjødsling førte dessuten til en markert økning av kalsiuminnholdet i knollene spesielt i kombinasjon med Kalksalpeter fra våren av. Ledd 1 med bruk av NK 15-27 ga størst opptak av kalium og magnesium, men det laveste kalsiuminnholdet i knollene.

Tilførselen av ekstra bor gjennom Bor-Kalksalpeter™ (B-KS) har også dette året gitt et høyere innhold og opptak av B i totalavlingen av potet. Delt K-gjødsling har redusert B-effekten av den ekstra B-tilførselen så vel som den ordinære B-tilførselen på de andre leddene. I forsøket blir B-KS tilført ved knollansetting og kombinert med AN tilført om våren. I følge tabell 3.6, som bare innbefatter ledd med ordinær B-tilførsel, er innholdet og opptaket av B blitt større etter bruk av AN istedenfor KS om våren.

**Tabell 3.4. Effekten av ulike gjødslingsopplegg på innholdet av Kjeldahl N, K, Ca, Mg (gram per kg tørrstoff) og B (mg per kg tørrstoff) i totalavlingen av potet**

Ledd:	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
Kjeld N	9,9	10,2	10,9	11,1	9,4	9,9	10,7	10,3	11,1	10,1	9,9	10,3
K	21,7	21,0	20,5	21,3	20,0	21,2	20,1	21,3	20,9	20,4	20,2	19,9
Ca	0,16	0,14	0,14	0,13	0,14	0,18	0,15	0,16	0,19	0,17	0,15	0,12
Mg	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
B	2,6	2,1	1,5	2,0	3,3	1,9	1,4	1,3	0,8	2,6	1,8	1,6

**Tabell 3.5. Effekten av ulike gjødslingsopplegg på opptaket av Kjeldahl N, K, Ca, Mg (gram per kasse) og B (mg per kasse) i totalavlingen av potet**

Ledd:	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
Kjeld N	2,36	2,67	2,88	2,66	2,69	2,55	3,00	2,75	2,92	2,83	2,79	3,10
K	5,15	5,50	5,43	5,10	5,71	5,46	5,62	5,70	5,51	5,76	5,70	5,97
Ca	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04
Mg	0,28	0,33	0,31	0,31	0,34	0,30	0,33	0,34	0,31	0,33	0,33	0,35
B	0,63	0,56	0,40	0,49	0,95	0,49	0,39	0,34	0,21	0,72	0,51	0,48

## Konklusjon etter 2 års forsøk

Delt kaliumgjødsling har i begge forsøksårene gitt størst totalavling av potet, mens den salgbare avlingen ikke er blitt påvirket.

Den salgbare avlingen har vært noe større når nitrogenet er tilført i form av Kalksalpeter spesielt når hele mengden er tilført før setting.

Gjødsling med NK 15-27 har gitt meget bra totalavling og relativt stort opptak av kalium og magnesium, men andelen av salgbar avling var lav det 1.forsøksåret og høy det 2.forsøksåret.

Delt nitrogengjødsling med Kalksalpeter som nitrogenkilde fra våren av har økt innholdet og opptaket av Kjeldahl N i totalavlingen begge forsøksårene.

Samlet sett i hele forsøksperioden har ikke delt kaliumgjødsling hatt entydige og klare effekter på totalavlingens innhold og opptak av næringsstoffer. I det 2.forsøksåret førte delt kaliumgjødsling til et markert økt kalsiuminnhold i knollene spesielt i kombinasjon med Kalksalpeter fra våren av.

Det er registrert færre og svakere angrep av brunflekk i knollene ved delt kaliumgjødsling i forhold til når all kalium er gitt ved setting.

Bor-Kalksalpeter som ekstra B-kilde har tydelig økt innholdet og opptaket av bor i totalavlingen av potet. Delt K-gjødsling har gitt lavere innhold og opptak av bor enn når all K-gjødslingen er gitt om våren ved ekstra så vel som ved ordinær B-tilførsel.

Nitrogenmengde tilført tilsvarer 22 kg per daa.

Grunngjødsling: Cu i anleggsåret (Unntatt ledd e).  
Mo til alle ledd hvert år (Redusert mengde på denne jorda).

Forsøket har 3 gjentak.

Det blir vannet optimalt med avionisert vann i veksttida.

Havren ble høstet ved gulmodning; hele tomatplanten ved blomstring.

**Tabell 4.1. Kjemisk analyse av noen næringsstoffer i forsøksjorda**

pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	Mn	Zn	Titrebar alkalinitet
	-	mg/100 gram		-	- mg/kg -		m.e. per 100 gram
7,3	7,1	16,6	7,3	204	< 1,0	1,4	4,0

Havren spirte bra og ga jevn og grønn åker. Ved skyting hadde plantene på kontrolleddet uten Mn og Zn litt kortere internodier ved begge pH-nivå slik som i fjor. Ved begynnende modning var åkeren på kontrolleddet noe grønnere og fortsatt noe kortere ved høyeste pH-nivå. I tomat var både spiring og vekst mer ujevn, og i den første delen av veksttida fikk plantene antocyanfarge. Kanskje var dette midlertidig fosformangel som følge av at gjødsel var plassert? Ved det laveste pH-nivået hadde leddet med Kalksalpeter de beste tomatplantene i denne perioden.

## Avling

Alle ledd med Mn og Zn ga stor og sikker meravling både i havre og tomat ved begge pH-nivå (Tabellene 4.2 og 4.3 og figur 4.1). I havre var det liten forskjell mellom leddene som ble tilført Mn og Zn, men i motsetning til i fjor, var meravlingen av korn noe større for ledd e med Kalksalpeter. Ledd med Mn og Zn tilført separat ga størst meravling av halm. Det var ingen forskjell i avling av korn og halm mellom leddet med Mn-klorid tilført separat og leddet med Mn-sulfat tilført separat. Kornavlingen ble sterkt redusert etter kalking når det ikke ble gjødslet med Mn og Zn. Derimot ble kornavlingen opprettholdt på leddene som ble tilført Mn og Zn også ved dette høye pH-nivået. Halmavlingen ble også redusert etter kalking, men med tilførsel av Mn og Zn var reduksjonen liten.

