

MELDINGER

FRA

NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE

SCIENTIFIC REPORTS

OF

THE AGRICULTURAL UNIVERSITY OF NORWAY

Norges landbrukshøgskole,
Institutt for jordkultur, Melding nr. 143
Agricultural University of Norway
Department of Soil Fertility and Management, Report No. 143

Leif Ruud og Sverre Ingebrigtsen

**Virkning av olivin og kieseritt i karforsøk
med havre og raigras**

*Effects of olivine and kieserite on oats and
Italian rye-grass in pot experiments*

Meldinger fra Norges landbrukshøgskole.

Scientific Reports of the Agricultural University of Norway.

Redaksjonskomité (Editorial board): Gotfred Uhlen, Nils Kolstad, Knut Aastveit, Arne Skipenes, (sekr.)

Redaksjonens adresse (Editorial address): Hovedkontoret, 1432 Ås-NLH.

Subskripsjon (Subscription): Biblioteket, 1432 Ås-NLH.

Abonnementspris pr. år (Annual subscription price): n kr 15,-

Til forfatterne:

1. Avhandlingen kan skrives på norsk, engelsk, tysk eller fransk. Avhandlinger på norsk skal også ha tittel og sammendrag på et av de andre nevnte språk. Avhandlinger på engelsk, tysk eller fransk skal ha tittel og sammendrag på norsk. Tittelsiden skal øverst ha en tekst som inneholder høgskolens navn, instituttets navn, eventuelt serienummer, slik:

Norges landbrukshøgskole
Institutt for husdyravl. Melding nr. 260
Agricultural University of Norway
Department of Animal Genetics and Breeding. Report No. 260

Er avhandlingen skrevet på et fremmed språk, skal dette språket komme først øverst på tittelsiden. Tabeller og figurer bør også ha tekst på det fremmede språk.

2. Manuskript til Meldinger bør fortrinnsvis bygges opp etter systematikken I, A, 1, a:

I. OVERSKRIFT (midt på siden)

A. OVERSKRIFT (midt på siden)

1. *Overskrift* helt til venstre.

Teksten fortsetter på ny innrykket linje.

- a. *Overskrift* helt til venstre. Teksten fortsetter på samme linje.

Desimalsystemet vil også bli godtatt.

(Forts. på omslagets 3. side)

(Forts. fra omslagets 2. side)

3. Manuskriptet, om mulig også tabellene, skal skrives med maskin. Når det sendes inn, skal det være i trykkferdig stand, komplett med tabeller, figurer og innholdsliste. En bør som regel unngå å framstille samme tallmateriale både i tabeller og figurer. Forfatterne bør gjennomgå manuskriptene nøye før de sendes inn, slik at en unngår endringer i korrektoren.
4. Tekst som det er av særlig betydning å få fremhevet, skal settes med *kursiv* og markeres i manuskriptet med en enkel understrekning. Forfatternavn i samband med litteraturhenvisninger settes med kapiteler og skrives i manuskriptet med STORE BOKSTAVER.
5. Tabeller gis en kort, dekkende overskrift og nummereres med arabiske tall: 1, 2, 3, osv. Figurtekst skal skrives på eget ark og nummereres som figuren. Tabeller og figurer bør i størst mulig utstrekning kunne leses uavhengig av teksten forøvrig. Plass for tabeller og figurer markeres i manuskriptet. Store tabeller, spesielt hvis det er flere slike, bør skrives på maskin, så de uten korrektur kan gå direkte inn på offset.
6. Litteraturhenvisningene kan gjøres etter Harvardsystemet eller etter nummersystemet. Dersom Harvardsystemet nyttes, skjer henvisningene ved forfatternavn og årstall: enten SKAARE (1958) eller (SKAARE 1958). Dersom nummersystemet nyttes, skjer henvisningene i teksten enten bare ved tilføyelse av det nummer avhandlingen har i litteraturlisten (1, 2) eller ved forfatternavn tilføyd nummeret: KVIFTE & HELDAL (1), SKAARE (2).
7. Liste over sitert litteratur settes til slutt i avhandlingen. Listen ordnes alfabetisk etter forfatternavnene og under disse i kronologisk orden. Dersom nummersystemet nyttes, gis de enkelte avhandlinger og meldinger nummer i den rekkefølge de kommer i litteraturlisten.
 1. KVIFTE, G. og B. HELDAL, 1958. Ås klimaet. Meld. Norg. LandbrHøgsk. 37 (8).
 2. SKAARE, S. 1958. Forsøk med søtlupin. Forsk. Fors. Landbr. 9: 629-641.
Dersom det refereres til avhandlinger som har flere forfattere, skal bare første navn inverteres: KVIFTE, G. og B. HELDAL. Dersom det refereres til flere arbeid av samme forfatter, nyttes gjentakstegn: - 1972.
8. Manuskripter sendes redaksjonen for «Meldinger fra Norges landbrukshøgskole», 1432 Ås-NLH, med følgeskriv fra institusjonens ansvarlige leder. Ekstraeksemplarer (særtrykk) kan bestilles til selvkost. All korrespondanse sendes til redaksjonen, ikke til trykkeriet.

V. SUMMARY

During the years 1968–72 six three years pot experiments were made to test the Mg-effect of finegraded (94% < 0,04 mm) olivine compared with kieserite. The trials were made in Mg-poor, acid sandy soil. The Mg-sources were added in quantities corresponding to 10 and 20 kg Mg/ha, and they were applied both separately and incorporated in NPK granules. Five of the tests were made with oats, and one with Italian rye-grass.

The Mg-effect of kieserite was much better than the effect of olivine, although olivine also increased yields and Mg-uptake in all crops up to the largest quantity of added Mg. 10 kg Mg in kieserite had on an average a somewhat better effect than 20 kg Mg of olivine.

