

NLH

NORGES
LANDBRUKSHØGSKOLE

Forsøksrapport 1996

Samarbeidsprosjektet
IJVF - Norsk Hydro ASA

Effekt av gjødsling på avlingsmengde og mineralinnhold

Leif Ruud



Uten svovel

Kieseritt

Gips

Element.S

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: (09) 94 75 00 - Agriuniv. Ås
Telefax: (09) 94 82 11 Rapportarkiv: (09) 98 82 04

ISSN 0805 - 7214

Rapportens tittel og forfatter(e):

FORSØKSRAPPORT 1996

Samarbeidsprosjekt

IJVF - NORSK HYDRO ASA

Leif Ruud

Rapport nr : 6/1997 (56)

Begrenset distribusjon: Fri

Dato:

10. oktober 1997

Prosjektnummer:

Faggruppe:

JORDKULTUR

Geografisk område:

Norge

Antall sider (inkl. bilag)

89

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 modellforsøksanlegg 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:



4. Emneord, engelske

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

For administrasjonen:





NLH

NORGES
LANDBRUKSHØGSKOLE

Forsøksrapport 1996

Samarbeidsprosjektet
IJVF - Norsk Hydro ASA

Effekt av gjødsling på avlingsmengde og mineralinnhold

Prosjektleder: Leif Ruud

Teknisk stab: Kurt Johansen
Anne-Grethe Kolnes
Torill Trædal

Samarbeidspartnere i forsøksarbeidet:
Forskningssentrene Apelsvoll, Kvithamar, Særheim,
Fureneset fagsenter, Vågønes forskningsstasjon.

Forsøksringene: Søndre Østfold, Follo, Romerike, Solør-Odal, Hedmark, Buskerud,
Nedre Telemark, Jæren, Nordfjord, Indre Nordmøre, Orklaringen, Stjørdal og omegn,
Namdal, Midt-Helgeland.

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

INNHold

| | |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| FORORD | |
| SAMMENDRAG | 1 |
| SUMMARY | 11 |
| | |
| 1. FORSØK MED SELEN I KORN OG GRAS | 19 |
| Feltforsøk i vårhvete | 19 |
| Feltforsøk i høsthvete | 21 |
| Dosering av selèn i hvete | 23 |
| Karforsøk i raigras | 25 |
| Utvasking av selèn fra lysimetre | 27 |
| | |
| 2. EFFEKTEN AV MAKRO- OG MIKRONÆRINGSSTOFFER I FASTLIGGENDE FELT | 30 |
| Forsøksopplegg | 31 |
| Avlinger | 32 |
| Innhold av næringsstoffer | 33 |
| | |
| 3. FOSFORBEHOV PÅ MEGET FOSFORRIK JORD | 37 |
| Forsøksopplegg | 37 |
| Avlinger | 38 |
| Innhold og opptak av nitrogen og fosfor | 40 |
| Fosforinnholdet i jorda | 42 |
| | |
| 4. EFFEKTEN AV Kalksalpeter™ TILSATT SVOVEL | 44 |
| Karforsøk i raigras | 44 |
| Avlinger | 46 |
| Kjemiske avlingsanalyser | 47 |
| Feltforsøk i eng | 49 |
| Avlinger | 50 |
| Kjemiske avlingsanalyser | 50 |

FORORD

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

Forsøksprosjektene i 1996 omfattet disse hovedområdene: Gjødsling med selèn, plantetilgjengelig fosfor på meget fosforrik jord, effekten av makro- og mikronæringsstoffer i fastliggende felt, effekten av svovelholdige nitrogengjødselslag, gjødsling med natrium, temperatur og næringsfrigjøring, bor til oljevekster samt gjødsling med kobolt.

Takk til alle samarbeidspartnere for vel utført arbeid.

Leif Ruud

SAMMENDRAG

Rapporten for 1996 omhandler 9 forsøksprosjekter hvor en rekke forsøksspørsmål er testet i kar- og markforsøk og i modellforsøksanlegg. Et kort sammendrag av forsøksresultatene følger nedenfor.

1. FORSØK MED SELEN i KORN OG GRAS

Norske planteprodukter har lavt selènninnhold. I dette forsøksprosjektet undersøkes effekten av selèngjødsling på innholdet av selèn i mathvete, i gras og i avrenningsvann.

Feltforsøk i vårhvete

Effekten av Se-holdig Kalksalpeter er tidligere testet både i kar- og feltforsøk. Forsøkene har vist at Se-innholdet i hvete lett kan økes ved hjelp av Se-gjødsling, men effekten varierer noe med jordtype og klima.

To av forsøksfeltene har vært fastliggende, og disse ble videreført i 1996. Se-holdig Kalksalpeter har økt Se-innholdet i kornet til ønsket nivå, men under dårlige vekstvilkår reduseres effekten. 2 av de 4 gjentakene er nå kalket for å teste effekten på Se-opptaket.

Feltforsøk i høsthvete

Forsøkene ble startet opp i 1994 i samarbeid med Planteforsk Apelsvoll forskingscenter og ble videreført i 1995 og 96 med 5 felt hvert år. Se er tilført i ulike mengder gjennom Se-holdig Kalksalpeter ved stråstrekning og ved skyting.

Som i vårhvete har 0,5 gram Se pr daa gitt et tilfredsstillende Se-innhold i kornet, mens ca 1 gram Se pr daa ga et unødvendig høyt innhold. Det har vært god effekt av Se-gjødsling både ved stråstrekning og ved skyting.

og S på begge engfeltene. I 1996 ble avlingsnedgangen uten gjødsling nesten 60 % i middel av kornfeltene og nesten 80 % på engfeltet.

Kornavlingene har ofte hatt noe lavere innhold av et eller flere næringsstoffer når disse ikke er tilført; spesielt ble P-innholdet redusert i 1996. På begge engfeltene har det vært meget godt samsvar mellom gjødsling og innholdet av næringsstoffer i avlingene; spesielt har innholdet av K og S vært meget lavt uten tilførsel.

3. FOSFORBEHOV PÅ MEGET FOSFORRIK JORD

Forsøksserien startet opp i 1989 med fastliggende felt i korn og eng for å kunne bedømme plantenes behov for P-gjødsling på meget P-rik jord. Resultatene er oppsummert nedenfor.

I korn har superfosfat ofte gitt små positive avlingsutslag, og i enkelte år har det vært sikre meravlinger. Kornfeltene har ofte gitt sikker meravling for økt N-gjødsling opp til største mengde.

I forsøksperioden har innholdet og opptaket av P som regel vært lite påvirket av gjødslingen med superfosfat i korn, mens økt N-gjødsling ofte har fremmet P-opptaket så vel som N-opptaket.

Engfeltene har ofte gitt små positive avlingsutslag for tilførsel av superfosfat, men sikre meravlinger har det bare vært på enkelte felt. Midlere N-mengde har ofte gitt positive avlingsutslag i eng, men på enkelte felter har det ikke blitt avlingsøkning ut over minste N-mengde.

Som regel har P-innholdet og P-opptaket i engavlingene økt noe etter gjødsling med superfosfat. Økt N-gjødsling har ofte ført til økt innhold og opptak av P så vel som av N.

Det har vært lav utnyttelse av tilført P både i korn og eng.

Det har vært sikker meravling for S-gjødsling og liten forskjell i S-effekt mellom de S-holdige N-gjødseltypene.

Innholdet og opptaket av S, Ca og Mg i avlingen har økt i samsvar med tilførselen gjennom de respektive gjødseltypene. Kalksalpeter med kieseritt har gitt betydelig større innhold og opptak av Ca og Mg enn HYDRO SVOVELPLUSS™ 27N + 7S.

De to Kalksalpeter-leddene med stor og liten mengde kieseritt har gitt samme avlingsstørrelse og opptak av Ca, mens opptaket av S og Mg har økt med økt mengde kieseritt tilført.

6. GJØDSLING MED NATRIUM I RAIGRAS

I karforsøket testes hvor sterkt antagonismen mellom kalium, magnesium og natrium påvirker opptaket av disse stoffene i ettårig raigras.

Na-gjødsling ga økt avling med høyere innhold og opptak av Na særlig ved lav K-gjødsling. Na-innholdet var likevel langt under ønsket nivå til tross for at opptaket av Na bare var 25 % av tilført Na-mengde. Effekten ble også sterkt redusert av økt K-gjødsling.

Økt Mg-gjødsling ga positiv effekt på innhold og opptak av Mg i graset, men reduserte innholdet og opptaket av Na noe. Økt K-gjødsling reduserte Mg-innholdet til under ønsket nivå.

Avlingene økte opp til midlere K-mengde, mens innholdet og opptaket av K i avlingen økte opp til største K-mengde.

7. TEMPERATUR OG NÆRINGSFRIGJØRING

Frigjøring av fosfor, svovel og magnesium fra tre ulike jordtyper testes ved 9°C, 12°C og 18°C. I forsøket dyrkes ettårig raigras i klimaregulert veksthus. 3.-5. slått er dyrket i vanlig veksthus uten temperaturregulering.

Våren 1995 ble det startet opp forsøk med bor til oljevekster både i kar og på felt for å bedømme behov og gjødslingsstrategi. I denne rapporten omtales opplegg og resultater fra karforsøket som utføres i veksthuset ved IJVF.

Frøsettingen i rybs ble utelatt eller sterkt redusert uten borgjødsling.

Effekten av bor tilført gjennom Fullgjødsel ved såing har vært god, men ekstra bor-gjødsling gjennom Bor-Kalksalpeter på 5-bladstadiet økte avlingen av frø og råfett ytterligere i denne borfattige jorda.

Ytterligere B-tilførsel ved såing i tillegg til Fullgjødsel og Bor-Kalksalpeter ga ikke effekt.

Forsøket tyder på at delt gjødsling med bor og nitrogen kan praktiseres i oljevekster med bruk av Fullgjødsel ved såing og Bor-Kalksalpeter fram til 5-bladstadiet.

9. EFFEKTEN AV Kalksalpeter™ MED KOBOLT PÅ INNHOLDET AV KOBOLT I GRAS

Effekten av koboltholdig Kalksalpeter er testet i kar- og feltforsøk som et alternativ til koboltholdig Fullgjødsel.

Karforsøk I

I forsøket ble det dyrket ettårig raigras på Co-fattig sandjord ved to pH-nivå. Se-holdig Kalksalpeter ble tilført én og to ganger med to ulike Se-mengder innblandet.

Kalking ga redusert innhold og opptak av Co på alle ledd.

Både Co-holdig Kalksalpeter og Co-holdig Fullgjødsel økte innholdet og opptaket av Co i de tre påfølgende avlingene, men Fullgjødsel var mest effektiv det 2. og 3. forsøksåret.

Halv Co-mengde i Kalksalpeter tilført 2 ganger resulterte i et lavere innhold og opptak av Co i 1.slått, men var på høyde med de andre behandlingene i 2. og 3.slått.

SUMMARY

The research report 1996 is describing 9 projects carried out in pot and field trials at Department of Soil and Water Sciences as well as at other collaborating research institutions in Norway. A brief summary of the results from the experiments is presented here.

1. EFFECT OF SELENIUM-ENRICHED CALCIUM NITRATE ON THE SELENIUM CONCENTRATION IN WHEAT AND GRASSES

There is a low content of Se in norwegian plant products. In this research project the effect of Se-enriched Calcium Nitrate (CN) on the content of Se in wheat and grasses as well as in leaching water are tested.

Field Experiments in Spring Wheat

The effect of Se-enriched CN is tested in many pot and field trials since 1989. The conclusion is that the concentration of Se in wheat can be increased to desired level by this fertilizer. There has been variation in Se concentration probably caused by different climates and soils.

Two long term fields were continued in 1996. Concentration of Se in wheat has increased many fold by Se-enriched CN but the effect is reduced in bad growing conditions.

Experiments in Winter Wheat

There has been laid out 5 field trials each year since 1994. Se-enriched CN has been top-dressed at ear emergence and at stem elongation. As in spring wheat 5 gram Se pr hectare increased the Se concentration in wheat grain to desired level. 10 gram Se pr hectare led to unnecessary high Se concentration. The effect of Se-enriched CN was good when top-dressed at ear emergence as well as at stem elongation.

Application Strategi of Se in wheat

Pot experiments with two soils and two Se quantities incorporated in CN top-dressed at ear emergence or at ear emergence and at stem elongation as well.

Concentration of one or more nutrients are generally lower in grain crops when these are missing in the fertilizers applied. In the grass fields concentration of all nutrients in the crops are corresponding well with the nutrients added.

3. PHOSPHORUS SUPPLYING CAPACITY OF PREVIOUSLY HEAVILY FERTILIZED SOILS AT INCREASING RATE OF N APPLICATION

Grain yields have increased significantly by application of superphosphate at all sites, but only for one or two years of the research period. Generally, N rates up to the highest level have resulted in significant increase in grain yield at all sites.

P concentration and uptake have not been affected by application of superphosphate in cereals, but higher rates of N resulted in higher P uptake as well as higher uptake and concentration of N.