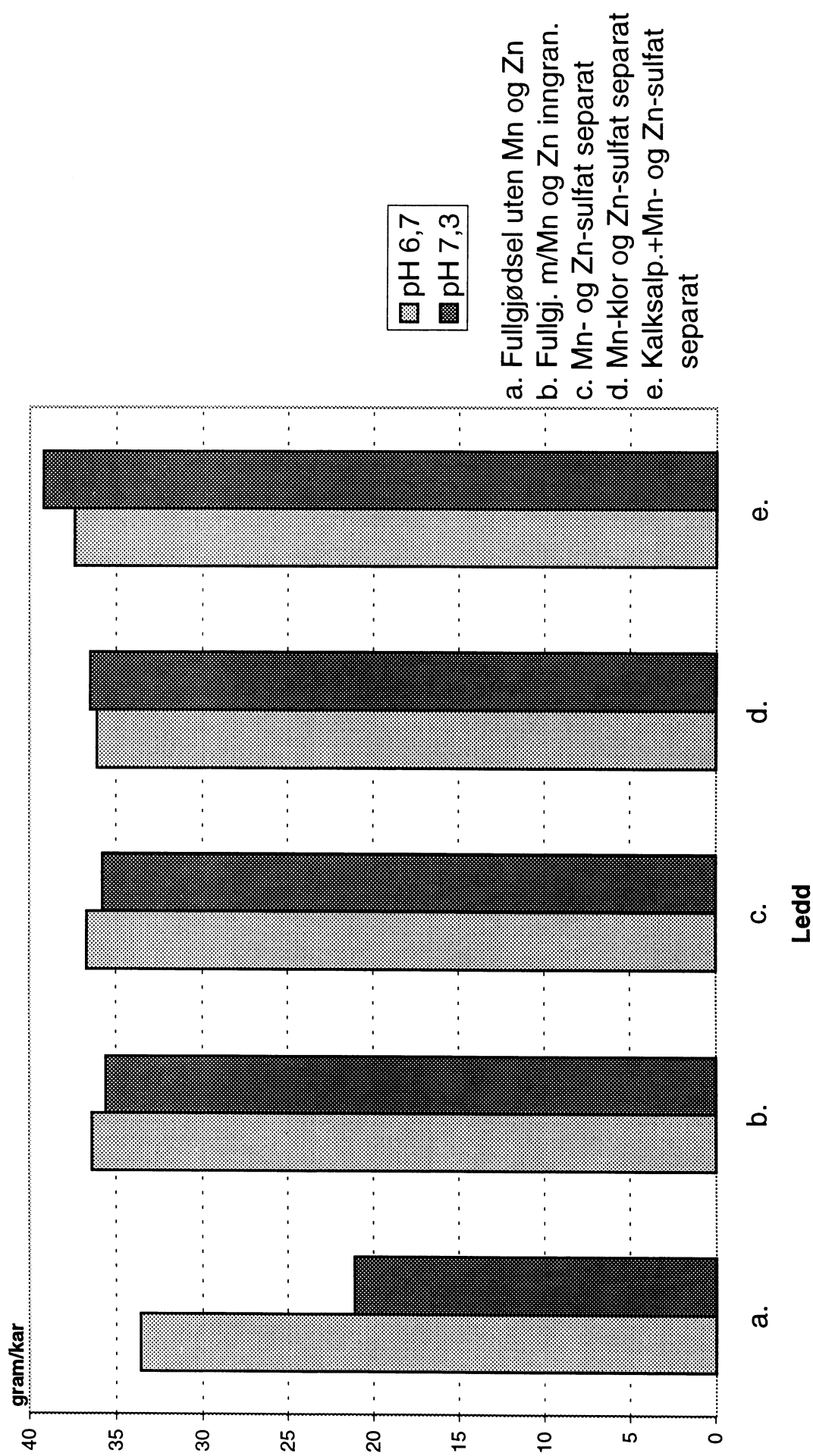


Fig.4.1 Effekten av Fullgjødning m/Mn og Zn på kornavlingen i havre.

Zn i havre, mens det ikke var sikre forskjeller mellom Zn-leddene i tomat. I serien med kalk ble innholdet og opptaket av Zn redusert i begge vekstene, men effekten av Zn-tilførsel var likevel god sammenlignet med kontrolleddet.

**Tabell 4.5 Effekten av Mn og Zn på innhold og opptak av Mn og Zn i tørrstoffavlingen av tomatplanter**

Ledd	Mn			Zn		
	pH 6,3	pH 6,9	Middel	pH 6,3	pH 6,9	Middel
	Innhold, mg/kg tørrstoff					
a	68	71	70b	12	13	12b
b	195	143	169a	34	23	29a
c	46	52	49b	27	21	24a
d	95	69	82b	28	21	25a
e	56	27	42b	24	20	22a
Middel	92a	72a		25a	20a	
	Opptak, mg/kar					
a	2,15	1,85	2,00b	0,37	0,33	0,35b
b	8,68	5,27	6,97a	1,52	0,86	1,19a
c	1,86	1,87	1,86b	1,08	0,76	0,92a
d	4,86	2,51	3,69b	1,42	0,77	1,10a
e	3,14	1,05	2,09b	1,36	0,80	1,08a
Middel	4,14a	2,51a		1,15a	0,71b	

## Diskusjon

Da jordanalysene viser at forsøksjorda har høy pH og lavt innhold både av plantetilgjengelig Mn og Zn, kan avlingsutslagene skyldes mangel på begge disse mikronæringsstoffene.

Observasjonen av noe kortere internodier og avbleika felt på enkelte havreblad på kontrolleddet peker i retning av at Zn-mangel har gjort seg mest gjeldende. Analysene viste også at avlingene på kontrolleddet hadde lavt Zn-innhold, men brukbart Mn-innhold. Det var også relativt godt samsvar mellom innholdet og opptaket av Zn og avlingsutslagene både i havre og tomat. Det var ikke et tilsvarende samsvar mellom innholdet og opptaket av Mn og avlingsutslagene. Stort sett var det bare Mn inngranulert i Fullgjødsel som økte Mn-innholdet i avlingene uten at det dermed resulterte i meravlinger fremfor de andre Mn-leddene.

Ledd e med separat tilførsel av Mn og Zn i tillegg til Kalksalpeter + HYDRO PK 5-17 har begge år vist noe bedre vekst og gitt noe bedre avlingsresultat i tomat. Dette kan ha

## 5. EFFEKTEN AV Kalksalpeter™ TILSATT SVOVEL

Behovet for tilførsel av svovel (S) gjennom mineralgjødning har av ulike grunner økt de siste årene. Det er derfor tilsatt mer S i de klorholdige typene av Fullgjødning® og det blir levert S-holdig NK-gjødning og N-gjødning.