Both Mg-sources had a better effect and better utilization in the third test-year than in the first and second years. This was relatively more marked where olivine was concerned. The application of 10 kg Mg per year gave an average uptake in oat crops over a three year period of about 20% with olivine, and about 40% with kieserite. Corresponding figures for Italian rye-grass, harvested 4–5 times annually, were 38% and 96%.

Application of Mg separately, had apart from the test with oats started in 1968, a somewhat better effect than when the Mg was incorporated in NPK granules. Where olivine is concerned application of Mg separately can have given rise to improved solubility because the contact with the acid test soil was better.

NPK with 89% water soluble Mg as kieserite incorporated in granules, resulted in a somewhat higher Mg uptake in oats than NPK with 73% water soluble Mg.

VII. LITTERATUR

- ENGELSTAD, O.P. and G.L. TERMAN, 1980. Agronomic effectiveness of phosphate fertilizers. - The Role of Phosphorus in Agriculture, Chapter 12, 311–332.
- ITOH, S. and S.A. BARBER, 1983. Phosphorus uptake by six plant species as related to root hairs. - Agronomy Journal, Vol. 75, 457–461.
- SEMB G. og A. ØIEN, 1960. Orienterende undersøkelse over frigjøring av magnesium fra mineralet olivin. Tidsskr. n. Landbruk 67, 24–30.
- SPENCER, W.F. and I.W. WANDER, 1960. A comparison of magnesium sources for young orange trees. - Proc. Florida State Hort. Soc., Vol. 73, 28–35.

Norges landbrukshøgskole,
 Institutt for jordkultur, Melding nr. 143
 Agricultural University of Norway
 Department of Soil Fertility and Management, Report No. 143

Mottatt i redaksjonen 9. mai 1984

Virkning av olivin og kieseritt i karforsøk med havre og raigras

Effects of olivine and kieserite on oats and Italian rye-grass in pot experiments

Av

LEIF RUUD

Norsk Hydro a.s

SVERRE INGEBRIGTSEN

Institutt for jordkultur

INNHold

I. Innledning	2
II. Beskrivelse av forsøkene	2
III. Forsøk i havre	3
A. Forsøk anlagt 1968	3
B. Forsøk anlagt 1969, 70, 71 og 72	5
C. Magnesium med forskjellig vannløselighet	10
IV. Forsøk i raigras	12
V. Sammendrag	15
VI. Summary	16
VII. Litteratur	16

FORORD

Forsøkene som ligger til grunn for denne meldingen, er utført for Norsk Hydro ved Institutt for jordkulturs karforsøksanlegg som ledd i en forskningsavtale mellom Norsk Hydro og Norges landbrukshøgskole. I følge denne avtalen skal forskningen som utføres, belyse forsøksspørsmål som Norsk Hydro tar initiativ til. Planleggingen av forsøkene har skjedd i samarbeid mellom Norsk Hydro og Institutt for jordkultur.

I. INNLEDNING

Hensikten med forsøkene var å teste Mg-effekten av finmalt olivinsten i sammenligning med kieseritt. Olivinsten består nesten utelukkende av mineralet olivin som er et magnesium-jernsilikat. I forsøkene er anvendt meget finmalt olivinnmel med ca. 94 % < 0,04 mm i kornstørrelse og med et Mg-innhold på 29,6 %. Olivinsten forvitrer relativt lett i jorda, men forvitringen synes å være sterkt avhengig av finmalingsgraden og av jordens pH (SEMB og ØIEN 1960). Mg i olivin løses omtrent ikke i vann, mens Mg i kieseritt er nesten 100 % vannløselig.

II. BESKRIVELSE AV FORSØKENE

Det er i alt utført 6 tre-årige karforsøk, 5 i havre og 1 i ett-årig raigras (tab. 1).

Alle forsøkene er utført med tidligere udyrket, meget moldfattig sandjord, pH 5.3. Jorda var næringsfattig med lavt innhold av magnesium, Mg-AL ca. 1.

Forsøkskarene var 7 liters dobbeltveggede plastkar med mulighet for vanning nedfra. Til vanning ble det brukt avionisert vann. All gjødsel ble blandet inn i jorda før såing.

Havren ble høstet på gulmodningsstadiet, mens raigraset ble høstet ved begynnende skyting 4–5 ganger i sesongen. Tørkede avlingsprøver av hvert ledd ble hvert år sendt Nitrogenlaboratoriet ved Porsgrunn Fabrikker for analyse av Mg og tørrstoffinnhold. I raigras ble det også tatt S-analyse av avlingene det siste forsøksåret.

Tabell. 1. Oversikt over forsøkene
Test programme

Vekst <i>Crop</i>	Forsøksår <i>Testyear</i>	Når forsøksbehandlingen er utført <i>Test applications in</i>
Havre	1968, 69 og 70	Bare 1968 Only 1968
Havre	1969, 70 og 71	Hvert år Each year
Havre	1970, 71 og 72	Hvert år Each year
Havre	1971, 72 og 73	Hvert år Each year
Havre	1972, 73 og 74	Hvert år Each year
Raigras	1972, 73 og 74	Hvert år Each year

Tabell 22. Totalt Mg-opptak i raigras-avlingen ved ulike tilføringsmåter, mg/kar. Middel av Mg-mengder

Total Mg-uptake in yield of Italian ray-grass with two different application methods, mg/pot. Mean of Mg-doses

	Uten Mg	Mg inngrenulert		Mg separat	
		Kieseritt	Olivin	Kieseritt	Olivin
1. forsøksår	111,7	140,2	114,1	146,4	125,4
2. forsøksår	71,3	111,6	79,6	105,6	79,5
3. forsøksår	55,9	108,9	84,5	121,1	98,8
Middel	79,6	120,2	92,7	124,4	101,2
Oppt. Mg i % av tilført		81,2	26,2	89,6	43,2

songen det 3. forsøksåret (tabell 20). Kieseritt ga betydelig høyere Mg-opptak enn olivin både ved bruk av 1 kg og 2 kg Mg/daa (tabell 21). I middel av Mg-mengder ble 85 % av tilført Mg i kieseritt opptatt i avlingen, mens tilsvarende for olivin bare var 35 %. Begge Mg-kildene ga størst opptak av Mg i % av tilført Mg i 3. forsøksår. Ser en bort fra 1. slått var Mg-opptaket fra 2 kg Mg i olivin de 2 siste årene omtrent som fra 1 kg Mg i kieseritt. Separat tilførsel ga også i raigras noe bedre Mg-opptak enn inngranulert i NPK. Dette var tydeligst for olivin (tabell 22).