Positive yield response by application of superphosphate has been observed in grasses at most of the sites, but significantly response has only been observed at some sites.

Generally, there has been positive response to the medium N rate in grasses at most of the sites, but at some sites no response to increased N rates has been found.

Concentration and uptake of P in grasses have been little but positively influenced by application of superphosphate as well as higher N rates. Concentration and uptake of N in grasses have increased significantly by higher N rates at all sites with only few exceptions.

P uptake from P added in fertilizer has been small in cereals as well as in grasses.

The content of plant available P in soil has been little reduced in most of the fields during the research period.

Increased rate of kieserite incorporated in CN resulted in increased uptake of Mg and S but the same grass yield and uptake of Ca.

6. EFFECT OF SODIUM IN RYEGRASS

In this pot experiment we want to test how strong antagonism between potassium (K), magnesium (Mg) and sodium (Na) are influencing the uptake of these nutrients in ryegrass.

Crop yield as well as concentration and uptake of Na were increased by fertilizing with Na especially when K-fertilizing was low but still concentration of Na in ryegrass was too small. The effect of Na-fertilizing was strongly reduced by increasing rates of K-fertilizer.

Concentration and uptake of Mg were increased by Mg-fertilizing and reduced by K-fertilizing. Concentration and uptake of Na were influenced negatively by Mg-fertilizing.

Grass yield was increased by medium K-fertilizing and the concentration and uptake of K were increased up to the highest fertilizer rate of K.

7. TEMPERATURE AND RELEASING OF NUTRIENTS FROM SOILS

Releasing of phosphorous, sulphur and magnesium from three soil types was tested at 9°C, 12°C and 18°C by growing ryegrass in controlled climate.

The release of nutrients was increased by increasing temperature in all soils but the increase in grass yield was small without fertilizing.

Grass yield and uptake of nutrient were strongly increased by a balanced fertilizing at all levels of temperature but the highest increase was at 18°C.

9. EFFECT OF COBALT-ENRICHED CALSIUM NITRATE ON COBALT CONCENTRATION IN MEADOW GRASSES

Pot Experiments

Concentration and uptake of Co in ryegrass were reduced by liming.

Concentration and uptake of Co in ryegrass were increased by application of Co incorporated in CN as well as NPK. The effect Co-enriched NPK was the best one in 2. and 3. test year.

In comparing with Co-enriched CN added one time Co concentration and uptake increased by two applications and decreased when fertilizer rate of Co was reduced to the half.

There was good residual effect after application of Co-enriched CN as well as Co-enriched NPK.

Concentration of Co in ryegrass become very high by adding Co-sulphate as spray.

Field Experiments

Concentration of Co in grass yield was very low without Co fertilizing.

Concentration of Co in grass yield was reduced when pH level in soil was increased.

Concentration of Co in grass yield was effectively increased by Co-enriched CN as well as Co-enriched NPK.

The effect of Co application in spring was good in all cuts at Fureneset site but the effect was redused very fast after 1. cut at Særheim site.

Uptake of Co was increased further by Co-enriched CN added at 1. cut as well as 2. cut. Some Co-effect from this was also seen the year after.

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 Skandinavia har et meget lavt innhold av Se fordi jorda er Se-fattig. Derfor har kraftfóret 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 kraftfór i fórrasjonen. Økt selvforsyning av hvete vil bety redusert Se-inntak også i menneskenes ernæring.

Effekten av Se-holdig gjødsel på Se-innholdet i planter har vært utprøvd i Norge i mange år. Først ble Se-holdig Fullgjødsel^R utprøvd med godt resultat i korn og gras. Se-holdig KalksalpeterTM er senere blitt utprøvd som et alternativ fordi den brukes ved delgjødsling i mange vekster. En stor del av Se-behovet kan derfor bli dekket inn ved hjelp av en gjødseltype. Se-holdig Kalksalpeter er nå tillatt brukt i mathvete og markedsføres under navnet NitraSelTM.

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.

Fastliggende felt, forsøk i 1996

De to fastliggende Se-feltene i Ås ble ført videre i 1996 med 2 pH-nivå. 2 av de 4 gjentakene på hvert felt ble kalket en tid før gjødsling og såing. Det ble brukt tilsvarende 650 kg og 550 kg kalkstensmel pr daa på henholdsvis Ås I og Ås II. Våren 1997 ble de samme 2 gjentakene kalket på nytt med tilsvarende 350 kg og 250 kg kalksteinsmel pr daa på de to feltene. Jorda på de to feltene er Se-fattig, men er ellers i normalt god næringstilstand. Feltene er anlagt som blokkforsøk med rutestørrelse på 24 m² (3x8) og 12 m² høsterute.

Konklusjon, fastliggende felt i vårkorn

Se-gjødsling har mangedoblet Se-innholdet i kornet på begge feltene gjennom hele forsøksperioden.

Dobling av normal Se-mengde har gitt unødvendig høyt Se-innhold i kornet.

På disse 2 feltene har Se-holdig Fullgjødsel ofte økt Se-innholdet mer enn Se-holdig Kalksalpeter. Dette har ofte vært knyttet til lavt avlingsnivå, sterke tørkeproblemer og dårlig vekst på spredetidspunktet for Kalksalpeter.

Effekten av kalking på Se-opptaket i årets forsøk omtales i kommende rapport for 1997.

FELTFORSØK I HØSTHVETE

Forsøket ble startet opp med 5 ett-årige felt på Østlandet i 1994 i samarbeid med Planteforsk Apelsvoll. Forsøket inngår i serien "Høsthvete og 2 ganger delgjødsling" hvor det delgjødsles med Kalksalpeter™ ved stråstreking (Z 31-32) og ved skyting (Z 50-55). Grunngjødslingen om våren utføres med Fullgjødsel^R, HYDRO PK™ 7-18 og Kalksalpeter™. Forsøkene fortsatte med 5 ett-årige felt både i 1995 og 1996 med utvidet plan. Da forsøksgjødsla disse to årene i ettetid viste seg å ha et annet Se-innhold enn planlagt, ble forsøksbehandlingen som vist nedenfor.

Forsøksbehandling i 1995 og 1996:

| | Stråstr. (Z 31-32) | Skyting (Z 50-55) | Se i alt, mg/daa |
|----|-----------------------|-------------------------|------------------|
| a) | Kalks. m/11 mg Se(8N) | Ikke gjødslet | 562 |
| b) | Kalks. m/20 mg Se(4N) | Ikke gjødslet | 524 |
| c) | Kalks. m/11 mg Se(8N) | Kalks. m/20 mg Se(4N) | 1086 |
| d) | Kalks. m/20 mg Se(4N) | Kalks. m/20 mg Se(4N) | 1048 |
| e) | Kalks. m/16 mg Se(4N) | Kalks. m/15,5 mg Se(4N) | 804 |
| f) | Kalks. m/11 mg Se(8N) | Kalks. m/15,5 mg Se(4N) | 964 |
| g) | Kalks. m/11 mg Se(8N) | Ikke gjødslet | 562 |

På leddene a-d tilføres det totalt 16 kg N pr daa, mens N-nivået på leddene e-g er 20 kg/daa.

Se er inngranulert i Kalksalpeter som Na-selenat.

DOSERING AV SELEN I HVETE

Det kan ofte være aktuelt å delgjødsla to ganger med Kalksalpeter™ i høsthvete. En kan da bruke Se-holdig Kalksalpeter bare en eller begge gangene; noe som vil være bestemmende for doseringen av Se i Kalksalpeter. Tidspunktet for spredning kan også ha betydning for opptaket av tilført Se, men her er trolig vekstvilkårene etter spredning avgjørende. Hvordan vil jordtypen innvirke på disse forholdene?

Forsøksopplegg

Problemstillingen blir belyst i et karforsøk som ble startet opp i 1995. Til utprøvingen anvendes 2 jordtyper; en sandholdig jord fra Landvik med pH 6,5 og en moldholdig lettleir fra forsøksgården, IJVF, som ble kalket opp til pH 6,0 med 25 gram CaCO₃ pr kar. pH-nivåene hadde ikke endret seg ved vekstsesongens slutt. Forsøket fortsatte med samme jord i 1996. Leirjorda ble kalket med 20 gram CaCO₃ pr kar. Etter avhøsting i 1996 var pH steget til ca 7 på begge jordtyper.

Karene ble igjen grunngjødsla med Fullgjødsla 17-5-13 tilsvarende 10 kg N pr daa før såing. Forsøksgjødsla ble tilført i mengder tilsvarende 4 kg N pr daa både ved begynnende stråstrekning (Z 31-32) og ved begynnende skyting (Z 50-52). Se var inngranulert i Kalksalpeter som Na-selenat.

Forsøksbehandling:

| | Begynnende stråstrekning (Z 31-32) | Begynnende skyting (Z 50-52) |
|----|------------------------------------|------------------------------|
| a. | Kalksalpeter uten Se | Kalksalpeter uten Se |
| b. | Kalksalpeter uten Se | Kalksalpeter med 0,001 % Se |
| c. | Kalksalpeter uten Se | Kalksalpeter med 0,002 % Se |
| d. | Kalksalpeter med 0,001 % Se | Kalksalpeter med 0,001 % Se |
| e. | Kalksalpeter med 0,002 % Se | Kalksalpeter med 0,002 % Se |

Forsøket ble vannet optimalt med avionisert vann. På den sandholdige jorda var plantebestanden jevn og grønn og hadde god vekst, mens det var spireproblemer, tynn og ujevn bestand, svak vekst og forsinket utvikling på den leirholdige jorda. Hveten ble høstet ved modning.

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 gjødsling med selèn i gras

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

Forsøksplan:

| Ledd | Etter 1. slått | Etter 2. slått |
|------|-------------------------|-------------------------|
| a. | Kalksalpeter™ | Kalksalpeter™ |
| b. | Kalksalp. m/13 mg Se/kg | Kalksalpeter™ |
| c. | Kalksalp. m/13 mg Se/kg | Kalksalp. m/13 mg Se/kg |
| d. | Kalksalp. m/26 mg Se/kg | Kalksalpeter™ |
| e. | Kalksalp. m/26 mg Se/kg | Kalksalp. m/26 mg Se/kg |

Det blir gitt tilsvarende 9,2 kg N/daa og 12,0 kg K/daa i KCl på alle ledd både etter 1. og 2. slått. Etter 3. slått blir alle ledd gjødslet med Kalksalpeter™ tilsvarende 6,0 kg N/daa. Grunnjødslingen er tilsvarende 90 kg Fullgjødsel 17-5-13 pr daa samt mikronæring som blir blandet inn i jorda før såing.

Forsøket utføres på en moldrik morenejord fra Flatdal som er næringsrik, men meget Se-fattig (Tabell 1.4). Det nyttes to pH-nivå ved at en av seriene er kalket opp med 10 gram CaCO₃ pr kar. Etter siste slått var pH steget til henholdsvis 6,7 og 6,9 i de to seriene.

Tabell 1.4. Kjemisk analyse av forsøksjorda

| Jord | pH | P-AL | K-AL | K _{HNO₃} | Mg-AL | Ca-AL | Na-AL | Se |
|---------|-----|------|------|------------------------------|------------|-------|-------|-------|
| | | | | | mg/100gram | | | mg/kg |
| Flatdal | 6,1 | 12,2 | 11,5 | 57 | 24,0 | 65,0 | 0,7 | 0,04 |

Avling

I veksttida virket forsøket jevnt, grønt og var i fin vekst. Avlingene ble store, og aller størst ble de 3 første avlingene på ledd b. Avlingene var også større på det høyeste pH-trinnet enn på de to andre (Tabell 1.6).

Tabell 1.6. Avling av raigras på tidligere ulikt Se-gjødslet jord ved 3 pH-nivå, sum 4 høstinger, gram tørrstoff pr kar

| Ledd | pH I | pH II | pH III | Middel |
|--------|-------|-------|--------|--------|
| a. | 79,0 | 79,7 | 84,5 | 81,1b |
| b. | 84,4 | 80,6 | 87,6 | 84,2a |
| c. | 79,3 | 80,7 | 81,8 | 80,6b |
| d. | 81,8 | 80,5 | 83,3 | 81,8b |
| Middel | 81,1b | 80,4b | 84,3a | |

Kjemiske avlingsanalyser

Det er rekvirert Se-analyser som vil bli publisert i rapporten for 1997.

UTVASKING AV SELEN FRA LYSIMETERE.

Se-gjødsling krever kjennskap til plantenes Se-utnyttelse, akkumuleringen i jorda og eventuelle tap ved avrenning. Se-mengde bortført gjennom avlingen varierer fra år til år og fra sted til sted, men utgjør bare en mindre del av den tilførte Se-mengden. Under våre jord- og klimaforhold vil tilført Se etter hvert bindes som selenitt i jorda. Denne bindingen ser ut til å gå raskt. Da selenitt er lite utsatt for utvasking, vil det totale Se-innholdet i jorda øke etter gjødsling. Økningen vil imidlertid være så liten at det vil gå mange år før det vil være mulig å registrere den ved analysering av jorda.