Da Kalksalpeter™ har stor anvendelse som tilleggsgjødning i mange dyrkingssituasjoner, meldte det seg behov for en egen type Kalksalpeter tilsatt S. Ved produksjon av Kalksalpeter med S kan flere ulike S-kilder være aktuelle. I 1993 ble det derfor startet opp karforsøk for å teste effekten av ulike S-kilder innblandet i Kalksalpeter. Karforsøkene pågikk i 3 år og viste at de tre S-kildene som ble testet, hadde meget god S-effekt, men effekten av kieseritt var mer stabil enn effekten av gips og særlig elementært S.

I 1996 ble det startet opp en ny forsøksserie som blir utført både i kar og ute i spredte felt. I forsøkene blir vanlig Kalksalpeter™ testet mot Kalksalpeter med ca 1,5% S og ca 2,5% S tilført på ulike måter i form av kieseritt og/eller elementært S. Alle typer Kalksalpeter med S har gitt økt avling, men effekten av kieseritt innblandet har vært bedre enn en «kappe» av elementært S. I karforsøket i 1998 testet en bare ettervirkningen av forsøksbehandlingen i 1997. Svovel-Kalksalpeter™ med 1,5% S i form av kieseritt innblandet ble markedsført høsten 1997.

### ***KARFORSØK I RAIGRAS***

#### **Forsøksopplegg**

Forsøket er utført med 2 jordtyper som blir regulert til pH 6 ved bruk av CaCO<sub>3</sub>.

- I. Næringsfattig sandjord fra Elverum blandet med naturtorv, 20 volum % hhv. 30 volum % i 1996 og 97.
- II. Moldholdig lettleir fra låven (20% leir, 37% silt, 43% sand)

Jord I er meget næringsfattig, mens jord II har relativt stort innhold av P, middels innhold av K og lavt innhold av Mg (Tabell 5.1). Jorda fra 1997 ble brukt på nytt i 1998 for å måle ettervirkningen fra forsøksgjødslingen i 1997.

kieseritt seg noe bedre i 1. og til dels i 2. slått, men var på nivå med kontrolleddet i 4. og 5. slått. Største mengde elementært S som «kappe» stod best gjennom hele vekstsesongen.

## Avling

Avlingstallene for hver slått og i sum er vist i tabell 5.2. Leirjorda ga også i ettervirkningsåret betydelig større avling enn sandjorda. I forhold til i fjor var avlingsresultatene snudd «på hodet» slik at leddene som ga størst avling og størst opptak av S i fjor ga lavest avling i år. Størst avling ga leddene som ble tilført elementært S i fjor og aller størst ble avlingen på leddet med største mengde elementært S tilført som «kappe». Elementært S som «kappe» ga stor meravling allerede fra 1.slått på begge jordtyper. Den gode effekten viser at elementært S nå var blitt oksydert til sulfat og gjort tilgjengelig for plantene.

På sandjorda var det misvekst på begge kieserittleddene allerede fra 1.slått, mens det var relativt bra effekt av kieseritt i 1. og 2.slått på leirjorda, i hvert fall av største mengde. Dette var forventet på bakgrunn av beregninger over S-opptaket i fjorårets avlinger. Leirjorda kommer best ut fordi den har bidratt til plantenes S-forsyning gjennom S-frigjøring både i gjødslingsåret og i ettervirkningsåret. Leddet med kieseritt og elementært S som «kappe» (Ledd g) hadde dårligere ettervirkning enn minste mengde elementært S som «kappe» (Ledd c)

**Tabell 5.2. Restvirkning i 1998 av S-gjødsling til raigras i 1997, tørrstoffavling av raigras, gram per kar**

Forsøksledd	1.sl.	2.sl.	3.sl.	4.sl.	Total
<b>Sandjord</b>					
a. Kalksalpeter	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0d
b. m/kies(1,5%),innbl	0,8	0,0	0,4	0,4	1,7d
c. m/el.S(1,5%),"kappe"	7,9	5,7	3,3	3,7	20,5b
d. m/kies(2,5%),innbl	1,0	0,0	0,2	0,4	1,6d
e. m/el.S(2,5%),"kappe"	16,1	10,1	6,0	5,6	37,8a
f. +el.S(2,5%),separat	7,2	5,6	3,3	3,0	19,0b
g. Som b +el.S(1%),"kappe"	4,6	3,2	2,1	2,5	12,3c
<b>Leirjord</b>					
a. Kalksalpeter	4,0	3,9	3,3	3,0	14,2e
b. m/kies(1,5%),innbl	7,7	6,7	3,4	3,8	21,5d
c. m/el.S(1,5%),"kappe"	14,3	11,9	6,9	5,5	38,5bc
d. m/kies(2,5%),innbl	11,8	11,0	5,1	4,5	32,4c
e. m/el.S(2,5%),"kappe"	14,7	17,4	10,5	7,8	50,4a
f. +el.S(2,5%),separat	12,9	14,5	8,1	5,7	41,3b
g. Som b +el.S(1%),"kappe"	12,2	13,1	7,3	5,7	38,4bc

**Tabell 5.4. Effekten av ulike S-kilder og -mengder tilført etter 1. og 2. slått på opptak av Kjeldahl N, K, Ca, Mg og S, mg/kar. Sum av 4 høstinger.**

Forsøksledd	N	K	Ca	Mg	S
Sandjord					
a. Kalksalpeter	-	-	-	-	-
b. m/kies(1,5),innbl	-	-	-	-	-
c. m/el.S(1,5%),"kappe"	1070	906	245	49	15
d. m/kies(2,5%),innbl	-	-	-	-	-
e. m/el.S(2,5%),"kappe"	1063	1274	387	74	28
f. +el.S(2,5%),separat	822	780	235	41	-
g. b +el.S(1%),"kappe"	646	564	148	30	-
Leirjord					
a. Kalksalpeter	869	562	230	48	10
b. m/kies(1,5),innbl	856	826	270	56	17
c. m/el.S(1,5%),"kappe"	1001	1266	400	70	36
d. m/kies(2,5%),innbl	915	1128	319	66	27
e. m/el.S(2,5%),"kappe"	1005	1550	472	75	50
f. +el.S(2,5%),separat	964	1308	377	68	37
g. b +el.S(1%),"kappe"	966	1276	376	69	36

Avlingen var for liten til å få utført S-analyse på leddet med elementært S tilført separat på sandjorda, og på leirjorda var S-opptaket mindre ved separat tilførsel enn i en «kappe».