V. SAMMENDRAG

I årene 1968–72 ble det anlagt 6 tre-årige karforsøk for å teste Mg-effekten av finmalt olivinsten (94 % < 0,04 mm) i sammenligning med kieseritt. Forsøkene ble utført med Mg-fattig, sur sandjord. Mg-kildene ble tilført i mengder tilsvarende 1 og 2 kg Mg/daa, og de ble gitt både ved separat tilførsel og ved inngranulering i NPK. Fem av forsøkene ble utført i havre og et i ett-årig raigras.

Kieseritt hadde betydelig bedre Mg-effekt enn olivin, men også olivin økte avlingsmengde og Mg-opptak opp til største mengde tilført. 1 kg Mg i kieseritt hadde i middel noe større virkning enn 2 kg Mg i olivin.

Begge Mg-kilder hadde større effekt og utnyttelse 3. forsøksår enn i 1. og 2. år. Dette var relativt sett betydelig for olivin. Ved årlig tilførsel av 1 kg Mg ble i middel for 3 år vel 40 % av Mg i kieseritt og vel 20 % av Mg i olivin bortført med havreavlingene. Tilsvarende tall for ettårig raigras, høstet 4–5 ganger årlig, var 96 % og 38 %.

Separat tilførsel ga, med unntak av forsøket i havre startet i 1968, noe bedre effekt enn inngranulert olivin og kieseritt i NPK-gjødsel. For olivins vedkommende kan separat tilførsel ha medført noe større oppløselighet fordi kontakten med den sure forsøksjorda ble bedre.

NPK med 89 % vannløselig Mg inngranulert som kieseritt ga noe større Mg-opptak i havre enn NPK med 73 % vannløselig Mg.

Begge Mg-kildene ga avlingsutslag opp til 2 kg Mg/daa, kieseritt hvert år og olivin 1. og 3. forsøksår. 2 kg Mg i olivin ga likevel mindre avling enn 1 kg Mg i kieseritt (tabell 18). Det var liten avlingsforskjell mellom granulert og separat tilførsel av Mg, men olivin ga hvert år litt bedre resultat ved separat tilførsel (tabell 19).

Kjemiske avlingsanalyser:

Begge Mg-kildene økte både Mg-innholdet og det totale Mg-opptaket i avlingen. Kieseritt ga noe høyere Mg-innhold i 1. slått de to første forsøksårene og hele vekstse-

Tabell 20. Mg-innholdet i raigras-avlingen, ‰.

Middel av Mg-mengder og tilføringsmåter
Mg-content in yield of Italian ray-grass, ‰.
Mean of Mg-doses and application methods

	Uten Mg	Kieseritt	Olivin
1. år			
1. slått	0,11	0,12	0,11
2.-4. slått	0,24	0,25	0,25
2. år			
1. slått	0,09	0,11	0,09
2.-4. slått	0,10	0,11	0,11
3. år			
1. slått	0,06	0,09	0,08
2.-5. slått	0,13	0,16	0,14

Tabell 21. Totalt Mg-opptak i raigras-avlingen, mg/kar.

Middel av tilføringsmåter
Total Mg-uptake in yield of Italian ray-grass, mg/pot.
Mean of application methods

	Uten Mg	1 kg Mg		2 kg Mg	
		Kieseritt	Olivin	Kieseritt	Olivin
1. år					
1. slått	38,9	41,2	37,2	48,3	40,7
2.-4. slått	72,8	92,8	77,2	104,3	84,5
2. år					
1. slått	29,3	42,1	33,2	44,7	28,5
2.-4. slått	42,0	55,0	44,0	75,5	53,5
3. år					
1. slått	8,6	27,7	17,5	37,4	22,6
2.-4. slått	47,3	75,8	67,8	89,2	75,6
Opptak i middel/år	79,6	111,8	92,3	133,1	101,8
Oppt. Mg i ‰ av tilført		95,8	38,1	80,2	33,3

Tabell 2. Kjemisk innhold i NPK-gjødsel, ‰
Nutrient content of test fertilizers, ‰

	Uten Mg	Med Mg i kieseritt	Med Mg i olivin	
			1968	1969-72
Total nitrogen (N)	18,12	17,42	17,28	17,20
Andel NH ₄ -N	57%	55%	56%	56%
Citratløselig fosfor (P)	5,71	5,00	5,20	5,49
Andel vannløselig P	80%	76%	76%	80%
Kalium (K)	13,91	13,28	14,10	13,03
Total magnesium (Mg)	0,14	1,29	1,59	1,66
Andel vannløselig Mg	0%	90-100%	Spor	Spor
Svovel (S)	(0)	1,75	(0)	(0)
Bor (B)	0,03	0,03	0,03	0,03

Forsøksbehandling:

Uten Mg (N, P og K i kjemikalier)

NPK uten Mg (ikke 1968-serien)

1 kg Mg/daa i NPK m/Mg inngranulert som kieseritt

1 kg Mg/daa i NPK m/Mg inngranulert som olivin

1 kg Mg/daa i kieseritt (17.0% Mg) gitt separat

1 kg Mg/daa i olivin (29,6% Mg) gitt separat

2 kg Mg/daa i NPK m/Mg inngranulert som kieseritt

2 kg Mg/daa i NPK m/Mg inngranulert som olivin

2 kg Mg/daa i kieseritt (17.0% Mg) gitt separat

2 kg Mg/daa i olivin (29.6% Mg) gitt separat

I anleggsåret ble alle ledd tilført mikronæring i form av 4 kg/daa mangansulfat, 5 kg/daa kobbersulfat samt boraks og ammoniummolybdat.