Avrenningsforsøk 1993

Da det er ønskelig med bedre kjennskap til eventuell utvasking av tilført selenat, ble det satt i gang en undersøkelse for å belyse dette i modellforsøksanlegget ved Institutt for jord- og vannfag våren 1993.

kontroll. Ved andre prøveuttak ble nivå 16 kg nitrogen/daa benyttet som kontroll-ledd på leirjorda, mens nivå 3 kg nitrogen/daa ble benyttet på de to andre jordtypene.

I 1994 ble 11,9 mg Na-selenat med 21 % Se blandet i 100 ml vann utdosert i hvert lysimeter 6. juli. Havren var under skyting. Doseringen tilsvarer 5 gram Se/daa som er 10 ganger mer enn anbefalt mengde i praktisk dyrking. Lysimeterne ble tilført 10 mm vann henholdsvis like før og like etter utdoseringen av Se.

Første uttak av vannprøver, 12. september, representerte ca 60 mm avrenning i tiden etter Se-tilførselen. Ved andre uttak, 4. januar 1995, var avrenningen i sum for forsøksperioden 152-280 mm i de ulike sylindrerne. I perioden juli - desember 1994 falt det 424 mm nedbør, og i tillegg ble det vannet med 150 mm i perioden fra Se-tilførsel fram til høsting 10. august.

Vannprøvene (2 x 12 stk.) ble konservert med saltsyre og sendt for analysering av Se. Det ble ikke påvist Se i noen av avrenningsprøvene fra morenejord, siltrik leirjord eller sandjord. Se-innholdet var < 4 ng/ml som var laveste deteksjonsgrense. Ved første prøveuttak fra stiv leirjord var Se-innholdet 4 og 19 ng/ml i vannet fra skiktvis oppfylt sylinder henholdsvis monolitt (uberørt profil). Dette tilsvarer henholdsvis 240 mg og 1140 mg Se/daa ved 60 mm avrenning. Ved andre prøveuttak fra disse sylindrerne ble det ikke påvist Se i vannet fra skiktvis oppfylt sylinder, mens Se-innholdet var redusert til 9 ng/ml fra monolitten som tilsvarer 1368 mg Se/daa (avrenning 152 mm). Dette viser at 83 % av totalt utvasket Se ble utvasket i første avrenningsperiode. Det ble ikke påvist Se i noen av kontrollprøvene fra de 4 jordtypene (< 4 ng Se/ml).

Den høye utvaskingen av Se fra stiv leirjord i form av monolitt skyldes mest sannsynlig avrenning langs sylinderveggen da jordprofilet er meget tett og ugjennomtrengelig. Rotutviklingen og opptaket i avlingen blir også redusert i slik jord. Utvaskingen av Se fra sylindrerne med skiktvis innlagring viser likevel at krymping og sprekke-dannelser kan gi rask vanngjennomgang i stiv leire.

Uten N-gjødsling var avlingene i middel halvert både i eng og korn allerede i 1994. I 1995 var avlingene i korn og eng i middel redusert med henholdsvis 60% og noe over 50%. Avlingsreduksjonen for de andre næringsstoffene har variert mellom felt og år, men utslagene har vært sterkest for S på Vågønes og for K på Særheim. På disse to engfeltene var det sikker avlingsreduksjon for både K og S i 1995. Dette året var det også sikker avlingsreduksjon for K på kornfeltet i Solør-Odal.

Uten tilførsel er avlingenes innhold av de respektive næringsstoffene ofte blitt redusert, særlig i eng. I 1995 hadde avlingene på begge engfeltene meget lavt innhold av K og S, men også lavere innhold av P og Mg når disse næringsstoffene ikke var tilført.

Forsøksopplegg

Forsøksplan:

- a. Gjødsel med N, P, K, Ca, Mg, S og B
- b. Som a, men uten N
- c. Som a, men uten P
- d. Som a, men uten K
- e. Som a, men uten Mg
- f. Som a, men uten S
- g. Som a, men uten B
- h. Som a, men uten Mg, S og B
- i. Uten gjødsling

Næringsstoffene som er tilført på hvert enkelt ledd på kornfeltene, fremgår av tabell 2.2. Forsøksgjødsla blir spredd på overflaten og harvet inn i jorda før såing. I eng brukes de samme gjødseltypene, men i mengder tilsvarende 12 kg N/daa tilført tidlig om våren. Det gjødsles med N og K etter 1.slått unntatt på ledd i og unntatt leddene b og d for henholdsvis N og K.

Feltene har 3 gjentak. Anleggsrutene er 24 m² og høsterutene 12 m². 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.

bare 21 % i forhold til bruk av Fullgjødning, mens avlingen ble redusert til 73 % uten K-gjødsling. Det var også sikker avlingsnedgang i 2.slått uten S-gjødsling.

Tabell 2.3. Avling på de ulike gjødslingsleddene i korn og eng, kg tørrstoff pr daa

| Ledd | Ås | Apels | Kvith | So-Od | Telem | Særheim | | | Total |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|------|-------|
| | Havre | Havre | Bygg | Bygg | Hvete | 1.sl | 2.sl | 3.sl | |
| a | 332a | 436b | 280ab | 548a | 371a | 661a | 337b | 36a | 1034a |
| b(-N) | 144b | 221c | 120c | 173d | 195b | 142c | 58e | 14b | 214c |
| c(-P) | 324a | 484ab | 238b | 502c | 353a | 633a | 310bc | 49a | 992a |
| d(-K) | 341a | 432b | 261b | 511bc | 317a | 460b | 251d | 41a | 752b |
| e(-Mg) | 345a | 450ab | 322a | 561a | 329a | 671a | 348ab | 36a | 1054a |
| f(-S) | 364a | 487ab | 275ab | 544ab | 324a | 623a | 288cd | 50a | 961a |
| g(-B) | 347a | 527a | 265ab | 555a | 382a | 672a | 383a | 37a | 1092a |
| h(-Mg,S,B) | 359a | 459ab | 299ab | 540ab | 355a | 645a | 291cd | 44a | 979a |
| i(Kontroll) | 162b | 216c | 123c | 149d | 205b | 148c | 59e | 16b | 224c |

Innhold av næringsstoffer i avlingene

De kjemiske avlingsanalysene for 1996 er presentert i tabellene 2.4 og 2.5. Kornavlingenes innhold av næringsstoffer ble i noen grad påvirket av forsøksbehandlingene. På feltene i Ås og på Apelsvoll var N-, P- og S-innholdet lavere når disse næringsstoffene ikke ble tilført, mens det var innholdet av N, P og K som ble påvirket på Kvithamarfeltet. På feltet i Solør-Odal ble P-innholdet redusert uten P-gjødsling og Mg- og S-innholdet var også lavere uten tilførsel av disse næringsstoffene. På dette feltet var N- og S-innholdet generelt meget lavt.

Det var meget godt samsvar mellom tilførselen av gjødning og innholdet av næringsstoffer i engavlingene på Særheimfeltet. På ledd som ikke blir tilført et av de respektive næringsstoffene, var innholdet av vedkommende næringsstoff lavt, særlig for K. Analysene på engfeltet viser forøvrig at Mg- og S-innholdet som vanlig er lavest i 1.slått.

Konklusjon:

Fullgjødning^R 17-5-13 ga stor meravling i forhold til ugjødslet på alle feltene. Det var sterk avlingsreduksjon uten N-gjødsling på alle feltene, og det var også sikker avlingsreduksjon uten tilførsel av P og K på kornfeltet i Solør-Odal samt for K og til dels S på engfeltet.

Tabell 2.4. Gjødslingens betydning for innholdet av næringsstoffer i tørrstoffavlingene av korn i 1996

| Ledd | N | P | K | Mg | S | B |
|---------------------|---------------|------|------|---------------------------------|------|------|
| | ----- % ----- | | | ----- mg kg ⁻¹ ----- | | |
| Kvithamar (Bygg) | | | | | | |
| a | 1,70 | 0,49 | 0,58 | 0,12 | 0,14 | <1,6 |
| b(÷N) 1,47 | 0,46 | 0,53 | 0,12 | 0,13 | <1,6 | |
| c(÷P) | 1,76 | 0,47 | 0,59 | 0,12 | 0,14 | <1,6 |
| d(÷K) 1,71 | 0,47 | 0,56 | 0,12 | 0,14 | <1,6 | |
| e(÷Mg) | 1,69 | 0,48 | 0,58 | 0,13 | 0,12 | <1,6 |
| f(÷S) | 1,74 | 0,50 | 0,61 | 0,12 | 0,14 | <1,6 |
| g(÷B) 1,79 | 0,50 | 0,63 | 0,12 | 0,14 | <1,6 | |
| h(Mg,S&B) | 1,69 | 0,50 | 0,62 | 0,12 | 0,13 | <1,6 |
| i(Kontroll) | 1,54 | 0,46 | 0,54 | 0,12 | 0,13 | <1,6 |
| Solør-Odal (Bygg) | | | | | | |
| a | 1,31 | 0,36 | 0,49 | 0,11 | 0,07 | <1,6 |
| b(÷N) 1,34 | 0,41 | 0,49 | 0,12 | 0,08 | <1,6 | |
| c(÷P) | 1,30 | 0,32 | 0,49 | 0,10 | 0,07 | <1,6 |
| d(÷K) 1,28 | 0,36 | 0,50 | 0,11 | 0,12 | <1,6 | |
| e(÷Mg) | 1,27 | 0,36 | 0,49 | 0,10 | 0,06 | <1,6 |
| f(÷S) | 1,34 | 0,34 | 0,50 | 0,10 | 0,06 | <1,6 |
| g(÷B) 1,34 | 0,34 | 0,48 | 0,10 | 0,06 | <1,6 | |
| h(Mg,S&B) | 1,36 | 0,35 | 0,49 | 0,10 | 0,06 | <1,6 |
| i(Kontroll) | 1,38 | 0,43 | 0,51 | 0,13 | 0,07 | <1,6 |
| N. Telemark (Hvete) | | | | | | |
| a | 2,20 | 0,34 | 0,41 | 0,13 | 0,16 | <1,6 |
| b(÷N) 1,64 | 0,41 | 0,44 | 0,14 | 0,14 | <1,6 | |
| c(÷P) | 2,24 | 0,35 | 0,41 | 0,13 | 0,16 | <1,6 |
| d(÷K) 2,03 | 0,34 | 0,41 | 0,13 | 0,14 | <1,6 | |
| e(÷Mg) | 1,98 | 0,36 | 0,42 | 0,13 | 0,14 | <1,6 |
| f(÷S) | 2,20 | 0,35 | 0,41 | 0,13 | 0,14 | 2,9 |
| g(÷B) 2,05 | 0,34 | 0,40 | 0,13 | 0,14 | 1,6 | |
| h(Mg,S&B) | 2,09 | 0,35 | 0,41 | 0,13 | 0,14 | <1,6 |
| i(Kontroll) | 1,83 | 0,38 | 0,43 | 0,14 | 0,14 | <1,6 |

3. FOSFORBEHOV PÅ MEGET FOSFORRIK JORD

Økningen av fosfor(P)-innholdet på dyrka mark gjennom flere ti-år ga et godt grunnlag for økte avlinger. I en del områder med intensivt husdyrhold ble oppgjødslingen imidlertid unødvendig sterk. På Sør-Vestlandet var mer enn 50 % av P-analysene i klasse IV i perioden 1985 - 89. Hensikten med dette forsøket er å finne ut i hvilken grad plantene kan utnytte P som er akkumulert i jorda. Hvor lenge kan avlingene opprettholdes uten eller med redusert P-gjødsling på denne jorda? Spørsmålet er aktuelt både fra et økonomisk og miljømessig synspunkt. Feltene vil også kunne anvendes ved vurdering av analysemetoder for fosfor.

Forsøksopplegg

Forsøksserien ble startet opp i 1989 med 11 felt fordelt over hele landet og utvidet med noen nye felt i 1990. Feltene var fastliggende og ble anlagt på fosforrike jordtyper. En del av feltene gikk ut etterhvert, men det gjensto fortsatt 8 felt i 1995 hvorav 6 ble høstet, 4 i eng og 2 i korn. I 1996 ble det utført forsøk på 2 felt i eng. Forsøkene er utført i samarbeid med de lokale forsøksringene.

Ved anlegg av feltene ble det tatt ut jordprøver i hvert gjentak i skiktene 0 - 20 cm og 20 - 40 cm. Prøvene ble analysert for pH, P-AL, K-AL, ombyttbare kationer og organisk C. Resultatene fra disse analysene finnes i årsrapportene fra 1989, 1990 og 1991.

Jordanalysene viste at feltene hadde meget høyt P-innhold med en midlere P-AL verdi på 39 i matjordlaget og variasjon fra P-AL 14 til 74. På de fleste feltene var innholdet av organisk C i området 2 - 7 %, mens pH var omkring 6,0 eller noe høyere. Enkelte felter hadde imidlertid langt andre verdier for organisk C og pH. Feltene er senere fulgt opp med jordprøver ca hvert 3. år.