Både avlingsutslag og analyseresultater viser at elementært S har hatt en relativt god ettervirkningseffekt. Resultatene tyder likevel på at frigjøringen av sulfat har vært begrenset og uttrukket i tid. I sum av gjødslingsår og ettervirkningsår er anslagsvis bare 1/3 av tilført elementært S tatt opp i høstet avling, mens 2/3 av tilført S i kieseritt ble tatt opp i høstet avling allerede i gjødslingsåret. Kombinasjonen av kieseritt og elementært S (Ledd g) har i sum for gjødslingsåret og ettervirkningsåret gitt størst avling og størst opptak av S i avlingen. Dette leddet ga like høy avling og like høyt innhold og opptak av S som ledd b med kieseritt på begge jordtyper i gjødslingsåret og som ledd c med elementært S på leirjord i ettervirkningsåret.



## **FELTFORSØK I ENG**

I denne serien er det utført 5 feltforsøk både i 1996 og 97 samt 3 feltforsøk i 1998, alle i regi av Planteforsk Apelsvoll forskingssenter i samarbeid med forsøksringene Nordfjord, Indre Nordmøre, Orklaringen, Stjørdal og omegn samt Namdal. Feltene ble anlagt på lett mineraljord. Forsøksplanen bestod av de samme leddene som ble nyttet i karforsøket, bortsett fra leddet med elementært S gitt separat.

Forsøksplan:

Ledd	Svovel, kg/daa	
	Til 1.slått	Til 2.slått
a. Kalksalpeter™	0	0
b. Kalksalp. m/1,3% S innblandet som kieseritt	0,7	0,5
c. - " - m/1,5% S som "kappe" av elementært S	0,7	0,5
d. - " - m/2,4 %S innblandet som kieseritt	1,2	0,8
e. - " - m/2,5% S som "kappe" av elementært S	1,2	0,8
f. Som b + 1,0% S som "kappe" av elementært S	1,2	0,8

N-mengde per daa i forsøksgjødning: Til 1. slått: 7,4 kg  
Til 2. slått: 5,0 kg

Grunngjødsling pr daa: Til 1. slått: 23 kg NP 20-9 + 16 kg KCl  
Til 2. slått: 15 kg NP 20-9 + 16 kg KCl

### **Avling**

Leddvis avlinger i middel for alle 3 felt i 1998 og for de 2 feltene som ga meravling for S-gjødsling er vist i tabell 5.5. Feltene ga store avlinger og alle ledd med S-tilførsel ga stor avlingsøkning både i første og andre slått. Kieseritt ga størst meravling i første slått, mens en «kappe» av elementært S ga størst meravling i andre slått. Som året før var avlingsutslagene for både kieseritt og elementært S aller høyest i andre slått. I sum ga største mengde kieseritt størst avling, men avlingsforskjellen til elementært S var liten. Dette året ble totalavlingen noe større for S-gjødsling opp til største mengde. Ledd f med både kieseritt og elementært S ga like stor avling som største mengde S i form av kieseritt.

S-opptaket likevel tilnærmet som på de to kieserittleddene. S-opptaket økte minst ved bruk av bare elementært S.

S-gjødslingen har generelt hatt liten betydning for avlingenes innhold av de andre næringsstoffene, mens opptaket stort sett har økt betydelig. De to leddene med kieseritt innblandet ga høyest innhold og opptak av både Kjeldahl N, K, Ca og Mg i 1.slått, og også høyere opptak av disse stoffene i 2.slått enn leddene med bare elementært S. Da leddet med både kieseritt og elementært S ga stor avling, har Ca-innholdet blitt tynnet ut i begge slåttene, mens Mg- og K-innholdet ble redusert i 1.slått. Analysene viser forøvrig at en alt for sterk K-gjødsling har gitt et meget høyt K-innhold som må ha presset opptaket av både Ca og Mg i avlingen.

Resultatene viser at elementært S hadde seinere effekt som trolig skyldes omdanningen til sulfat som er en biologisk og klimaavhengig prosess. En dårlig S-forsyning fra våren av vil ha betydning for plantebestand og vekstkraft også i 2.slått selv om S-tilgangen da kanskje er sikret.

### **Konklusjon etter 3 års feltforsøk**

Alle typer Kalksalpeter med S har gitt økt avling, men effekten av kieseritt innblandet har vært bedre enn en "kappe" av elementært S.

Effekten av Kalksalpeter med kieseritt innblandet og en "kappe" av elementært S har virket fullt på høyde med bare kieseritt innblandet.

S-effekten av gjødseltypene er blitt bekreftet gjennom planteanalyser. Kieseritt har gitt høyest innhold og opptak av S i avlingen, men elementært S har også økt innholdet og opptaket av S betydelig.

S-gjødsling førte til økt opptak av Kjeldahl N, K, Mg og Ca samt redusert N/S-kvotient i avlingen.

som N i Fullgjødning ved de 4 gjødslingene. Det ble grunngjødning med mikronæringsstoffer unntatt bor (B).

*Forsøksplan:*

a.	K <sub>1</sub>	Mg <sub>1</sub>	Na <sub>0</sub>	(Fullgjødning 21-4-10)
b.	"	"	Na <sub>1</sub>	(Fullgjødning 21-4-10 + NaCl)
c.	"	Mg <sub>2</sub>	Na <sub>0</sub>	(Fullgjødning 21-4-10 + MgCl)
d.	"	"	Na <sub>1</sub>	(Fullgjødning 21-4-10 + MgCl + NaCl)
e.	K <sub>2</sub>	Mg <sub>1</sub>	Na <sub>0</sub>	(Fullgjødning 21-4-10 + KCl)
f.	"	"	Na <sub>1</sub>	(Fullgjødning 21-4-10 + KCl + NaCl)
g.	"	Mg <sub>2</sub>	Na <sub>0</sub>	(Fullgjødning 21-4-10 + KCl + MgCl)
h.	"	"	Na <sub>1</sub>	(Fullgjødning 21-4-10 + KCl + MgCl + NaCl)
i.	K <sub>3</sub>	Mg <sub>1</sub>	Na <sub>0</sub>	(Fullgjødning 21-4-10 + 2KCl)
j.	"	"	Na <sub>1</sub>	(Fullgjødning 21-4-10 + 2KCl + NaCl)
k.	"	Mg <sub>2</sub>	Na <sub>0</sub>	(Fullgjødning 21-4-10 + 2KCl + MgCl)
l.	"	"	Na <sub>1</sub>	(Fullgjødning 21-4-10 + 2KCl + MgCl + NaCl)

Etter innblanding av gjødning, ble karene tilsådd med ett-årig raigras som er blitt høstet 4 ganger. Forsøket har i alle forsøksårene hatt jevn oppspiring og god vekst. I vekstperioden har grasets utvikling blitt noe påvirket av de ulike K-nivåene. Ved minste K-mengde er det observert at grasets utvikling har vært mer hengende enn ved de to største K-mengdene. Noen svidde bladspisser har også vært observert over hele forsøket både i 1996 og 97, men ikke i 98. Forsøket har hatt 3 gjentak.