De to forsøksseriene som ble anlagt 1969 og 70, hadde med ledd i tillegg til disse for nærmere å belyse betydningen av vannløseligheten av Mg. Dette vil bli beskrevet senere i meldingen.

Alle forsøksledd har i alle forsøk hatt 3 gjentak.

III. FORSØK I HAVRE

A. FORSØK ANLAGT 1968

I dette forsøket ble forsøksbehandlingen bare utført i anleggsåret 1968. Alle ledd fikk like mengder N, P og K enten i form av NPK + kjemikalier (NH₄NO₃, Ca(H₂PO₄)₂ og KCl) eller i kjemikalier alene (ledd med separat tilførsel av Mg). I ettervirkningsårene 1969 og 70 ble alle ledd tilført N, P og K som NH₄NO₃, Ca(H₂PO₄)₂ og KCl. Dette forsøket hadde bare et ledd uten Mg, og dette leddet ble alle tre forsøksår tilført N, P og K i kjemikalier.

Tabell 3. Lufttørr avling, g/kar. Middell av tilføringsmåter
Air-dried yield, g/pot. Mean of application methods

	Uten Mg	1 kg Mg		2 kg Mg		LSD
		Kieseritt	Olivin	Kieseritt	Olivin	
LO-Grain + straw						
1968	72,6	73,2	71,9	75,5	73,2	3,6
1969	22,1	35,4	23,7	46,8	26,5	6,3
1970	25,5	31,9	30,4	37,2	24,8	5,7
Korn-Grain						
1968	32,9	33,7	32,6	33,8	32,8	1,3
1969	11,7	18,9	12,9	24,9	14,4	3,3
1970	13,5	17,1	16,5	19,9	13,0	3,5

Tabell 4. Lufttørr lo-avling ved ulike tilføringsmåter. Middell av Mg-mengder
Air-dried yields, grain + straw, with two different application methods.
Mean of Mg-doses

	Uten Mg	Mg inngrenulert		Mg separat		LSD
		Kieseritt	Olivin	Kieseritt	Olivin	
1968	72,6	77,7	75,7	71,0	69,4	3,6
1969	22,1	39,2	26,1	43,0	24,1	6,3
1970	25,5	35,5	27,2	33,7	28,0	5,7

Avlingsresultater:

Bare leddet uten Mg viste symptomer på Mg-mangel. Symptomene var svake i anleggsåret, men de ble tydeligere det 2. forsøksåret. Avlingsnivået var normalt i anleggsåret, men sterkt redusert i ettervirkningsårene og med ujevne paralleller.

Tab. 3 og 4 gir et sammendrag av avlingsresultatene. I middel for tilføringsmåter var det små avlingsutslag for Mg-tilførsel i anleggsåret, men 2 kg Mg i kieseritt sto best. Det var også positive avlingsutslag på alle ledd som var tilført NPK med Mg inngrenulert, men ikke på ledd som var tilført Mg separat. Som vist i forsøk som omtales senere i denne meldingen, kan dette resultatet trolig skyldes bedre utnyttelse av fosfor i den granulerte gjødsla. Mange har tidligere påvist høyere P-effekt ved bruk av granulert gjødsla på jord med lav pH (ENGELSTAD og TERMAN, 1980).

I ettervirkningsårene var det sikre avlingsutslag for kieseritt. Avlingsutslagene for olivin var små, men stort sett positive. Tilføringsmåten i anleggsåret ga ingen entydige utslag på avlingsresultatet i ettervirkningsårene.

Den sterke avlingsreduksjonen på alle ledd i ettervirkningsårene kan skyldes mangel på Mg, men også S fordi disse næringsstoffene bare ble tilført i anleggsåret. En del av meravlingen på ledd med kieseritt kan derfor skyldes større S-tilførsel til disse leddene.

Kjemiske avlingsanalyser:

Det prosentvise Mg-innholdet som ble lite påvirket av Mg-tilførselen, var i anleggsåret ca. 0,11% og i ettervirkningsårene ca. 0,12%. Det totale Mg-opptaket i lo-

ner i vekstsesongen. Den store avlingsforskjellen mellom Mg-kildene i 1. slått det 3. forsøksåret kan som nevnt, skyldes S-mangel på olivinleddene. Det kan også ha vært S-underskudd på olivinleddene tidligere i forsøket fordi S-tilførselen må ha vært langt mindre enn S-opptaket i avlingen.

S-analyse av avlingen i 3. forsøksår viste at olivinleddene jevnt over hadde et lavere S-opptak enn kieserittleddene ved 1. slått. For det prosentvise S-innholdet i avlingen var imidlertid forholdet omvendt. Ved tilførsel av K_2SO_4 etter hver slått utjevnet forskjellen seg noe, men både S-innhold og S-opptak var likevel stort sett minst på olivinleddene.

Forskjellen i S-tilførsel gjør det vanskelig å tolke forsøket. Avlingsforskjellen mellom de to Mg-kildene fremkom i det alt vesentlige fra 3. slått i 1. forsøksår til 1. slått i 3. forsøksår. Det er også i dette tidsrommet forskjellen i S-tilførsel kan ha hatt størst betydning. Avlingsresultatene viser at kieseritt hele tiden har gitt større avling enn olivin. Det har likevel vært god Mg-effekt av olivin og effekten har som for kieseritt, blitt større med årene.