Forsøksplanen har vært den samme hvert år med stigende P- (og S-) mengder i kombinasjon med stigende N-mengder:

P-mengder: 0 - 1 - 3 kg daa⁻¹ som vårgjødsling

N-mengder i korn: 6 - 10 - 14 kg daa⁻¹ som vårgjødsling

Tabell 3.1. Effekt av N- og P-gjødsling på engavlingen i 1996, kg tørrstoff pr daa i alt

| | N8+4 | N12+8 | N16+12 | Middel |
|----------------------------------------------------------------|------|-------|--------|--------|
| S122.09 Jæren FSR. P-AL: 67, pH: 6.5, Org.C: 6% (1989) | | | | |
| P0 | 567 | 529 | 479 | 525a |
| P1 | 554 | 547 | 573 | 558a |
| P3 | 571 | 594 | 542 | 569a |
| Middel | 564a | 557a | 531a | |
| S122.16 Midt-Helgeland FSR. P-AL: 51, pH:6,8, Org.C:28% (1989) | | | | |
| P0 | 635 | 797 | 816 | 750a |
| P1 | 640 | 792 | 856 | 763a |
| P3 | 702 | 774 | 805 | 760a |
| Middel | 659b | 788a | 826a | |

Den største totalavlingen ble oppnådd ved bruk av største mengde P og midlere mengde N på feltet i Jæren FSR, mens kombinasjonen midlere P-mengde og største N-mengde var best på feltet i Midt Helgeland FSR.

Avlingsutslagene for N og P gjennom hele forsøksperioden på de 2 gjenværende feltene er vist i tabell 3.2. Feltet i Jæren FSR har hvert år reagert positivt på tilførsel av 1 kg P i superfosfat og meravlingen har vært sikker i 4 av de 8 årene. Det positive utslaget for P i 1996 da alle ledd var tilført samme S-mengde, tyder på at avlingsutslagene for superfosfat i forsøksperioden har vært en P-effekt. Feltet i Midt-Helgeland har ikke hatt behov for P-gjødsling.

Det har hele tiden vært positive og ofte sikre avlingsutslag for 12 + 8 kg N pr daa på feltet i Midt-Helgeland FSR. Feltet i Jæren FSR har også gitt positive og sikre avlingsutslag for denne N-mengden bortsett fra i 1. og de 2 siste forsøksårene. Manglende N-respons de 2 siste årene skyldes trolig svak plantebestand med innvandring av hvitkløver samt ugras.

Tabell 3.3. Effekt av N- og P-gjødsling på P-innholdet i engavlingene i middel av forsøksår, g/kg

| Felt | N1 | N2 | N3 | P0 | P1 | P3 |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| S12209 Jæren FSR | | | | | | |
| 1.slått | 3,4 | 3,6 | 3,6 | 3,4 | 3,5 | 3,6 |
| 2.slått | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,5 | 4,5 | 4,6 |
| S12216 Midt-Helgeland FSR | | | | | | |
| 1.slått | 2,8 | 3,1 | 3,1 | 2,8 | 3,1 | 3,1 |
| 2.slått | 3,2 | 3,5 | 3,5 | 3,2 | 3,4 | 3,6 |

Tabell 3.4. Effekt av N- og P-gjødsling på P-opptaket i engavlingene i middel av forsøksår, kg/daa

| Felt | N1 | N2 | N3 | P0 | P1 | P3 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| S12209 Jæren FSR | | | | | | |
| 1.slått | 1,45 | 1,45 | 1,44 | 1,37 | 1,45 | 1,50 |
| 2.slått | 1,15 | 1,27 | 1,29 | 1,13 | 1,25 | 1,32 |
| S12216 Midt-Helgeland FSR | | | | | | |
| 1.slått | 1,86 | 2,12 | 2,13 | 1,94 | 2,11 | 2,07 |
| 2.slått | 0,91 | 0,98 | 1,05 | 0,90 | 1,01 | 1,02 |

I 1996 økte engas innhold og opptak av P både for N- og P-gjødsling på feltet i Midt-Helgeland FSR, mens feltet i Jæren FSR ble negativt påvirket av økt N-gjødsling og var lite påvirket av økt P-gjødsling (Tabellene 3.5 og 3.6).

Tabell 3.5. Effekt av N- og P-gjødsling på P-innholdet i engavlingene i 1996, g/kg

| Felt | N1 | N2 | N3 | P0 | P1 | P3 |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| S12209 Jæren FSR | | | | | | |
| 1.slått | 4,5 | 4,4 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,5 |
| 2.slått | 4,4 | 4,3 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,4 |
| S12216 Midt-Helgeland FSR | | | | | | |
| 1.slått | 3,1 | 3,7 | 3,5 | 3,1 | 3,7 | 3,5 |
| 2.slått | 3,8 | 4,0 | 4,2 | 3,8 | 4,0 | 4,2 |

Konklusjon

I forsøksperioden har superfosfat ofte gitt små positive avlingsutslag i korn, og i enkelte år har det vært sikre meravlinger. Kornfeltene har ofte gitt sikker meravling for økt N-gjødsling opp til største mengde.

I korn har innholdet og opptaket av P som regel vært lite påvirket av gjødslingen med superfosfat, mens økt N-gjødsling ofte har fremmet P-opptaket så vel som N-opptaket.

Engfeltene har ofte gitt små positive avlingsutslag for tilførsel av superfosfat, men sikre meravlinger har det bare vært på enkelte felt. Midlere N-mengde har ofte gitt positive avlingsutslag i eng, men på enkelte felter har det ikke blitt avlingsøkning ut over minste N-mengde.

Som regel har P-innholdet og P-opptaket i engavlingene økt noe etter gjødsling med superfosfat. Økt N-gjødsling har ofte ført til økt innhold og opptak av P så vel som av N.

Det har vært lav utnyttelse av tilført P både i korn og eng.

På de fleste feltene har jordas innhold av plantetilgjengelig P blitt lite redusert selv uten P-gjødsling.

Tabell 4.1. Innholdet av noen næringsstoffer i forsøksjorda

| | P-AL | K-AL | Mg-AL | Ca-AL | Tot-S |
|--------------|---------|-------------|-------|---------|-------|
| | - - - - | mg/100 gram | | - - - - | mg/kg |
| I. Sand | 2,3 | <1,0 | 1,1 | 8,4 | 8,4 |
| Naturtorv | 1,1 | 5,6 | 38 | 62 | 780 |
| II. Lettleir | 10 | 10 | 3,0 | | |

Forsøksgjødsla ble tilført på overflaten av det etablerte grasdekket straks etter 1. og 2. slått etter følgende plan:

a. Kalksalpeter

b. - " - m/1,2% S innblandet som kieseritt

c. - " - m/1,5% S som "kappe" av elementært S

d. - " - m/2,6% S innblandet som kieseritt

e. - " - m/1,5% S som "kappe" av elementært S)*

f. - " - og 2,5% S i elementært S separat

g. Som b + 1,0% S som "kappe" av elementært S

)* Var planlagt med 2,5% S

Anvendt gjødselmengde tilsvarte 12 kg N pr daa. Det ble også tilført K tilsvarende 12 kg pr daa i form av KCl både etter 1. og 2. slått. Etter 3. slått ble alle ledd kun gjødslet med Kalksalpeter tilsvarende 8 kg N pr daa. Gjødslinga ble utført på tørr overflate, men forsøket ble vannet optimalt med avionisert vann fra dagen etter gjødslinga.

Forsøket ble høstet 4 ganger i løpet av vekstsesongen. 1. avling var jevn, men graset var lysere på sandjorda enn på leirjorda. I 2. avling ble det heller ikke observert noen forskjell mellom forsøksleddene på leirjorda, men på sandjorda var leddene c og e med elementært S som kappe like lyse og dårlige som kontrolleddet. Ledd f med separat tilførsel av elementært S sto i en mellomstilling, mens leddene b, d og g med kieseritt hadde grønn og fin vekst. I 3. og 4. avling ble den dårlige effekten på ledd c og e også synlig på leirjorda, samtidig som disse leddene nå stod bedre enn kontrolleddet på sandjorda. Ledd g stod hele tiden like bra som leddene med kieseritt innblandet på begge jordtyper.

elementært S på begge jordtyper. Det var meravling opp til største mengde S i kieseritt bare på sandjorda.

Kjemiske avlingsanalyser

Både innholdet og opptaket av S viser at det har vært liten effekt av elementært S lagt utenpå gjødselkornet som en "kappe"(ledd c og e)(Tabellene 4.3 og 4.4). Separat tilførsel av 2,5% S i elementært S (ledd f) derimot har gitt det samme innholdet av S i tørrstoffet og nesten det samme S-opptaket som 1,2% S i kieseritt innblandet (ledd b). Største mengde kieseritt innblandet (ledd d) har gitt noe høyere S-opptak enn minste mengde kieseritt på begge jordtyper. Kieseritt + "kappe" av elementært S ga noe mindre innhold og opptak av S enn minste mengde kieseritt på sandjorda, mens dette leddet var best på leirjord.

Tabell 4.3. Effekten av ulike S-kilder og -mengder tilført etter 1. og 2.slått på innhold av Kjeldahl N, K, Ca, Mg og S i % av tørrstoffavlingen i raigras, middel av 4 høstinger.

| Forsøksledd | N | K | Ca | Mg | S |
|-------------------------|------|------|------|------|------|
| Sandjord | | | | | |
| a. Kalksalpeter | 1,97 | 2,31 | 1,00 | 0,16 | 0,08 |
| b. m/kies(1,2%),innbl | 1,25 | 1,64 | 0,85 | 0,13 | 0,11 |
| c. m/el.S(1,5%),"kappe" | 2,42 | 2,21 | 0,93 | 0,14 | 0,08 |
| d. m/kies(2,5%),innbl | 1,18 | 1,63 | 0,79 | 0,13 | 0,11 |
| e. m/el.S(1,5%),"kappe" | 2,42 | 2,34 | 0,93 | 0,14 | 0,09 |
| f. +el.S(2,5%),separat | 1,51 | 2,23 | 0,85 | 0,09 | 0,11 |
| g. b +el.S(1%),"kappe" | 1,18 | 1,69 | 0,81 | 0,12 | 0,10 |
| Leirjord | | | | | |
| a. Kalksalpeter | 1,70 | 2,72 | 0,79 | 0,15 | 0,10 |
| b. m/kies(1,2%),innbl | 1,11 | 2,29 | 0,66 | 0,13 | 0,12 |
| c. m/el.S(1,5%),"kappe" | 1,47 | 2,79 | 0,74 | 0,14 | 0,10 |
| d. m/kies(2,5%),innbl | 1,13 | 2,42 | 0,68 | 0,15 | 0,13 |
| e. m/el.S(1,5%),"kappe" | 1,49 | 2,88 | 0,76 | 0,14 | 0,11 |
| f. +el.S(2,5%),separat | 1,17 | 2,48 | 0,73 | 0,12 | 0,12 |
| g. b +el.S(1%),"kappe" | 1,11 | 2,30 | 0,67 | 0,14 | 0,14 |

Konklusjon

Alle S-kildene ga økt avling og S-opptak, men effekten av elementært S som kappe var liten.

Ledd med kieseritt ga størst avling og S-opptak på begge jordtyper.

Største mengde kieseritt ga størst avling på sandjorda og størst S-opptak på begge jordtyper.

På leirjorda ble det ikke meravling for økt mengde kieseritt. Meravlingen for kieseritt + "kappe" av elementært S må derfor trolig bero på en tilfeldighet.

FELTFORSØK I ENG

Det ble utført 5 feltforsøk i denne serien i 1996 i regi av Planteforsk Apelsvoll forskingssenter i samarbeid med forsøksringene Nordfjord, Indre Nordmøre, Orklaringen, Stjørdal og omegn samt Namdal. Forsøksplanen bestod av de samme leddene som ble nyttet i karforsøket, bortsett fra leddet med elementært S gitt separat. S-mengden i gjødseltypen brukt til ledd d i feltforsøkene var imidlertid bare 1,3%.

Forsøksplan:

| Ledd | Svovel, kg/daa | |
|-----------------------------------------------|----------------|-----------|
| | Til 1.sl. | Til 2.sl. |
| a. Kalksalpeter | 0 | 0 |
| b. - " - m/1,2% S innblandet som kieseritt | 0,6 | 0,4 |
| c. - " - m/1,5% S som "kappe" av elementært S | 0,7 | 0,5 |
| d. - " - m/1,3% S innblandet som kieseritt | 0,7 | 0,4 |
| e. - " - m/1,5% S som "kappe" av elementært S | 0,7 | 0,5 |
| f. Som b + 1,0% S som "kappe" av elementært S | 1,2 | 0,8 |

N-mengde pr daa i forsøksgjødsel: 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

avlingseffekten for elementært S fortsatt var noe svakere i 2.slått kan skyldes at enga fikk dårligere S-forsyning på disse leddene fra våren av. Leddet med både kieseritt og elementært S ga nesten samme effekt som kieserittleddene, og ført til høyere S-innholdet i avlingen i 2.slått. Resultatene viser at elementært S hadde seinere effekt som trolig skyldes omdanningen til sulfat som er en klimaavhengig prosess.