***Avlinger***

I 1998 ble det igjen avlingsøkning opp til største mengde K og dessuten for største mengde Mg i kombinasjon med de to laveste K-mengdene (Tabellene 6.1 og 6.2). Na-gjødsling hadde kun positiv effekt på avlingsmengden ved den minste K-mengden i kombinasjon med minste Mg-mengde. De to første årene ga minste K-mengde omtrent samme avling som største K-mengde når grasets samtidig ble gjødning med Na og største mengde Mg (Ledd d i forhold til ledd i). Dette året ble avlingen størst ved å økt K-gjødsling. Alle de nevnte effektene av behandlingene var stort sett gjeldende i hver slått.

**Tabell 6.3 Effekten av ulik K-, Mg- og Na-gjødsling på sum 4 avlinger av raigras i middel av 3 år, gram tørrstoff per kar**

Forsøksledd	Sum	Middel K	Middel Mg	Middel Na
a. K <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub> Na <sub>0</sub>	60,3f		Mg <sub>1</sub> =61,0	
b. « « Na <sub>1</sub>	61,8ef	K <sub>1</sub> =62,4c		Na <sub>0</sub> =61,2
c. « Mg <sub>2</sub> Na <sub>0</sub>	62,0e		Mg <sub>2</sub> =63,9	
d. « « Na <sub>1</sub>	65,7cd			Na <sub>1</sub> =63,7
e. K <sub>2</sub> Mg <sub>1</sub> Na <sub>0</sub>	65,3d		Mg <sub>1</sub> =65,7	
f. « « Na <sub>1</sub>	66,1bcd	K <sub>2</sub> =65,9b		Na <sub>0</sub> =65,6
g. « Mg <sub>2</sub> Na <sub>0</sub>	65,8cd		Mg <sub>2</sub> =66,0	
h. « « Na <sub>1</sub>	66,2bcd			Na <sub>1</sub> =66,1
i. K <sub>3</sub> Mg <sub>1</sub> Na <sub>0</sub>	67,5ab		Mg <sub>1</sub> =68,2	
j. « « Na <sub>1</sub>	69,0a	K <sub>3</sub> =67,6a		Na <sub>0</sub> =67,3
k. « Mg <sub>2</sub> Na <sub>0</sub>	67,2bc		Mg <sub>2</sub> =67,0	
l. « « Na <sub>1</sub>	66,8bcd			Na <sub>1</sub> =67,9

**Tabell 6.4 Hovedeffekter av ulik Mg- og Na-gjødsling på sum 4 avlinger av raigras i middel av 3 år, kg tørrstoff per kar**

Mg <sub>1</sub> Na <sub>0</sub> =	64,4	Mg <sub>1</sub> =	65,0a	
Mg <sub>2</sub> Na <sub>0</sub> =	65,0	Mg <sub>2</sub> =	65,6a	Na <sub>0</sub> = 64,7b
Mg <sub>1</sub> Na <sub>1</sub> =	65,6			Na <sub>1</sub> = 65,9a
Mg <sub>2</sub> Na <sub>1</sub> =	66,3			

### ***Kjemiske avlingsanalyser***

Økt K-gjødsling førte også dette året til økt innhold og opptak av K i graset, mens innholdet og opptaket av Mg og Na ble redusert (Tabell 6.5). K-innholdet i avlingen nådde tilfredstillende nivå for optimal vekst av raigraset ved den sterkeste K-gjødslingen, men samtidig var innholdet av Mg og Na lavt. Mg- og Na-gjødslingen hadde liten og variabel innvirkning på innholdet og opptaket av K i avlingen.

gjødsling var den tilførte Na-mengden for liten til å gi graset et tilfredsstillende Na-innhold fra et føringssynspunkt. Økt Mg-gjødsling hadde liten innvirkning på avlingens innhold og opptak av Na etter Na-gjødsling.

Innholdet og opptaket av K, Mg og Na i middel av 3 forsøksår er ført opp i tabell 6.7. Det har vært god plantevekst i forsøket hvert år og effekten av behandlingene har vært entydige fra år til år. Økt K-gjødsling har økt innholdet og opptaket av K i avlingen samtidig som innholdet og opptaket av Mg og Na er blitt redusert. I forsøket har innholdet av K kommet opp på et tilfredsstillende nivå for plantevekst først ved den sterkeste K-gjødslingen.

Økt Mg-gjødsling har ført til økt innhold og opptak av Mg i avlingen ved alle K-nivå. Mg-innholdet i graset nærmet seg imidlertid ønsket nivå etter førnormen bare ved den svakeste K-gjødslingen. Ved det høyeste K-nivået ble innholdet av både Mg og Na i graset langt under ønsket norm. I forsøket burde derfor Mg- og Na-gjødslingen vært sterkere. Na-gjødslingen har nesten ikke virket inn på innholdet og opptaket av Mg.

**Tabell 6.7. Effekten av ulik K-, Mg- og Na-gjødsling på innhold (% av tørrstoff) og opptak (mg/kar) av K, Mg og Na i ett-årig raigras i middel av 3 år. Henholdsvis middel og sum av 4 høstinger for innhold og opptak.**

Forsøksledd				K		Mg		Na	
				Innh	Oppt	Innh	Oppt	Innh	Opptak
a.	K <sub>1</sub>	Mg <sub>1</sub>	Na <sub>0</sub>	1,27	765	0,15	92	0,025ed	15cd
b.	"	"	Na <sub>1</sub>	1,30	802	0,15	91	0,101a	62a
c.	"	Mg <sub>2</sub>	Na <sub>0</sub>	1,32	822	0,17	108	0,028ed	18cd
d.	"	"	Na <sub>1</sub>	1,23	812	0,16	107	0,095a	62a
e.	K <sub>2</sub>	Mg <sub>1</sub>	Na <sub>0</sub>	1,82	1185	0,13	85	0,017ed	11cd
f.	"	"	Na <sub>1</sub>	1,83	1209	0,13	84	0,054b	35b
g.	"	Mg <sub>2</sub>	Na <sub>0</sub>	1,89	1247	0,15	97	0,017ed	11cd
h.	"	"	Na <sub>1</sub>	1,91	1266	0,15	97	0,050cb	33b
i.	K <sub>3</sub>	Mg <sub>1</sub>	Na <sub>0</sub>	2,29	1544	0,12	78	0,014ed	9cd
j.	"	"	Na <sub>1</sub>	2,31	1588	0,11	78	0,033cd	23cb
k.	"	Mg <sub>2</sub>	Na <sub>0</sub>	2,27	1524	0,13	87	0,012e	8d
l.	"	"	Na <sub>1</sub>	2,29	1532	0,13	86	0,030ed	20cd