Tabell 18. Lufttørr avling av raigras ved stigende Mg-mengder, g/kar.
Middell av tilføringsmåter

Air-dried yield of Italian ray-grass with increasing Mg-doses, g/pot.
Mean of application methods

	Uten Mg	1 kg Mg		2 kg Mg	
		Kieseritt	Olivin	Kieseritt	Olivin
1. år	64,9	73,8	66,1	78,9	70,8
2. år	76,4	93,3	84,1	99,6	82,2
3. år	56,1	94,8	82,3	99,2	90,9
Middel	65,8	87,3	77,5	92,6	81,3
% økn. for Mg		32,7	17,8	40,7	23,6

Tabell 19. Lufttørr avling av raigras ved ulike tilføringsmåter, g/kar.
Middell av Mg-mengder

Air-dried yield of Italian ray-grass with two different application methods, g/pot. Mean of Mg-doses

	Uten Mg	Mg inngrenulert		Mg separat	
		Kieseritt	Olivin	Kieseritt	Olivin
1. år	64,9	75,2	67,2	77,5	69,7
2. år	76,4	96,5	83,0	96,2	83,3
3. år	56,1	96,3	83,4	97,7	89,7
Middel	65,8	89,3	77,9	90,5	80,9
% økn. for Mg		35,7	18,4	37,5	23,0

IV. FORSØK I RAIGRAS

Det ble brukt samme forsøksbehandling og forsøksgjødning i raigras som i havre, s. 3. Forsøksbehandlingen ble gjentatt hvert år og alle ledd tilført lik N-mengde, og tilnærmet lik P- og K-mengde ved supplering med NPK uten Mg. Det ene av leddene uten Mg ble tilført N, P og K i form av kjemikalier.

Forsøket ble tilført mikronæringsstoffer og grunnkjødning med 5 kg K i KCl 1. forsøksår og 5 kg K i K_2SO_4 både 2. og 3. forsøksår. Ved overkjødning etter hver slått ble det tilført N og K i form av kalksalpeter og kaliumklorid. I 3. og siste forsøksår ble det observert S-mangel på olivinleddene i 1. slått. Derfor ble det brukt K_2SO_4 ved overkjødning resten av vekstsesongen.

pH i jorda ved siste høsting var 1. forsøksår 5,2–5,4 og 2. forsøksår 5,6–5,7. Ved avslutning av forsøket 3. forsøksår var pH i jorda i middel av Mg-mengde og tilførsningsmåte: Uten Mg, 6,1. Kieseritt 5,9. Olivin 6,1. pH-økningen som har funnet sted fra forsøket ble anlagt, må skyldes overkjødningen med kalksalpeter.

Avlingsresultater:

Avlingsutslagene for Mg er også i dette forsøket bare målt mot leddet med NPK uten Mg fordi Mg-leddene ble tilført N, P og K i form av NPK-gjødning. Forskjellen i avling mellom de to O-leddene var imidlertid svært liten i dette forsøket. En mulig årsak til dette kan være mindre P-binding da pH i jorda etterhvert ble betydelig høyere enn i havreforsøket. Det kan også skyldes at raigrasrøttene har et mer effektivt P-opptak. Forskjellen i P-opptak mellom plantearter er beskrevet av bl.a. ITOH og BARBER 1983.

Tabell 17 viser avlingsutslagene for kieseritt og olivin de enkelte år. Resultatene fra 1. slått er skilt ut for å kunne vurdere om disse avviker fra avlingsresultatene se-

Tabell 17. Lufttørr avling av raigras, g/kar. Middel av Mg-mengder og tilførsningsmåter

Air-dried yield of Italian ray-grass, g/pot. Mean of Mg-doses and application methods

	Uten Mg	Kieseritt	Olivin	LSD
1. år				
1. slått	35,4	37,3	37,0	1,9
2.–4. slått	29,5	39,0	31,4	
2. år				
1. slått	32,6	38,5	33,3	1,5
2.–4. slått	43,8	57,9	49,9	
3. år				
1. slått	14,3	36,1	26,6	1,1
2.–5. slått	41,8	60,9	59,9	
Avling i middel/år	65,8	89,9	79,4	
% økning for Mg	-	36,6	20,7	

Tabell 5. Totalt Mg-opptak i lo-avling, mg/kar. Middel av tilførsningsmåter
Total Mg-uptake in yield, grain + straw, mg/pot. Mean of application methods

	Uten Mg	1 kg Mg		2 kg Mg	
		Kieseritt	Olivin	Kieseritt	Olivin
1969	79,9	73,2	75,6	86,7	73,2
1969	32,2	42,5	29,7	49,2	31,6
1970	30,6	38,3	35,6	42,6	33,4
Sum	142,7	154,0	140,9	178,5	138,3
Oppt. Mg i % av tilf.	-	73,3	0	53,4	0

avlingen i middel av tilførsningsmåter er vist i tabell 5. Bare 2 kg Mg i kieseritt ga økning av Mg-opptaket i anleggåret. Kieseritt ga også i ettervirkningsårene betydelig økning i Mg-opptaket opp til største Mg-mengde, mens olivin bare økte Mg-opptaket litt i 2. ettervirkningsår. I sum ga olivin ikke økt Mg-opptak i forhold til leddet uten Mg.

Tilførsningsmåten hadde liten innvirkning på Mg-opptaket fra kieseritt, mens olivin virket relativt best ved inngranulering (tabell 6).