Tabell 4.6. Effekten av ulike S-kilder på engavling samt innhold og opptak av S. Middell av 2 felt

| Ledd | Ts-avling, kg/daa | | | S-innhold, % av ts | | S-opptak, gram/daa | | |
|----------------------|-------------------|---------|------|--------------------|---------|--------------------|---------|------|
| | 1.slått | 2.slått | Sum | 1.slått | 2.slått | 1.slått | 2.slått | Sum |
| a. Kalksalpeter (KS) | 545 | 223 | 768 | 0,08 | 0,10 | 490 | 220 | 710 |
| b. KS m/1,2%S,kies | 641 | 309 | 950 | 0,16 | 0,13 | 1050 | 420 | 1470 |
| c. " m/1,5%S,elem | 574 | 287 | 861 | 0,09 | 0,13 | 540 | 350 | 890 |
| d. " m/1,3%S,kies | 706 | 314 | 1020 | 0,12 | 0,13 | 850 | 420 | 1280 |
| e. " m/1,5%S,elem | 565 | 275 | 840 | 0,12 | 0,15 | 750 | 400 | 1150 |
| f. b +1% S i elem | 643 | 282 | 925 | 0,12 | 0,15 | 790 | 420 | 1200 |

S-gjødslingen førte til at avlingene stort sett fikk lavere innhold av Kjeldahl N og kalsium, mens innvirkningen på innholdet av magnesium og kalium var liten (Tabell 4,7). Opptaket av disse næringsstoffene derimot ble økt av S-gjødsling og økningen var størst på leddene med kieseritt (Tabell 4.8). N/S-forholdet i avlingene var høyt uten S-gjødsling, men ble redusert til et tilfredsstillende nivå på alle leddene med kieseritt, mens leddene med bare elementært S var mer variable.

Tabell 4.7. Effekten av ulike S-kilder på engas innhold av Kjeldahl N, Mg, Ca og K (% av tørrstoff). Middell av 2 felt

| Ledd | Kjeldahl N | | Magnesium | | Kalsium | | Kalium | |
|----------------------|------------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1.slått | 2.slått | 1.slått | 2.slått | 1.slått | 2.slått | 1.slått | 2.slått |
| a. Kalksalpeter (KS) | 1,78 | 1,95 | 0,12 | 0,16 | 0,36 | 0,56 | 2,14 | 2,70 |
| b. KS m/1,2%S,kies | 1,83 | 1,83 | 0,13 | 0,16 | 0,34 | 0,51 | 2,14 | 2,52 |
| c. " m/1,5%S,elem | 1,78 | 1,86 | 0,12 | 0,15 | 0,34 | 0,54 | 2,19 | 2,63 |
| d. " m/1,3%S,kies | 1,71 | 1,86 | 0,12 | 0,14 | 0,32 | 0,45 | 2,21 | 2,52 |
| e. " m/1,5%S,elem | 1,72 | 2,46 | 0,12 | 0,15 | 0,36 | 0,54 | 2,17 | 2,75 |
| f. b +1% S i elem | 1,63 | 1,92 | 0,12 | 0,15 | 0,36 | 0,45 | 2,08 | 2,46 |

5. NITROGENGJØDSEL MED SVOVEL TIL RAIGRAS

Det er ofte aktuelt å kombinere husdyrgjødsel med nitrogengjødning eller en nitrogenrik type Fullgjødning^R til eng. Da lite av engas svovelbehov dekkes gjennom husdyrgjødsel, bør det anvendes svovelholdig mineralgjødning i områder som er utsatt for svovelmangel. Det økte svovelbehovet i landbruket har gjort at Fullgjødseltypene er tilsatt mer svovel og det leveres svovelholdig N-gjødsel og NK-gjødsel. Fra 1997 leveres Svovel-KalksalpeterTM som er tilsatt kieseritt, istedetfor Hydro-SvovelplussTM.

Det ble startet opp både kar- og feltforsøk med ulike typer nitrogengjødning med og uten svovel i 1994. I feltforsøkene blir mineralgjødning testet i kombinasjon med husdyrgjødsel, mens karforsøkene blir brukt til å teste effektforskjeller under kontrollerte betingelser. Feltforsøkene er utført i samarbeid med Planteforsk Apelsvoll forskningscenter og Landbrukets forsøksringer. Denne rapporten omhandler karforsøket, mens feltforsøkene er beskrevet i boka Jord- og plantekultur 1997 fra Planteforsk Apelsvoll forskningscenter.

Forsøksopplegg

I 1994 ble det kun brukt en meget humus- og næringsfattig sandjord fra Elverum som forsøksjord. Da denne jorda er meget Ca-fattig og har liten bufferkapasitet mot pH-enderinger, var det gjødseltypenes ulike innhold av nitrat-N og Ca som bestemte avlingsresultatet. Ny jord, men samme jordtype ble derfor blandet med 20 volumprosent vasket hvitmosetorv i 1995 slik at det ble mulig å teste eventuelle forskjeller mellom gjødseltypene også i svoveleffekt. I 1996 ble det brukt ny jord, men samme jordblanding som året før.

Jordblandingen ble kalket til pH 6 med 8 gram CaCO₃ pr 7 liters kar. Fullgjødning^R 17-5-13 tilsvarende 40 kg/daa ble blandet inn for å få etablert en bra plantebestand. Dessuten ble det supplert med Ca-fosfat og K-klorid tilsvarende henholdsvis 4,5 kg P/daa og 15 kg K/daa og en blanding av mikronæringsstoffene Fe, Mn, Cu, Zn, B og Mo. Kalken og gjødning ble blandet godt inn i jorda før såing av ettårig raigras.

(leddene c og d). HYDRO-SVOVELPLUSS ga nesten like stor avling som leddene med S-holdig Kalksalpeter.

Tabell 5.2. Avlingseffekten i raigras av S-holdig N-gjødsel i middel av 2 N-nivå, g/kar

| Forsøksledd | 1.slått | 2.slått | 3.slått | 4.slått | Total |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| a. Kalksalpeter | 19,9 | 19,0 | 10,4 | 6,4 | 55,7c |
| b. HYDRO-KAS | 19,4 | 19,2 | 12,3 | 8,8 | 59,7b |
| c. Kalks. m/kies.innbl | 20,3 | 20,6 | 13,2 | 10,0 | 64,0a |
| d. Kalks. m/kies.i+sep | 19,3 | 19,9 | 13,3 | 9,7 | 62,3a |
| e. H. SVOVELPLUSS | 18,5 | 19,8 | 13,6 | 10,0 | 61,8ab |

Kjemiske avlingsanalyser

Innholdet og opptaket av S økte i samsvar med tilførselen av S (Tabellene 5.3 og 5.4).

Innblanding av torv har bidratt til at leddene uten S har tatt opp mer S enn det som ble

Tabell 5.3. Effekt av ulike N-gjødselslag på innhold av næringsstoffer i avlingen av raigras, % av tørrstoff. Middel av 4 høstinger og 2 N-nivå.

| Ledd | Kjeldahl N | Total S | K | P | Ca | Mg |
|------|------------|---------|-------|-------|--------|--------|
| a. | 1,42a | 0,14b | 1,77a | 0,09a | 0,71a | 0,13b |
| b. | 1,29a | 0,17ab | 1,77a | 0,08a | 0,57bc | 0,14b |
| c. | 1,21a | 0,19ab | 1,64a | 0,08a | 0,64ab | 0,16ab |
| d. | 1,25a | 0,22a | 1,71a | 0,08a | 0,64ab | 0,19a |
| e. | 1,27a | 0,23a | 1,75a | 0,08a | 0,54c | 0,13b |

Tabell 5.4. Effekt av ulike N-gjødselslag på opptak av næringsstoffer i avlingen av raigras, mg/kar. Sum av 4 høstinger og middel av 2 N-nivå.

| Ledd | Kjeldahl N | Total S | K | P | Ca | Mg |
|------|------------|---------|--------|-----|-------|------|
| a. | 795a | 80b | 972b | 47a | 395ab | 72c |
| b. | 773a | 104ab | 1055ab | 47a | 341bc | 83c |
| c. | 778a | 120ab | 1049ab | 48a | 407a | 105b |
| d. | 781a | 139a | 1068ab | 47a | 399ab | 120a |
| e. | 789a | 141a | 1082a | 50a | 332c | 83c |

6. GJØDSLING MED NATRIUM I RAIGRAS

Formålet med dette karforsøket er å teste hvordan natrium (Na)- og magnesium (Mg)-opptaket i plantene påvirkes av ulik kalium (K)-gjødsling og hvordan opptaket av de tre næringsstoffene gjensidig påvirker hverandre ved gjødsling.

Na er ikke regnet som et nødvendig plantenæringsstoff, men arter i meldefamilien som beten, spinat og selleri reagerer likevel positivt på tilførsel. Likeledes har Na positiv effekt i mange planteslag dersom K-forsyningen er dårlig. Videre er Na et nødvendig mineralstoff i husdyrernæringa og medvirker bl a til et godt Mg-opptak fra vomma hos drøvtyggere. Na bedrer dessuten førets smakelighet og dermed fóropptaket.

Na-innholdet i grasen er ofte for lavt for å dekke husdyras behov. Da Na lett vaskes ut av jorda, er innholdet i jorda lite. Tilførselen med nedbøren avtar sterkt fra kysten og innover i landet. Stor K-tilgang i jorda vil hemme opptaket av Na i plantene.

Forsøksopplegg

Til forsøket ble det nyttet næringsfattig Elverumsand blandet med 20 volum% hvitmosetorv som er beskrevet tidligere i rapporten under hovedpunkt 4. Jordblandingen ble kalket med 8 gram CaCO_3 pr 6,7 l jord til pH 6.

Forsøksplan:

- | | | | | |
|----|--------------|---------------|---------------|--------------------------------------------------------|
| a. | K_1 | Mg_1 | Na_0 | (Fullgjødse ^R 21-4-10) |
| b. | " | " | Na_1 | (Fullgjødse ^R 21-4-10 + NaCl) |
| c. | " | Mg_2 | Na_0 | (Fullgjødse ^R 21-4-10 + MgCl) |
| d. | " | " | Na_1 | (Fullgjødse ^R 21-4-10 + MgCl + NaCl) |
| e. | K_2 | Mg_1 | Na_0 | (Fullgjødse ^R 21-4-10 + KCl) |
| f. | " | " | Na_1 | (Fullgjødse ^R 21-4-10 + KCl + NaCl) |
| g. | " | Mg_2 | Na_0 | (Fullgjødse ^R 21-4-10 + KCl + MgCl) |
| h. | " | " | Na_1 | (Fullgjødse ^R 21-4-10 + KCl + MgCl + NaCl) |
| i. | K_3 | Mg_1 | Na_0 | (Fullgjødse ^R 21-4-10 + 2KCl) |
| j. | " | " | Na_1 | (Fullgjødse ^R 21-4-10 + 2KCl + NaCl) |
| k. | " | Mg_2 | Na_0 | (Fullgjødse ^R 21-4-10 + 2KCl + MgCl) |
| l. | " | " | Na_1 | (Fullgjødse ^R 21-4-10 + 2KCl + MgCl + NaCl) |

Tabell 6.2. Hovedeffekter av ulik Mg- og Na-gjødsling på sum avling av ett-årig raigras, kg tørrstoff pr daa.

| | | | | |
|-----------------------------------|------|-------------------|-------|-------------------------|
| Mg ₁ Na ₀ = | 66,8 | Mg ₁ = | 67,6a | |
| Mg ₂ Na ₀ = | 64,7 | Mg ₂ = | 66,4a | Na ₀ = 65,8b |
| Mg ₁ Na ₁ = | 68,5 | | | Na ₁ = 68,3a |
| Mg ₂ Na ₁ = | 68,1 | | | |

det var også positiv effekt av Na ved de to høyeste K-mengdene. Økt Mg-gjødsling virket negativt på avlingsmengden på alle K-nivå bortsett fra når Na samtidig ble tilført ved minste K-mengde. Disse effektene viste seg gjennomgående i hver slått.