Både innholdet og opptaket av Na har økt kraftig etter Na-gjødsling særlig ved den svakeste K-gjødslingen (Tabellene 6.7 og 6.8). På dette K-nivået har meropptaket av Na i høstet avling

## 7. TEMPERATUR OG NÆRINGSFRIGJØRING

Næringsstoffenes frigjøring fra jorda og opptak i plantene er bestemt av kjemiske, fysiske og biologiske forhold som påvirkes av klimatiske faktorer inklusiv temperatur. Dette er spesielt interessant når det gjelder fosfor, svovel og magnesium fordi tilgangen på disse næringsstoffene kan bli knapp tidlig på våren selv om jorda kanskje gir tilfredsstillende tilgang senere i vekstsesongen.

### *Forsøksopplegg*

I forsøket er det dyrket ett-årig raigras i klimaregulert veksthus ved temperaturene 9°, 12° og 18°C. Det er nyttet kar med 2,5 liter jord og kun 2 gjentak. De 3 jordtypene som er brukt i forsøket, er beskrevet i tabell 7.1. Jorda ble gjennomvasket med destillert vann før anlegg våren 1996. Både våren 1997 og 98 ble jord fra de tre temperaturnivåene blandet (6 kar) leddvis for hver jordtype og fordelt på nytt i karene. pH er tilpasset med CaCO<sub>3</sub>.

**Tabell 7.1. Karakteristikk av forsøksjorda**

Jordtype	Org.C %	pH	P-AL -	K-AL -	Mg-AL mg/100 gram	Ca -	Tot.S mg/kg
I) Siltig sand (Råde)	1,2	6,6	59,8	4,6	10,1	350	1390*
II) Lettleir (Møystad)	3,2	6,5	23,6	22,3	15,0	307	618
III) Siltig lettleir (IJVF)	2,4	6,4	13,7	8,0	3,1	222	281

\* pH er senket med svovelsyre

### *Forsøksledd:*

- a. Uten gjødsling (boraks)
- b. Uten fosfor (NK 19-16 +boraks)
- c. Uten svovel (NPK 16-11-14 +AN +KCL +MgO)
- d. Uten magnesium(AN +P8 +KCl +boraks)
- e. Fullgjødsel 18-3-15

**Tabell 7.2. Effekt av ulik gjødsling på sum av 2 avlinger av raigras ved 3 temperaturnivå og 3 jordtyper (I, II, III) i 1998, gram tørrstoff pr kar**

Ledd	9°C			12°C			18°C		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
a	2,1	3,0	2,1	2,7	3,4	2,4	2,6	4,5	3,3
b	10,3	11,2	8,0	14,2	13,3	11,1	18,0	17,6	15,6
c	10,4	11,4	3,5	13,6	13,7	4,4	17,6	18,4	7,5
d	11,2	11,1	9,0	13,5	13,1	11,4	17,1	18,8	16,7
e	12,1	11,1	11,1	13,6	13,7	13,1	18,0	18,3	17,3
Mid.	9,2	9,6	6,7	11,5	11,4	8,5	14,6	15,5	12,1

**Tabell 7.3. Effekt av ulik gjødsling på sum av 2 avlinger av raigras ved 3 temperaturnivå i middel av jordtyper og på 3 jordtyper i middel av temperatur i 1998, gram tørrstoff per kar**

Ledd	9°C	12°C	18°C	I	II	III	Middel
a	2,4	2,8	3,5	2,5	3,6	2,6	2,9e
b	9,8	12,9	17,1	14,2	14,0	11,6	13,3c
c	8,4	10,6	14,5	13,9	14,5	5,1	11,2d
d	10,5	12,7	17,5	13,9	14,4	12,4	13,6b
e	11,4	13,5	17,8	14,6	14,4	13,8	14,2a
Mid.	8,5c	10,5b	14,1a	11,8b	12,2a	9,1c	

Det ble dyrket frem to avlinger til i vanlig veksthus i serien som ble dyrket ved 18°C i klimaanlegget. Dyrkingstemperaturen i det vanlige veksthuset er ikke registrert systematisk, men den har stort sett vært betydelig høyere enn 18°C. Avlingsresultatene bekrefter at frigjøringen av næringsstoffer nå er i ferd med å avta på alle jordtypene. Leddet med Fullgjødsel ga meravling på alle de tre jordtypene og i middel var meravlingen sikker (Tabell 7.4).

Avlingsreduksjonen var sterkest på leddet uten S på jord III. Jord II kom best ut avlingsmessig også i denne delen av forsøket.

Da enkelte avlinger uten gjødsling var for små til å få utført N-analyse samtidig som analyseverdiene på de andre leddene ofte var svært variable, kan tallene for opptak av Kjeldahl N vanskelig sammenlignes kanskje med unntak av jord II.

**Tabell 7.6. Effekt av ulik gjødsling på opptak av Kjeldahl N, P, S og Mg i sum av 1. og 2. avling av raigras på 3 jordtyper i middel av 3 dyrkingstemperaturer, mg per kar**

Ledd	Jord I				Jord II				Jord III			
	Kj.N	P	S	Mg	Kj.N	P	S	Mg	Kj.N	P	S	Mg
a	-	10	-	7	80	14	-	6	51	8	-	4
b	256	34	28	30	278	38	30	27	279	18	20	19
c	313	39	27	26	326	45	27	27	277	19	-	10
d	308	38	24	26	303	43	28	26	293	21	21	10
e	326	41	30	29	387	46	26	26	283	24	24	17
Mid.	241	33	22	23	275	37	22	22	265	18	13	12

I middel av alle ledd økte opptaket av P, S og Mg med stigende dyrkingstemperatur på alle jordtypene (Tabell 7.7). Opptaket av disse næringsstoffene har vært omtrent like stort på jord I og jord II, mens opptaket har vært betydelig lavere på jord III.