Tabell 6. Totalt Mg-opptak i lo-avling ved ulike tilførsningsmåter, mg/kar. Middel av Mg-mengder

Total Mg-uptake in yield, grain + straw, with two different application methods. mg/pot. Mean of Mg-doses

	Uten Mg	Mg inngrenulert		Mg separat	
		Kieseritt	Olivin	Kieseritt	Olivin
1968	79,9	81,6	79,4	78,2	69,4
1969	32,2	42,5	32,6	49,2	28,7
1970	30,6	40,5	36,6	40,4	32,4
Sum	142,7	164,6	148,6	167,8	130,5
Oppt. Mg i % av tilf.	-	43,8	11,8	50,2	0

B. FORSØK ANLAGT 1969, 70, 71 OG 72

Forsøksbehandlingen er vist s. 3. I disse forsøksseriene ble forsøksbehandlingen gjentatt hvert år fordi dette harmonerer med årlig bruk av NPK i praksis. Alle ledd ble tilført samme mengde N, mens P- og K-mengdene ble tilnærmet like fordi N-mengdene ble tilpasset ved hjelp av NPK uten Mg. Det ene leddet uten Mg ble tilført N, P og K som NH_4NO_3 , $Ca(H_2PO_4)_2$ og KCl. I seriene 70, 71 og 72 ble det i tillegg gitt 5 kg K i KCl/daa 1. forsøksår og 5 kg K i K_2SO_4 /daa 2. og 3. forsøksår.

Tabell 7. Lufttørr lo-avling, g/kar, på ledd uten Mg, men med forskj. N-, P- og K-tilførsel. Middel av forsøksår

Air-dried yield, grain + straw, g/pot, in treatments without Mg, but with varying N-, P- and K-doses. Mean of testyear

Serie	N,P,K i kjemikalier	NPK
1969	28,8	58,7
1970	27,2	63,3
1971	45,2	58,8
1972	40,0	52,1
Middel	35,1	58,2

Tabell 8. Lufttørr avling, g/kar. Middel av Mg-mengder og tilføringsmåter

Air-dried yield, g/pot. Mean of Mg-doses and application methods

Serie	Lo-Grain + straw				Korn-Grain			
	Uten Mg	Kieseritt	Olivin	LSD	Uten Mg	Kieseritt	Olivin	LSD
1. års forsøk								
1969	51,8	66,7	58,7	4,5	25,2	31,7	28,2	2,3
1970	68,3	75,6	75,1	1,2	34,5	37,2	37,5	1,0
1971	75,4	70,4	69,6	2,0	35,9	35,0	33,9	1,2
1972	80,7	82,0	81,0	2,9	38,0	38,3	38,3	1,3
Middel	69,1	73,7	71,1		33,4	35,6	34,5	
% økn. for Mg		6,7	2,9			6,6	3,3	
2. års forsøk								
1969	64,5	64,5	60,5	4,9	33,0	32,5	31,0	2,5
1970	60,4	59,0	61,0	2,3	29,1	28,3	29,0	1,1
1971	62,8	71,7	61,7	3,9	31,0	34,3	30,3	2,2
1972	45,9	50,5	51,6	1,9	23,4	23,8	25,4	1,1
Middel	58,4	61,4	58,7		29,1	29,7	28,9	
% økn. for Mg		5,1	0,5			2,1	-0,7	
3. års forsøk								
1969	59,7	59,0	58,7	4,4	30,8	29,9	29,2	2,2
1970	61,3	66,1	65,3	2,6	32,1	33,3	33,4	1,2
1971	38,1	51,0	48,8	3,1	18,1	26,7	25,1	2,1
1972	29,8	54,5	46,8	2,6	13,9	29,1	25,8	1,9
Middel	47,2	57,7	54,9		23,7	29,8	28,4	
% økn. for Mg		22,3	16,3			25,7	19,8	
Middel av forsøksår og serie								
Total	58,2	64,3	61,6		28,7	31,7	30,6	
% økn. for Mg		10,5	5,8			10,5	6,6	

Avlingsresultatene (tabell 15) viste små og varierende avlingsforskjeller mellom de to ulike vannløseligheter av Mg. Middeltallene i hver serie i tabell 15 kan sammenlignes direkte med middeltallene i de tilsvarende serier i tabell 9. Det er godt samsvar mellom kieserittleddene.

Mg-opptaket økte opp til største mengde Mg tilført. Mg med høyest vannløselighet ga størst prosentvis Mg-innhold og dermed også størst totalopptak av Mg i avlingen. Meropptaket av Mg var noe større enn hva som kan forklares utfra Mg-kildenes forskjellige vannløselighet. Se tabell 16, opptatt Mg i % av tilført vannløselig Mg.

Middeltallene for hver serie i tabell 16 kan sammenlignes direkte med middeltallene i de tilsvarende serier i tabell 12. Sammenligningen bekrefter at Mg med høy vannløselighet har gitt størst Mg-opptak i avlingen.

Tabell 15. Lufttørr avling av lo, g/kar, ved bruk av Mg med noe forskjellig vannløselighet. Middel av 3 forsøksår

Air-dried yield of grain + straw, g/pot, using Mg of varying water solubility. Mean of 3 testyear

Serie	Uten Mg	1 kg Mg		2 kg Mg	
		73% v.1.	89% v.1.	73% v.1.	89% v.1.
1969	58,7	60,6	58,9	62,5	63,2
1970	63,3	66,7	67,7	66,8	68,6
Middel	61,0	63,7	63,3	64,7	65,9
% økn. for Mg		4,4	3,8	6,1	8,0

Tabell 16. Totalt Mg-opptak i lo-avlingen, mg/kar, ved bruk av Mg med noe forskjellig vannløselighet. Middel av 3 forsøksår

Total Mg-uptake in yield of grain and straw, mg/pot, using Mg of varying water solubility. Mean of 3 testyear