Kjemiske avlingsanalyser

Økt K-gjødsling ga som ventet, økt innhold og opptak av K i graset, mens innholdet og opptaket av Mg og Na ble redusert (Tabell 6.3). De store avlingene medførte at K-innholdet likevel var relativt lavt selv ved den sterkeste K-gjødslingen. Mg-innholdet i graset nådde så vidt normalnivået ved bruk av største Mg-mengde og svakeste K-

Tabell 6.3. Effekten av ulik K-, Mg- og Na-gjødsling på innhold (% av tørrstoff) og opptak (mg/kar) av K, Mg, Na og Ca i ett-årig raigras. Henholdsvis middel og sum av 4 høstinger for innhold og opptak.

| Forsøksledd | K | | Mg | | Na | | Ca | |
|---------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Innh | Oppt | innh | Oppt | Innh | Oppt | Innh | Oppt |
| a. K ₁ Mg ₁ Na ₀ | 1,04 | 654 | 0,13 | 82 | 0,02 | 12 | 0,61 | 382 |
| b. " " Na ₁ | 1,09 | 704 | 0,12 | 80 | 0,07 | 44 | 0,59 | 379 |
| c. " Mg ₂ Na ₀ | 1,25 | 771 | 0,15 | 92 | 0,03 | 16 | 0,58 | 357 |
| d. " " Na ₁ | 1,05 | 711 | 0,15 | 100 | 0,05 | 37 | 0,62 | 417 |
| e. K ₂ Mg ₁ Na ₀ | 1,66 | 1138 | 0,11 | 75 | 0,01 | 8 | 0,55 | 380 |
| f. " " Na ₁ | 1,73 | 1208 | 0,10 | 72 | 0,03 | 20 | 0,54 | 380 |
| g. " Mg ₂ Na ₀ | 1,83 | 1218 | 0,13 | 84 | 0,01 | 8 | 0,59 | 392 |
| h. " " Na ₁ | 1,93 | 1314 | 0,13 | 87 | 0,03 | 17 | 0,57 | 389 |
| i. K ₃ Mg ₁ Na ₀ | 1,96 | 1348 | 0,10 | 66 | 0,01 | 7 | 0,56 | 386 |
| j. " " Na ₁ | 2,05 | 1457 | 0,09 | 65 | 0,02 | 11 | 0,58 | 410 |
| k. " Mg ₂ Na ₀ | 2,18 | 1433 | 0,11 | 75 | 0,01 | 5 | 0,55 | 363 |
| l. " " Na ₁ | 2,02 | 1381 | 0,11 | 73 | 0,01 | 10 | 0,56 | 382 |

Økt Mg-gjødsling ga positiv effekt på innhold og opptak av Mg i graset, men reduserte innholdet og opptaket av natrium noe. Økt K-gjødsling reduserte Mg-innholdet til under ønsket nivå.

Avlingene økte opp til midlere K-mengde, mens innholdet og opptaket av K i avlingen økte opp til største K-mengde.

Hele forsøket ble høstet samtidig like før skyting av raigraset på temperaturnivået 18°C. Det ble tatt 2 avlinger i det klimaregulerte veksthuset, mens serien som ble dyrket ved 18°C ble videreført i vanlig veksthus og høstet 3 ganger til.

Raigraset ble dyrket i kar med 2,5 liter jord og med kun 2 gjentak.

Avlinger

Avlingene av raigras økte med stigende temperatur på alle jordtyper og gjødslingsledd (Tabellene 7.2 og 7.3). Uten gjødsling ble avlingene små og avlingsøkningen med stigende temperatur var liten i forhold til de andre forsøksleddene. Fullgjødsel 18-3-15 mangedoblet avlingene og ga dessuten meravling i forhold til leddene uten tilførsel av henholdsvis P, S og Mg ved alle temperaturene. Avlingsutslaget for Fullgjødsel 18-3-15 økte dessuten med temperaturen i forhold til kontrolleddet på alle jordtyper. Både på jord II og III økte også meravlingen noe med stigende temperatur ved bruk av Fullgjødsel 18-3-15 sammenlignet med leddene uten P, uten S eller uten Mg. Det betyr at selv jord II som er meget næringsrik, måtte gjødsles med lettløslig P, S og Mg for å yte optimal avling også ved normal dyrkingstemperatur (18°C).

Jorda fra Møystad (jord II) ga større avling enn de to andre jordtypene ved alle temperaturnivå. Denne jorda ga i middel størst avlingsreduksjon (8%) uten P-gjødsling. Den moldfattige jorda fra Råde (jord I) som er P- og Mg-rik og har høyt innhold av total

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

| Ledd | 9°C | | | 12°C | | | 18°C | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | I | II | III | I | II | III | I | II | III |
| a | 2,7 | 5,7 | 4,3 | 3,7 | 7,0 | 4,8 | 4,9 | 9,9 | 8,1 |
| b | 14,8 | 15,9 | 14,5 | 18,1 | 19,6 | 17,2 | 23,2 | 26,9 | 21,8 |
| c | 14,2 | 17,0 | 14,6 | 18,3 | 22,0 | 17,5 | 23,6 | 26,1 | 22,0 |
| d | 14,2 | 16,9 | 14,4 | 18,6 | 20,6 | 17,2 | 23,0 | 26,9 | 21,7 |
| e | 14,5 | 17,4 | 15,2 | 19,1 | 22,7 | 18,3 | 23,5 | 28,0 | 23,3 |
| Mid. | 12,1 | 14,6 | 12,6 | 15,6 | 18,4 | 15,0 | 19,7 | 23,6 | 19,4 |

I forsøksperioden ble det også observert at plantene ble tydelig lysere i tiden før høsting, spesielt i serien med 18°C hvor veksten var best. Selv om det var et bra avlingsnivå, ville en sterkere N-gjødsling økt avlingen og dermed behovet også for andre næringsstoffer.

Kjemiske avlingsanalyser

Opptaket av næringsstoffer i sum 1. og 2. avling av raigras økte i middel omtrent like mye enten P, S eller Mg var med i gjødsla eller ikke (Tabell 7.5). Opptaket av næringsstoffer økte imidlertid med stigende dyrkingstemperatur både med og uten gjødsling (Tabell 7.6). Dette var tydelig på alle jordtypene og for hvert enkelt næringsstoff bortsett fra N hvor økningen med temperaturen var meget liten (Tabell 7.7). Da N-innholdet i plantene ble redusert fra 2,14% til 1,40% med stigende temperatur i middel av jordtyper og behandling, tyder dette på at N-gjødslingen har vært for liten. I sum var gjødslingen til

Tabell 7.5. Effekt av ulik gjødsling på opptak av næringsstoffer i raigras i middel av 3 jordtyper og 3 dyrkingstemperaturer, mg pr kar

| Ledd | Kjeldahl N | P | K | Ca | Mg | S |
|------|------------|----|-----|-----|----|----|
| a | 77 | 20 | 173 | 35 | 8 | 16 |
| b | 355 | 61 | 534 | 121 | 27 | 40 |
| c | 352 | 61 | 537 | 123 | 26 | 38 |
| d | 354 | 63 | 545 | 125 | 25 | 39 |
| e | 345 | 62 | 544 | 120 | 26 | 41 |

Tabell 7.6. Effekt av ulik gjødsling på opptak av Kjeldahl N, P, S og Mg i raigras ved 3 dyrkingstemperaturer i middel av 3 jordtyper, mg pr kar

| Ledd | 9°C | | | | 12°C | | | | 18°C | | | |
|------|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|
| | Kj.N | P | S | Mg | Kj.N | P | S | Mg | Kj.N | P | S | Mg |
| a | 68 | 15 | 10 | 4 | 77 | 22 | 13 | 6 | 86 | 24 | 26 | 14 |
| b | 355 | 51 | 29 | 15 | 360 | 60 | 37 | 21 | 351 | 72 | 53 | 44 |
| c | 356 | 51 | 29 | 14 | 344 | 59 | 35 | 21 | 357 | 72 | 50 | 42 |
| d | 345 | 50 | 28 | 14 | 357 | 62 | 36 | 21 | 360 | 76 | 52 | 41 |
| e | 338 | 51 | 29 | 14 | 351 | 62 | 39 | 21 | 346 | 75 | 56 | 43 |
| Mid. | 293 | 44 | 25 | 12 | 298 | 53 | 32 | 18 | 300 | 64 | 47 | 37 |

Tabell 7.8. Effekt av ulik gjødsling på opptak av næringsstoffer i sum 3.-5. avling av raigras i middel av 3 jordtyper dyrket i vanlig veksthus, mg pr kar

| Ledd | Kjeldahl N | P | K | Ca | S | Mg |
|------|------------|----|-----|-----|----|----|
| a | 68 | 33 | 143 | 55 | 30 | 23 |
| b | 225 | 54 | 486 | 177 | 50 | 49 |
| c | 232 | 54 | 498 | 180 | 48 | 48 |
| d | 237 | 57 | 501 | 181 | 54 | 47 |
| e | 237 | 56 | 499 | 182 | 59 | 49 |

Tabell 7.9. Opptak av næringsstoffer i sum 3.-5. avling av raigras dyrket i vanlig veksthus på 3 ulike jordtyper i middel av forsøksledd, mg pr kar

| Jord | Kjeldahl N | P | K | Ca | S | Mg |
|------|------------|----|-----|-----|----|----|
| I | 189 | 43 | 325 | 160 | 50 | 51 |
| II | 212 | 56 | 563 | 137 | 58 | 49 |
| III | 205 | 43 | 388 | 168 | 35 | 30 |

Konklusjon

Frigjøringen av næringsstoffer økte med stigende dyrkingstemperatur fra alle jordtypene, men uten gjødsling ble avlingene små og avlingsøkningen liten.

Avlingene og opptaket av næringsstoffer økte sterkt etter gjødsling med Fullgjødsel 18-3-15 ved alle temperaturnivå, og økningen var størst ved 18°C.

Allsidig gjødsling førte også til større frigjøring av næringsstoffer fra jorda. Denne effekten økte med dyrkingstemperaturen.

Avlingene ble redusert uten gjødsling med hhv P, S og Mg i forhold til en allsidig gjødsling, og reduksjonen var størst ved 12°C og 18°C. Ved disse temperaturene ble også opptaket av P, S og Mg noe redusert når de ikke ble tilført.

Det var godt samsvar mellom de enkelte jordtypenes innhold av næringsstoffer og opptaket av næringsstoffer i avlingen.

8. Bor-Kalksalpeter™ TIL OLJEVEKSTER

Da korsblomstrede vekster har stort borbehov, kan det være aktuelt å tilføre disse vekstene mer bor enn det som tilføres gjennom Fullgjødning^R. Dette kan gjøres ved bruk av Bor-Kalksalpeter. Da bor lett vaskes ut av jorda, kan det være fordelaktig å utsette hovedgjødningen med bor til etter oppspiring. Ved bruk av Bor-Kalksalpeter som bor-kilde kan delt nitrogengjødning også praktiseres i oljevekster.

Våren 1995 ble det startet opp forsøk med bor til oljevekster både i kar og på felt for å bedømme behov og gjødslingsstrategi. Feltforsøkene blir utført i samarbeid med Planteforsk Apelsvoll forskingssenter med hovedvekt på svovel. I det følgende omtales opplegg og resultater fra karforsøket som blir utført i veksthuset ved IJVF.

Forsøksopplegg

Ny jordblanding av samme type som i 1995, en meget humus- og næringsfattig sandjord fra Elverum og 20 volumprosent vasket hvitmosetorv, ble også brukt i 1996. Sandjorda inneholder 0,1 mg plantetilgjengelig bor pr kg. Forsøket ble delt i 2 serier; jord kalket til pH 6,5 og pH 7,5. Etter at forsøksgjødning (tabell 8.1) og mikronæring unntatt bor var blandet inn i jorda, ble forsøket tilsådd med Agena rybsfrø i 7 liters kar. Plantene ble tilleggs gjødslet på 5-bladstadiet. Det ble vannet optimalt med destillert vann gjennom hele vekstsesongen.

Forsøksbehandling:

| Ved såing | På 5-bladstadiet |
|--------------------------------------------------------|------------------|
| a. PK 7-18 + Ammoniumnitrat | Kalksalpeter |
| b. Fullgjødning 17-5-13 | Kalksalpeter |
| c. Fullgjødning 17-5-13 | Bor-Kalksalpeter |
| d. Fullgjødning 17-5-13 +boraks | Bor-Kalksalpeter |
| e*. Fullgjødning 17-5-13 +PK 7-18 +Bor-Kalksalpeter | Bor-Kalksalpeter |
| Kg N/daa: 18 | 8 |

* 12 + 6 kg N i hhv Fullgjødning og Bor-Kalksalpeter ved såing.