**Tabell 7.7. Opptaket av næringsstoffer i sum av 1. og 2. avling på 3 jordtyper ved 3 dyrkingstemperaturer i middel av forsøksledd, mg per kar**

Jord	9°C				12°C				18°C			
	Kj.N	P	S	Mg	Kj.N	P	S	Mg	Kj.N	P	S	Mg
I	301	23	23	14	231	32	27	20	371	42	32	37
II	224	24	23	13	229	37	27	18	371	51	35	36
III	232	12	20	7	327	16	21	9	242	26	25	19

Opptaket av næringsstoffer økte med stigende dyrkingstemperatur selv om ikke vedkommende næringsstoff var tilført (Tabell 7.8). Ledd e med Fullgjødsel hadde større opptak av henholdsvis P og Mg ved alle temperaturnivå i forhold til leddene der disse næringsstoffene ikke var tilført. I tabellen representerer verdiene for S på ledd c bare jord I og II da jord III



høyde med Fullgjødseleddet, mens P-opptaket på jord III ikke ble redusert uten P-gjødsling, men avlingsnivået var lavt.

**Tabell 7.10. Opptak av næringsstoffer i sum av 3. og 4. avling av raigras dyrket i vanlig veksthus ved ulik gjødsling på 3 ulike jordtyper, mg per kar**

Ledd	Jord I			Jord II			Jord III		
	Fosfor	Svovel	Magn.	Fosfor	Svovel	Magn.	Fosfor	Svovel	Magn.
A	8	17	8	14	15	7	12	14	7
b	29	26	35	39	42	40	21	19	18
c	33	29	34	47	34	40	18	3	9
d	32	27	30	46	49	38	18	24	6
e	33	30	38	46	48	42	20	20	13
Middel	27b	26b	29a	39a	38a	34a	18c	16b	10b

### ***Konklusjon etter 3 forsøksår***

Alle gjødslingsledd ga stor meravling på alle jordtyper og temperaturnivå. Meravlingen for gjødsling økte med økt dyrkingstemperatur.

I det 3. dyrkingsåret ga Fullgjødsel 18-3-15 sikker meravling i middel av alle jordtyper og dyrkingstemperaturer. Det var meravling ved alle temperaturnivå og på alle jordtyper, men meravlingen var størst på jord III.

Jord I ga relativt stor avlingsreduksjon uten gjødsling med både P, S og Mg ved den laveste dyrkingstemperaturen, men ved de to høyeste dyrkingstemperaturene var avlingen like stor uten gjødsling med P som på leddet med Fullgjødsel.

Jord II ga like stor avling uten gjødsling med S og Mg som etter gjødsling med Fullgjødsel, men ga noe avlingsreduksjon uten P-gjødsling ved de to høyeste dyrkingstemperaturene.

Jord III ga sterk misvekst uten S-gjødsling og stor avlingsreduksjon uten gjødsling med P og Mg ved alle dyrkingstemperaturene. Denne jorda ga generelt minst opptak av næringsstoffer.

Opptaket av næringsstoffer økte sterkt på de gjødsle leddene og ved økt dyrkingstemperatur.

## 8. GJØDSLING MED NITROGEN OG SVOVEL I VÅRRYBS

I oljevekster som har store krav til svovel, vil svovelmangel redusere både den vegetative veksten og utviklingen av skolmer og frø. Da plantetilgjengelig svovel lett vaskes ut av jorda i vinterhalvåret, bør det gjødsles med svovel fra våren av. Svovel og nitrogen bør tilføres i et balansert forhold da disse næringsstoffene samvirker ved proteindannelsen i plantene. Samtidig kan være aktuelt å legge opp til delt gjødsling også i oljevekster. I dette karforsøket testes effekten av ulike gjødslingsstrategier med nitrogen og svovel i vårrybs.

### Forsøksopplegg

Forsøksjord: Moldholdig, siltig lettleir fra forsøksgården i god fosfortilstand, middels kaliumtilstand og mindre god magnesiumtilstand. Se karakteristikk av forsøksjorda i tabell 9.1. Jorda ble kalket med 10 gram  $\text{CaCO}_3$  per kar med 6,7 liter jord. Etter høsting var pH ca 5,5.

Forsøket ble utført i to serier med ulik grunnjødsling ved jevn innblanding i jorda:

- I) Uten svovel, men med 1,5 kg Mg som MgO per daa
- II) Med 2 kg svovel per daa i form av kieseritt

### *Forsøksplan:*

- 1) Fullgjødse<sup>®</sup> 17-5-13 + Kalksalpeter<sup>™</sup> innblandet før såing
- 2) Fullgjødse<sup>®</sup> 17-5-13 + Svovel-Kalksalpeter<sup>™</sup> innblandet før såing
- 3) Fullgjødse<sup>®</sup> 17-5-13 innblandet før såing + Kalksalpeter<sup>™</sup> på 5-bladstadiet
- 4) Fullgjødse<sup>®</sup> 17-5-13 innblandet før såing + Svovel-Kalksalpeter<sup>™</sup> på 5-bladstadiet
- 5) Fullgjødse<sup>®</sup> 17-5-13 innblandet før såing + Kalksalpeter<sup>™</sup> ved begynnende skyting
- 6) Fullgjødse<sup>®</sup> 17-5-13 innblandet før såing + Svovel-Kalksalpeter<sup>™</sup> ved begynnende skyting

Gjødselmengde tilsvarende 16 kg N per daa i form av Fullgjødse<sup>®</sup> 17-5-13 og 8 kg N per daa i form av Kalksalpeter<sup>™</sup> eller Svovel-Kalksalpeter<sup>™</sup>.

Ledd 1, 3 og 5 tilføres 0,55 Mg per daa i form av MgO sammen med Kalksalpeter<sup>™</sup>.