Serie	Uten Mg	1 kg Mg		2 kg Mg	
		73% v.1.	89% v.1.	73% v.1.	89% v.1.
1969	42,8	48,5	49,1	56,2	63,2
1970	44,3	52,8	60,5	62,2	64,0
Middel	43,6	50,7	54,8	59,2	63,6
Oppt. Mg i % av tot. Mg-tilf.					
		21,3	33,6	23,4	30,0
av tilf. v.1. Mg					
		29,5	38,1	32,4	34,0

Tabell 13. Totalt Mg-opptak i lo-avlingen ved ulike tilføringsmåter, mg/kar. Middel av forsøksår og Mg-mengder
Total Mg-uptake in yield, grain + straw, with two different application methods, mg/pot. Mean of testyear and Mg-doses

Serie	Uten Mg	Mg inngranulert		Mg separat	
		Kieseritt	Olivin	Kieseritt	Olivin
1969	42,8	50,0	46,9	78,5	56,0
1970	44,3	60,7	51,5	62,0	54,5
1971	37,8	56,2	43,3	57,5	48,2
1972	39,3	67,8	47,3	63,2	55,4
Middel	41,1	58,7	47,3	65,3	53,5
Oppt. Mg i % av tilført		35,2	12,4	48,4	24,8

C. MG MED FORSKJELLIG VANNLØSELIGHET

Seriene 1969 og 70 innbefattet også ledd for å belyse betydningen av en moderat forskjell i vannløselig Mg.

Forsøksbehandlingen var:

- 1 kg Mg/daa i NPK inngranulert som kieseritt + noe olivin (73% vannløselig Mg)
- 1 kg Mg/daa i NPK inngranulert som kieseritt (89% vannløselig Mg)
- 2 kg Mg/daa i NPK inngranulert som kieseritt + noe olivin (73% vannløselig Mg)
- 2 kg Mg/daa i NPK inngranulert som kieseritt (89% vannløselig Mg)

Tabell 14. Kjemisk innhold i forsøkskjødsler, %
Nutrient content of test fertilizers, %

	NPK med 73% v. 1. Mg	NPK med 89% v. 1. Mg
Total nitrogen (N)	16,66	16,76
Andel NH ₄	56%	56%
Citratløselig fosfor (P)	5,00	5,21
Andel vannløselig P	75%	74%
Kalium (K)	12,12	12,60
Total magnesium (Mg)	1,66	1,46
Andel vannløselig Mg	73%	89%
Svovel (S)	2,27	3,45
Bor (B)	0,03	0,03

Det ble notert symptomer på Mg-mangel på begge O-leddene og på noen av olivin-leddene 1. og 2. forsøksår av serie 1969 og 1. forsøksår av serie 1970. I disse to seriene var avlingsutslagene for Mg størst i 1. forsøksår, mens 71- og 72-seriene først ga avlingsutslag i 2. og 3. års forsøk.

Ved avslutning av forsøkene var jordreaksjonen litt under pH 5. Det var liten forskjell på pH mellom leddene.

Avlingsresultater:

Avlingsutslagene for Mg er bare målt mot leddet som var tilført NPK uten Mg. Det andre leddet uten Mg med N, P og K gitt i kjemikalier ble utelatt fordi det ga langt mindre avling (tabell 7), og fordi alle de andre leddene ble tilført N, P og K i form av NPK-gjødsel. Den dårlige avlingseffekten av rene kjemikalier skyldes sannsynligvis at fosfor ble utsatt for rask og sterk binding i den sure jorda. Fosfor i form av Ca(H₂PO₄)₂ ble tilført i løsning og blandet homogent inn i jorda, mens fosfor inngranulert i NPK (80% vannløselig P) ble bedre beskyttet mot binding. Analyseresultatene i tabell 2 viser et Mg-innhold på 0,14% i den anvendte NPK-typen. Det er lite sannsynlig at dette har gitt et så stort avlingsutslag. Begge leddene uten Mg-tilsetning ble også gitt den samme S-tilførselen gjennom mikronæringsstoffblandingen i anleggsåret og gjennom K₂SO₄ i 2. og 3. forsøksår.

Tab. 8 viser avlingsutslagene for Mg i lo og korn for kieseritt og olivin i middel for Mg-mengder og tilføringsmåter. Begge Mg-kildene ga Mg-effekt i middel av forsøksår og serie, men kieseritt ga større avlingsøkning enn olivin. Det samme var tilfelle hvert av forsøksårene i middel av serie. Dersom forsøksår uten utslag for Mg ikke tas med i sammenstillingen, øker selvsagt avlingsutslaget for Mg, men forholdet mellom Mg-kildene endrer seg lite.

Avlingsøkningen for Mg var statistisk sikker i flere av de enkelte forsøksårene, og i noen av forsøksårene var det også sikker meravling for kieseritt i forhold til olivin. I 3. forsøksår var det sikker meravling for begge Mg-kildene i alle forsøksseriene unntatt 69-serien, men meravlingen for kieseritt var størst.

I tabell 9 er effekten av de to Mg-kildene sammenlignet med bruk av enkel og dobbel dose Mg. Tabellen viser at det har vært nesten rettlinjert avlingsøkning for Mg opp til største mengde. Effektforskjellen mellom Mg-kildene er omtrent den samme ved

Tabell 9. Lufttørr lo-avling ved stigende Mg-mengder, g/kar.

Middel av forsøksår og tilføringsmåter

Air-dried yield, grain + straw, with increasing Mg-doses, g/pot. Mean of testyear and application methods

Serie	Uten Mg	1 kg Mg		2 kg Mg	
		Kieseritt	Olivin	Kieseritt	Olivin
1969	58,7	61,2	57,6	65,5	60,9
1970	63,3	64,9	65,8	68,9	68,5
1971	58,8	63,7	60,4	65,0	59,7
1972	52,1	61,0	58,8	63,6	60,8
Middel	58,2	62,7	60,7	65,8	62,5
% økn. for Mg		7,7	4,3	13,1	7,4

Tabell 10. Lufttørr lo-avling ved ulike tilføringsmåter, g/kar.