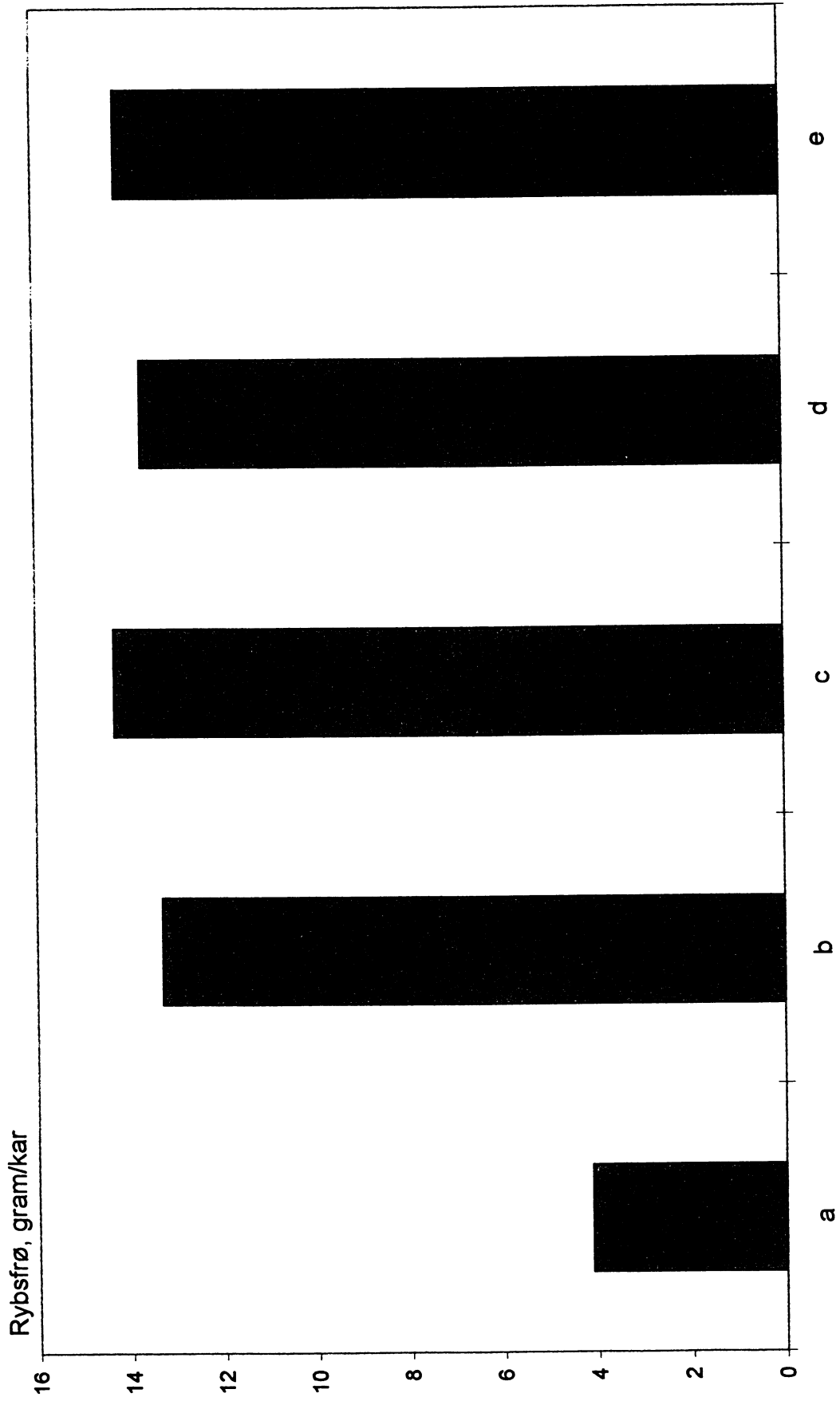


Fig 8. 1. Effekten av borgjødsling på frøavlingen av rybs.

opptak av bor i avlingen, mens nitrogeninnholdet ble redusert mot et normalt nivå. Bortilskudd på 5-bladstadiet ga økt innhold og opptak av råfett og bor, mens nitrogeninnholdet ble redusert i forhold til en mindre mengde bor tilført gjennom Fullgjødsel ved såing. Ytterligere bortilførsel ved såing (ledd d og e) ga ingen klare effekter på innhold og opptak i avlingen.

Diskusjon

Bortilsetningen i Fullgjødsel er beregnet på å dekke borbehovet i et korn- og grasomløp. I praksis har jordsmonnet dessuten større borreserver enn jorda som er brukt i dette karforsøket. Forsøket viser imidlertid at for liten borgjødsling til oljevekster kan resultere i skjult bormangel med reduserte avlinger til følge, men det kan også gi fullstendig misvekst.

Det var langt mindre utslag i frøavling for ekstra bortilførsel på 5-bladstadiet i 1996 enn i 1995, men økningen i råfettavlingen var likevel nesten like stor. Da ytterligere bortilførsel om våren ikke har gitt mereffekt, viser resultatene at ekstra borgjødsling kan utsettes fram til 5-bladstadiet. Ved bruk av Bor-Kalksalpeter kan en samtidig praktisere delt nitrogen-gjødsling også i oljevekster. Feltforsøk med Bor-Kalksalpeter tilført på 5-bladstadiet i rybs har også i noen grad gitt positive resultater for bor, mens delt nitrogengjødsling stort sett ikke har gitt utslag på avlingsmengden.

Konklusjon etter to års karforsøk

Frøsettingen i rybs er blitt utelatt eller sterkt redusert uten borgjødsling.

Effekten av bor tilført gjennom Fullgjødsel ved såing har vært god, men ekstra borgjødsling gjennom Bor-Kalksalpeter på 5-bladstadiet har økt avlingen av frø og råfett ytterligere i denne borfattige jorda.

Ytterligere B-tilførsel ved såing i tillegg til Fullgjødsel og Bor-Kalksalpeter ga ikke effekt.

Forsøket tyder på at delt gjødsling med bor og nitrogen kan praktiseres i oljevekster med bruk av Fullgjødsel ved såing og Bor-Kalksalpeter fram til 5-bladstadiet.

KARFORSØK I

Forsøket ble utført i 2 serier; (I) ukalket jord, pH 5,6 og (II) jord kalket med 17 gram CaCO_3 pr kar, pH 6,5. pH ble justert i begge seriene med en liten mengde CaCO_3 før vekstsesongen både i 2. og 3. forsøksår i henholdsvis 1995 og 96. Jorda ble hver vår grunn gjødslet med Fullgjødsel 15-4-12 tilsvarende 16 kg N pr daa og en blanding av mikronæringsstoffene Fe, Mn og Mo. I forsøket ble det dyrket raigras i 6,7 liters kar med 3 gjentak. Forsøksbehandlingen ble startet opp på etablert grasdekke etter 1.slått (Tabell 9.2.)

Tabell 9.2. Forsøksbehandling, karforsøk

| | Etter 1.slått | Etter 2.slått | Etter 3.slått |
|-----------|---------------------------|---------------|---------------|
| a. | PK 7-18 +Kalksalpeter(KS) | KS | KS |
| b. | " +KS m/0,02% Co | KS | KS |
| c. | " +KS m/0,02% Co | KS m/0,02% Co | KS |
| d. | " +KS m/0,01% Co | KS m/0,01% Co | KS |
| e. | Fullgj.15-4-12 m/0,02% Co | KS | KS |
| Kg N/daa: | 10 | 8 | 8 |

Karene ble vannet optimalt med avionisert vann gjennom hele vekstperioden. Alle karene ble tilleggsgjødslet med kaliumklorid tilsvarende 9 kg K pr daa etter 2. og 3. høsting. Raigraset ble høstet 4 ganger.

Avling

Dette året ble det sikker avlingsforskjell for hver slått mellom de to pH-nivåene (Tabell 9.3). I første del av veksttida ble det også observert at det var ujevn vekst ved høyeste pH-nivå. Ved avslutning av forsøket var pH i middel for leddene med Kalksalpeter (a-d) henholdsvis 6,1 og 6,8 i de to seriene og tilsvarende for Fullgjødsel (ledd e) 5,7 og 6,6. pH-forskjellene og den ujevne veksten i første del av veksttida forklarer forskjellene i avling mellom forsøksledda. Fullgjødsel (ledd e) ga ved hver slått noe dårligere avling ved laveste pH-nivå enn Kalksalpeterleddene, mens ledd b kom særlig gunstig ut i 1.slått til tross for at alle ledd hadde lik gjødsling. Konklusjonen må bli at Co-tilførsel på ulike måter heller ikke dette året hadde innvirkning på avlingsmengden.

Tabell 9.5. Effekten av Co-holdig Kalksalpeter på innholdet av K, Ca, Mg og Co i raigras, middel av 4 slåtter.

| Ledd | K, % | | Ca, % | | Mg, % | | Co, mg kg ⁻¹ | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------|-------|
| | pH I | II | pH I | II | pH I | II | pH I | II |
| a. | 2,51 | 2,12 | 0,65 | 0,69 | 0,23 | 0,19 | 0,12 | 0,03 |
| b. | 2,42 | 2,15 | 0,63 | 0,72 | 0,21 | 0,20 | 0,19 | 0,04 |
| c. | 2,26 | 2,09 | 0,64 | 0,72 | 0,22 | 0,19 | 0,26 | 0,06 |
| d. | 2,30 | 2,23 | 0,63 | 0,72 | 0,22 | 0,20 | 0,19 | 0,07 |
| e. | 2,37 | 2,25 | 0,57 | 0,65 | 0,23 | 0,20 | 0,26 | 0,09 |
| Middel | 2,37a | 2,17b | 0,63b | 0,70a | 0,22a | 0,20b | 0,20a | 0,06b |

enn Co-holdig Kalksalpeter. Det noe lavere pH-nivået på Fullgjødseleddet har trolig vært en medvirkende årsak.

I år viste innholdet av Co i den første avlingen at det bare var to av leddene med Co-holdig Kalksalpeter som ga noe ettervirkning av gjødslingen året før. Co-innholdet i avlingene har generelt blitt lavere for hvert år. Dette skyldes trolig et noe høyere pH-nivå hvert år som følge av kalking.

Verken K- eller Mg-innholdet ble påvirket av forsøksbehandlingen i middel av 4 høstinger, men innholdet ble redusert etter kalking (Tabell 9.5). Ca-innholdet var høyest på leddene a - d med bruk av bare Kalksalpeter som forsøksgjødsel og etter kalking.

Co-opptaket i avlingene gir omtrent det samme bildet som konsentrasjonen av Co i avlingene (Fig. 9.1). Tilførsel av Co en gang både gjennom Fullgjødsel og Kalksalpeter holdt Co-opptaket oppe hele vekstsesongen, men effekten av Fullgjødsel var best. Halv Co-mengde tilført 2 ganger gjennom Kalksalpeter ga bra Co-opptak i 3. og 4.slått. Co-opptaket var generelt meget lavt ved høyeste pH.

Effekten av Co-gjødslingen på opptaket av Co i avlingene i middel av 3 år er vist i figur 9.2. Ettervirkningen av behandlingen året før har vært meget liten. Fullgjødsel med Co (ledd e) hadde noe bedre effekt enn Kalksalpeter med Co (ledd b) begge de to siste

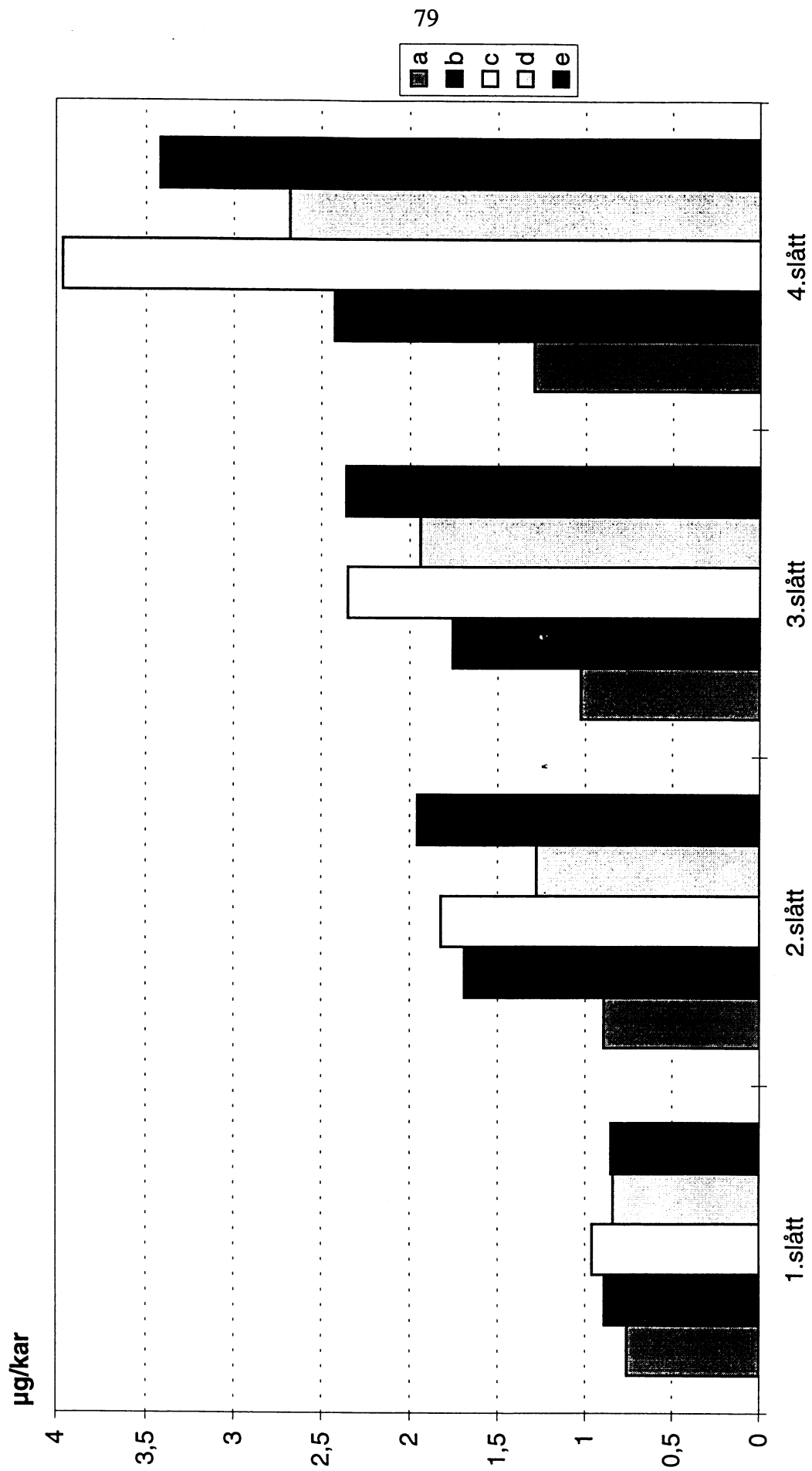


Fig 9.2 Effekt av Co-holdig gjødsel på Co-opptaket i raigras i middel av 3 år.
Middel av 2 pH-nivå

Avling

pH-nivåene etter avhøsting var omtrent som i karforsøk I. Likevel ble avlingene størst ved høyeste pH-nivå i karforsøk II (Tabell 9.6). Sum avling ble også noe større med Co utsprøytet (ledd c). I første del av veksttiden ble det notert noe dårlig og ujevn vekst, men uten at det ble observert forskjeller i vekst mellom ledd.