**Tabell 8.3 Effekt av gjødseltyper og tidspunkt for delgjødsling i vårrybs, gram tørrstoff per kar**

	Serie I		Serie II		Middel	
	Frø	Halm	Frø	Halm	Frø	Halm
Gjødseltyper:						
Kalksalpeter™	18,8	37,2	18,6	37,8	18,7a	37,5a
Svovel-Kalksalpeter™	18,3	36,7	18,9	38,8	18,6a	37,7a
Tidspunkt:						
Innblandet før såing	18,5	37,5	18,8	38,9	18,6a	38,2a
Ved 5-bladstadiet	18,2	36,6	19,0	38,7	18,6a	37,6ab
Ved beg. skyting	19,0	36,7	18,5	37,3	18,7a	37,0b

### Innhold av nitrogen og svovel i avlingen

De kjemiske avlingsanalysene viser at innholdet og opptaket av S i frøet var like høyt i serien uten som i serien med S i grunnjødslingen (Tabellene 8.4 og 8.5). Innholdet og opptaket av S i halmen var imidlertid betydelig høyere i serien med ekstra S. Svovel-Kalksalpeter påvirket heller ikke frøets innhold og opptak av S, mens innholdet og opptaket av S i halmen derimot økte sterkt når denne gjødseltypen ble brukt i serien uten ekstra S i grunnjødslingen.

Frøavlingens innhold og opptak av Kjeldahl N ble lite påvirket av de ulike S-behandlingene.

Derimot ble innholdet og opptaket av N i halmen noe større i serien med ekstra S, men likevel førte bruk av Svovel-Kalksalpeter til at N-innholdet ble redusert. Dette var tydeligst ved tidlig tilførsel av Svovel-Kalksalpeter.

**Tabell 8.4 Innhold av Kjeldahl N og total S i frø og halm ved ulike strategier for N- og S-gjødsling, gram per kg tørrstoff**

	Kjeldahl N				Total-S			
	Frø		Halm		Frø		Halm	
	Serie I	Serie II	Serie I	Serie II	Serie I	Serie II	Serie I	Serie II
1. KS innbl.	30,0	30,9	4,4	5,4	3,0	3,0	1,4	3,2
2. S-KS innbl.	29,8	30,8	4,1	4,3	2,9	2,9	1,8	3,1
3. KS, 5-bl.	30,5	31,9	5,1	5,1	3,0	3,0	1,4	3,0
4. S-KS, 5-bl.	31,4	30,0	4,9	4,6	3,2	2,9	2,1	3,0
5. KS, beg. sk.	30,5	31,1	4,6	5,0	2,9	3,0	1,4	3,0
6. S-KS, b. sk.	30,8	31,1	4,5	4,8	3,1	3,0	1,9	3,0
Middel	30,5a	31,0a	4,6a	4,9a	3,0a	3,0a	1,7b	3,1a

Innholdet og opptaket av Kjeldahl N i frøavlingen ble lite påvirket av de ulike behandlingene med svovel, mens effekten på innholdet og opptaket i halmen ble positivt påvirket av ekstra svovel i grunnkjødslingen og negativt påvirket av Svovel-Kalksalpeter.

Forsøket fortsetter med samme jord i 1999, men uten ny gjødsling med MgO og kieseritt i hhv. serie I og serie II.

Figur 9.1 Forsøkskar med oppspirte byggplanter



Tabell 9.2 Gjødsling i tillegg til Fullgjødning 17-5-13 i gjødselraden

Ledd	Gjødseltype	Mengde per daa
1	Ammoniumnitrat + HYDRO-P™ 8	Hhv. 0,5 kg N + 0,94 kg P
2, 4 og 6	HYDRO-P 8	0,94 kg P
3, 5 og 7	HYDRO-P 8	1,88 kg P
8 og 9	Ammoniumnitrat	Hhv. 0,5 kg N og 1,0 kg N
12 og 13	HYDRO-P 8	Hhv. 0,81 kg P og 1,62 kg P

Tabell 9.3 Forsøksplan for startgjødning i såraden sammen med såfrøet

Ledd	Gjødseltype	Mengde per daa
1	Uten startgjødning	
2	Kalksalpeter™	0,5 kg N
3	- « -	1,0 kg N
4	HYDRO-KAS™	0,5 kg N
5	- « -	1,0 kg N
6	Urea	0,5 kg N
7	- « -	1,0 kg N
8	HYDRO-P™ 8	0,94 kg P
9	- « -	1,88 kg P
10	monoammoniumfosfat (MAP)	0,5 kg N og 0,94 kg P
11	- « -	1,0 kg N og 1,88 kg P
12	Fullgjødning® 17-5-13	0,5 kg N og 0,13 kg P
13	- « -	1,0 kg N og 0,26 kg P

Etter høsting ble det utført leddvise pH-målinger av jorda (Tabell 9.5). Innenfor hver gjødseltype hadde leddet med lavest avling systematisk de laveste pH-verdiene. Ved sammenligning av gjødseltyper er det også god sammenheng mellom lav avling og lav pH. De lave pH-verdiene for Kalksalpeter må ha sammenheng med dårlig vekst pga fosformangel og dårlig rotutvikling og følgelig lavt opptak av nitrat. For at Kalksalpeter skal heve pH i jorda, må nitratopptaket være effektivt. Det kan generelt se ut som de ulike gjødseltypenes påvirkning på jordas pH har vært medvirkende til avlingsutslagene. På denne sure jorda vil en liten, men ytterligere senkning av pH kunne forsterke fosforbinding og rotskader.

**Tabell 9.5 Målte pH-verdier i jorda etter høsting**

Ledd	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
pH	4,9	4,7	4,8	5,0	5,2	4,9	4,7	4,9	5,1	5,1	4,9	5,2	4,9

pH-tallene og observasjonene i veksttida viser at tilgjengeligheten av fosfor har vært begrensende for rotutviklingen og avlingsnivået. Startgjødsel med fosfor i nær kontakt med frøet har derfor fremmet utviklingen av plantene i den første vekstfasen slik at røttene har utviklet seg normalt og nådd frem til gjødselraden med ny fosforforsyning. Dette bekreftes av det gode avlingsresultatet for største mengde HYDRO-P 8 . Største mengde av MAP og Fullgjødsel derimot ga mindre avling enn den minste mengden, men dette kan skyldes en effekt av redusert pH i jorda. Fosforinnholdet i Fullgjødsel 17-5-13 har bidratt til noe bedre utvikling, men det har vært for lite til å gi optimal vekst i plantenes startfase.

Det dårlige resultatet for urea og Kalksalpeter må tilskrives dårlig rotutvikling fordi fosfortilgangen har sviktet i den sure jorda. Lavest ble avlingen ved største mengde urea og minste mengde Kalksalpeter hvor pH etter høsting ble målt til 4,7. Særlig for urea bekrefter færre aks, større andel grønne aks og lavere tusenkornvekt en dårligere og seinere utvikling. Høyeste ureamengde har redusert avlingen ytterligere, mens den høyeste mengden Kalksalpeter har forbedret resultatet noe.