Middel av forsøksår og Mg-mengder

Air-dried yield, grain + straw, with two different application methods, g/pot. Mean of testyear and Mg-doses.

Serie	Uten Mg	Mg inngranulert		Mg separat	
		Kieseritt	Olivin	Kieseritt	Olivin
1969	58,7	60,2	56,5	66,6	62,1
1970	63,3	65,0	65,9	68,8	68,3
1971	58,8	63,4	58,4	65,3	61,8
1972	52,2	61,1	57,7	63,5	61,9
Middel	58,2	62,4	59,6	66,1	63,5
% økn. for Mg		7,2	2,4	13,6	9,1

Tabell 11. Mg i lo-avlingen, innhold i % og totalt opptak i mg/kar.

Middel av Mg-mengder og tilføringsmåter

*Mg in yield, grain + straw, % content and total uptake in g/pot.**Mean of Mg-doses and application methods*

	Uten Mg	Mg-innhold, %		Mg-opptak, mg		
		Kieseritt	Olivin	Uten Mg	Kieseritt	Olivin
1. års forsøk						
1969	0,08	0,11	0,09	41,4	77,0	53,1
1970	0,07	0,09	0,07	47,8	64,2	54,5
1971	0,07	0,09	0,07	52,8	63,3	48,8
1972	0,09	0,11	0,09	72,6	90,2	74,9
Middel	0,08	0,10	0,08	53,7	73,7	57,8
Opptak Mg i % av tilført				40,0		8,2
2. års forsøk						
1969	0,07	0,09	0,08	45,2	56,6	48,9
1970	0,07	0,09	0,08	42,3	51,9	50,5
1971	0,06	0,09	0,08	37,7	66,4	49,5
1972	0,06	0,10	0,08	27,5	51,8	42,7
Middel	0,07	0,09	0,08	38,2	56,7	47,8
Opptatt av Mg i % av tilført				37,0		19,2
3. års forsøk						
1969	0,07	0,10	0,09	41,8	59,2	52,9
1970	0,07	0,10	0,08	42,9	68,0	54,0
1971	0,06	0,08	0,08	22,9	40,9	39,1
1972	0,06	0,10	0,08	17,9	54,5	36,4
Middel	0,07	0,10	0,08	31,4	55,7	45,6
Opptatt Mg i % av tilført				48,6		28,4
Middel av forsøksår og serie						
Total	0,07	0,10	0,08	41,1	62,0	50,4
Opptatt Mg i % av tilført				43,8		18,6

de to Mg-nivåene. 2 kg Mg/daa i olivin har gitt samme effekt som 1 kg Mg/daa i kieseritt.

Tabell 10 viser Mg-effekten når Mg-kildene er gitt inngranulert i NPK og gitt separat. Begge Mg-kildene har gitt Mg-effekt både tilført inngranulert og tilført separat, men kieseritt har gitt størst effekt ved begge tilføringsmåter. Ved oppdeling av materialet i 1., 2. og 3. forsøksår endrer de relative forhold mellom Mg-kilder og tilføringsmåter seg lite.

Separat Mg-tilførsel har gitt bedre effekt enn Mg tilført inngranulert i NPK. For olivins vedkommende kan dette ha sammenheng med den lave pH i forsøksjorda som kan ha medført noe større oppløselighet ved homogen innblanding av finmalt olivin. Betydningen av homogen innblanding er tidligere påpekt av SPENCER og WANDER 1960. For kieseritt skulle en derimot ikke vente noen slik effekt.

Kjemiske avlingsanalyser

Både kieseritt og olivin økte tørrstoffets Mg-innhold og det totale Mg-opptaket i avlingen (tab. 11). Kieseritt var betydelig mer effektiv enn olivin, men forskjellen ble noe redusert med årene. I 1. forsøksår ble 40,0% og 8,2% av det tilførte Mg tatt opp i lo-avlingen fra henholdsvis kieseritt og olivin. Tilsvarende tall fra 3. forsøksår var 48,6% og 28,4%.

Forskjellen i favør av kieseritt var like klar ved begge Mg-mengder og ved granulert eller separat tilførsel (tab. 12 og 13). For kieseritt var det rettlinjert økning i Mg-opptaket opp til 2 kg Mg/daa. Olivin ga også noe økning i Mg-opptaket ved dobling av Mg-dosen og Mg-opptaket var da nesten like stort som ved bruk av enkel Mg-mengde i kieseritt.

Begge Mg-kildene ga i middel størst Mg-opptak ved separat tilførsel, men kieseritt inngranulert ga likevel større Mg-opptak enn olivin gitt separat. For olivin var separat tilførsel best i alle 4 forsøksseriene, mens separat tilførsel av kieseritt ikke ga så entydige resultater.

Tabell 12. Totalt Mg-opptak i lo-avlingen ved stigende Mg-mengder, mg/kar.

Middel av forsøksår og tilføringsmåter

Total Mg-uptake in yield, grain + straw, with increasing Mg doses, mg/pot. Mean of testyear and application methods

Serie	Uten Mg	1 kg Mg		2 kg Mg	
		Kieseritt	Olivin	Kieseritt	Olivin
1969	42,8	57,7	52,0	70,9	50,9
1970	44,3	54,0	50,1	68,7	55,9
1971	37,8	50,0	44,1	63,7	47,4
1972	39,3	57,8	49,0	73,1	53,6
Middel	41,1	54,9	48,8	69,1	52,0
Oppt. Mg i % av tilført		41,4	23,1	42,0	16,3