Tabell 9.6. Effekt av Co-holdig Kalksalpeter hhv Co utsprøytet separat, sum avling av raigras, g tørrstoff pr kar

| Ledd | pH 5,6 | pH 6,5 | Middel |
|--------|--------|--------|--------|
| a. | 55,1 | 59,3 | 57,6ab |
| b. | 55,3 | 58,4 | 56,9b |
| c. | 57,2 | 60,9 | 59,0a |
| Middel | 56,1b | 59,5a | |

Innhold og opptak av Co

Bortsett fra i 1.slått var Co-innholdet høyest ved laveste pH som etter siste høst var 6,1. (Tabell 9.7). Ved høyeste pH som var 7,2 etter siste høst, var effekten av Co-tilførsel liten og tilfeldig. Utsprøyting av Co (ledd c) førte til et enormt innhold av Co i den avlingen som ble behandlet (2.slått). Effekten av utsprøytingen var omtrent som for Co inngranulert (ledd b) i 3.slått og lavere i 4.slått. Effekten av nedbør etter Co-utsprøyting bør testes ved at forsøket vannes ved jevn utspredning over plantene.

Tabell 9.7. Innhold av Co i raigras ved bruk av Co-holdig Kalksalpeter hhv. Co utsprøytet separat, mg/kg

| Ledd | 1.slått | | 2.slått | | 3.slått | | 4.slått | | Middel | |
|--------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|--------|------|
| | pH I | II | pH I | II | pH I | II | pH I | II | pH I | II |
| a. | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,08 | 0,09 | 0,08 | 0,18 | 0,03 | 0,08 | 0,06 |
| b. | 0,03 | 0,04 | 0,09 | 0,05 | 0,19 | 0,05 | 0,33 | 0,09 | 0,15 | 0,06 |
| c. | 0,03 | 0,10 | 4,78 | 4,10 | 0,20 | 0,05 | 0,20 | 0,08 | 1,79 | 1,58 |
| Middel | 0,04 | 0,06 | 1,64 | 1,41 | 0,16 | 0,06 | 0,24 | 0,07 | 0,67 | 0,57 |

Opptaket av Co som er vist i figur 9.3, gir omtrent de samme relasjonene mellom behandlingene som er beskrevet vedrørende innholdet i plantene.

Konklusjoner fra karforsøk II

Kalking ga økt avling, men reduserte Co-innholdet.

Begge tilførselsmåter for Co har økt innholdet og opptaket av Co i de tre påfølgende avlingene.

Utsprøytet Co-sulfat har gitt meget høyt Co-innhold i den behandlede avlingen, mens Co-innholdet i de to påfølgende avlingene har vært nesten som etter bruk av Co-holdig Kalksalpeter.

FELTFORSØK

I 1994 ble forsøkene med Co-holdig Kalksalpeter utvidet med 2 feltforsøk anlagt på Særheim forskingssenter og på Fureneset forsøksstasjon. Noen analyser av jorda på Særheim er ført opp i tabell 9.8. Denne jorda har høyere innhold av både organisk materiale og næringsstoffer enn Særheimjorda som blir brukt i karforsøket, men Co-innholdet er like lavt.

Tabell 9.8. Jordanalyser fra forsøksfeltet på Særheim.

| pH | Glødetap | P-AL | K-AL | Mg-AL | Ca-AL | Na-AL | Cu | Co |
|-----|----------|-------------------|------|-------|-------|-------|-----------|------|
| | | ----- mg/100 gram | | | ----- | | - mg/kg - | |
| 5,9 | 15,9 | 17,0 | 13,0 | 19,0 | 173 | 5,0 | 6,9 | 0,06 |

Forsøksopplegg

Forsøket er lagt ut som et randomisert blokkforsøk med 3 gjentak. Rutestørrelsen er 12 m² med et høstet areal på 9,75 m² og 7,5 m² henholdsvis på Særheim og Fureneset. Feltet på Særheim er anlagt i et gammelt beite med ca 40% engrapp og flerårig raigras, 15-20%

Innhold og opptak av Co samt K, Ca og Mg

Uten Co-gjødsling var det svært lavt Co-innhold i alle foravlingene på Særheimfeltet og i 1.slått på Furenesetfeltet (Tabellene 9.11 og 9.12). Co-innholdet var generelt noe lavere etter kalking på begge feltene.

Både Kalksalpeter m/Co tilført på ulike måter og Fullgjødsel m/Co økte Co-innholdet i avlingene effektivt, men noe mindre enn året før. Halv Co-mengde gitt to ganger (ledd d) ga omtrent samme Co-innhold som vanlig Co-mengde gitt én gang (ledd b), men effekten av ledd d var høyere i 2.slått på Særheimfeltet. Vanlig mengde Co tilført én gang om våren gjennom Fullgjødsel (ledd e) hhv gjennom Kalksalpeter (ledd b) hadde i middel omtrent samme effekt på Co-innholdet, men ledd e hadde ingen Co-effekt i 3.slått på Særheim. Vanlig Co-mengde tilført 2 ganger ledd c) ga som tidligere år det høyeste Co-innholdet i avlingene.

Co-innholdet i avlingene økte også dette året sterkere på Furenesetfeltet enn på Særheimfeltet etter samtlige Co-behandlinger og innholdet var unødvendig høyt i 2.slått. På Særheimfeltet var effekten god etter behandling, men den avtok, som tidligere, raskt utover i vekstsesongen. I 3.slått ga bare vanlig Co-mengde tilført 2 ganger (ledd c) tilstrekkelig Co-innhold i avlingen. Co-innholdet i 1.slått tyder på at det også var noe ettervirkning av Co-tilførselen året før på dette leddet.

Tabell 9.11. Effekten av Co-gjødsling på Co-innholdet i eng, mg/kg.

| Ledd | Særheim | | | | | | Fureneset | | | |
|------|---------|------|---------|------|---------|------|-----------|------|---------|------|
| | 1.slått | | 2.slått | | 3.slått | | 1.slått | | 2.slått | |
| | pH I | II | pH I | II | pH I | II | pH I | II | pH I | II |
| a. | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,10 | 0,09 |
| b. | 0,09 | 0,11 | 0,03 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,25 | 0,20 | 0,57 | 0,34 |
| c. | 0,18 | 0,06 | 0,27 | 0,12 | 0,10 | 0,09 | 0,33 | 0,24 | 1,40 | 0,71 |
| d. | 0,08 | 0,10 | 0,08 | 0,10 | 0,05 | 0,07 | 0,16 | 0,21 | 0,63 | 0,31 |
| e. | 0,11 | 0,06 | 0,10 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,32 | 0,23 | 0,65 | 0,29 |
| Midd | 0,10 | 0,07 | 0,10 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,22 | 0,19 | 0,67 | 0,35 |

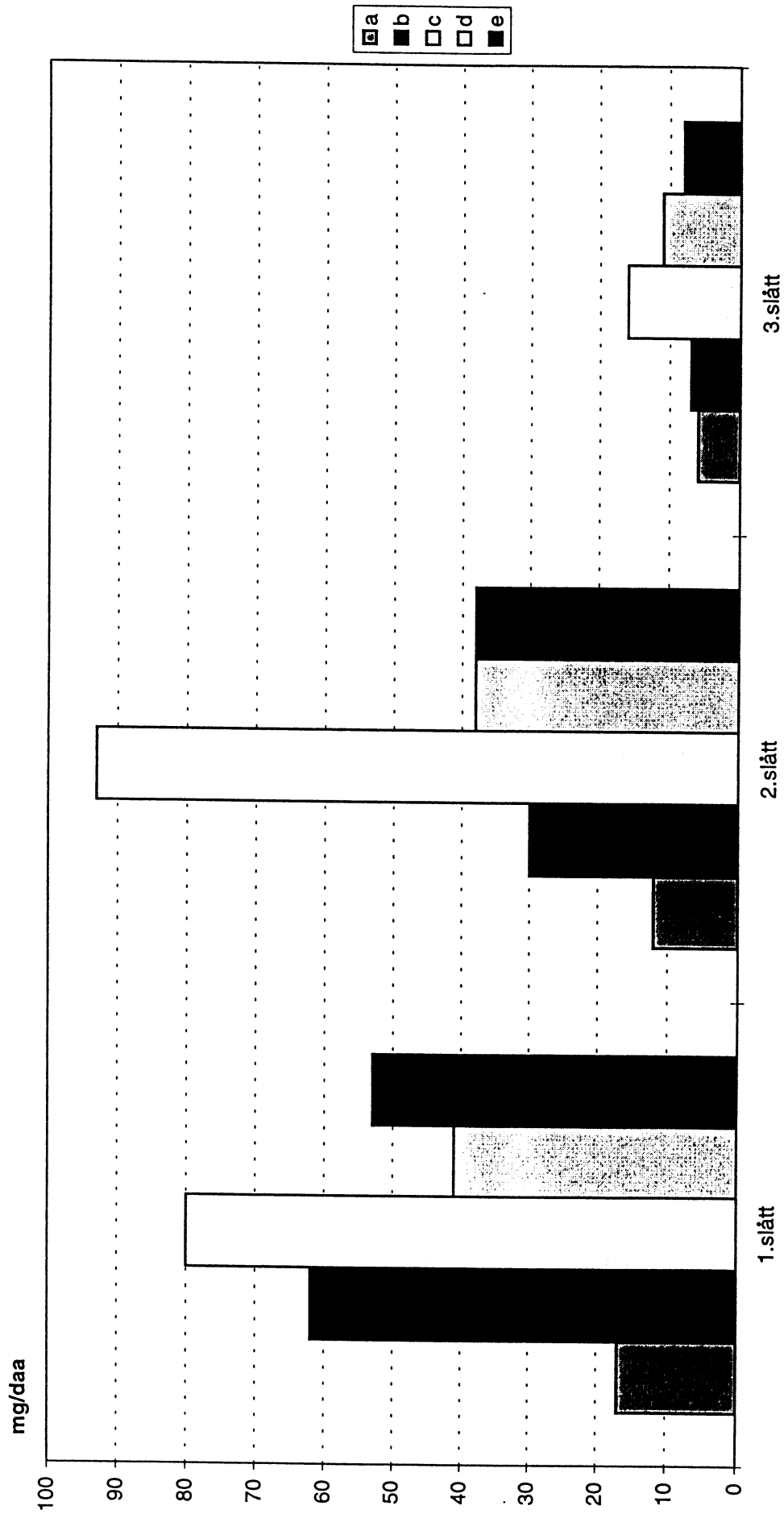


Fig. 9.4. Koboltopptak etter koboltgjødsling i eng i middel av 2 pH nivå.
Middel av 3 forsøksår på Særheim.

Konklusjoner fra feltforsøkene

Innholdet av Co i avlingene var meget lavt uten Co-gjødsling.

Co-innholdet var lavest på det høyeste pH-nivået både med og uten Co-gjødsling.

Både Co-holdig Kalksalpeter og Co-holdig Fullgjødsel økte Co-innhold og opptak i avlingene effektivt.

Det var god og vedvarende effekt av vårgjødsling med Co hele vekstsesongen på Furenesetfeltet, mens effekten avtok raskt på Særheimfeltet.

Gjødsling med Co-holdig Kalksalpeter både til 1. og 2. slått økte Co-opptaket i avlingene ytterligere og ga noe ettervirkning året etter.

Halv Co-mengde i Kalksalpeter tilført 2 ganger resulterte i et lavere innhold og opptak av Co i 1.slått, men var på høyde med de andre behandlingene i 2. og 3.slått.