

## Forsøg med kalk og magnesium til forskellige afgrøder på let sandjord

*Lime and magnesium to different crops at light sandy soil*

Anders Gregersen

### Resumé

Virkning og eftervirkning af kalk- og magnesiumtilførsel til forskellige afgrøder på let sandjord er undersøgt ved Jyndeved Forsøgsstation 1956–75. Ved tilførsel af mergel og kalk på jord med reaktionstal 4.6 blev følgende niveauer tilstræbt – Rt 5.0 – Rt 6.0 – Rt 7.0. Disse tre niveauer blev delt i parceller uden og parceller med årlig tilførsel af 500 kg magnesiumsulfat pr. ha. (50 kg magnesium). Magnesium blev tilført i årene 1956–69. Fra 1970 blev der målt eftervirkning af tidligere tilførsel. De fleste af de prøvede afgrøder gav størst udbytte ved Rt på ca. 6.0, roer og majs dog ved lidt højere reaktionstal. Alle afgrøder gav et stort merudbytte for magnesium ved lave reaktionstal og nogen merudbytte ved det høje niveau, medens kun roer, kartofler og tildels majs gav væsentligt merudbytte for magnesium, når reaktionstallet havde et – for afgrøden – gunstigt niveau.

**Nøgleord:** Kalk, magnesium, sandjord

### Summary

Effect and after-effect of lime and magnesium supply to different crops grown on coarse sandy soil were investigated at the danish State Experimental Station at Jyndeved during the years 1956 to 1975.

Three levels of pH – five, six and seven – were obtained by supplying marl and lime to a soil with very low pH-level in the topsoil. These three levels of pH were divided into plots with and plots without magnesiumsulphate. Magnesiumsulphate was applied in annual quantities of 500 kg per ha (50 kg Mg/ha) and brought out during the years 1956–1969. In the following years only after-effect was measured.

Most of the crops showed optimum effect about pH 6.0, but beets and maize would like a little higher pH.

All crops examined gave a great increase in yield for supplying magnesium, when pH was at the low scale, and also good increase if the pH-level was too high, while only beets, potatoes and maize gave essential increase of yield for magnesium supply, when pH was about optimum point for the crop.

**Keywords:** Lime, magnesium, sandy soil

### Indledning

I 1955 gav K. Dorph-Petersen i Tidsskrift for Planteavl under titlen »Magnesiumproblemet for landbrugets planteavl« en redegørelse eller oversigt over det daværende standpunkt i forsøg og

forskning vedrørende planternes forsyning med magnesium, og sluttede denne redegørelse med følgende ord. »Selv om magnesiumproblemet endnu er et lille problem, så kan det stadig stigende udbyttensniveau og de stadig mere rene gødning-

ger bevirke en udvidelse af dette problem til flere jorder samt gøre det mere intensivt. Overgang til kreaturløst landbrug kan også gøre problemet aktuelt.

Derfor bør det nu iværksatte forsøgs- og forskningsarbejde vedrørende magnesium fortsættes og udvides, thi endnu lader vor viden i denne sag meget tilbage at ønske«.

Blandt andet disse ord gav anledning til, at der på et nyerhvervet areal af let sandjord med meget lavt reaktionstal blev anlagt et kalk- og magnesiumforsøg ved Jydevad Forsøgsstation. Forsøget blev indlagt i det almindelige sædskifte (frit sædskifte). Der er således kun resultater fra en enkelt afgrøde pr. år og forsøget er gennemført dels i en periode med årlig tilførsel af magnesium 1956–1969 og dels i en eftervirkningsperiode 1970–75.

#### Forsøgsbetingelser

Forsøget blev anlagt som et split-plot forsøg med tre Rt-niveauer, som primær parceller og magnesiumgødning, som sekundær parceller. Parcellerne lå i en række og havde en størrelse på  $6,5 \times 9,0$  meter. Der var 6 gentagelser.

#### Forsøgsplanen:

1. Reaktionstal ca. 5.
2. Reaktionstal ca. 6.
3. Reaktionstal ca. 7.
- a. Ingen magnesiumgødning.
- b. 500 kg magnesiumsulfat årligt.

Arealet havde ved erhvervelsen i 1954 et reaktionstal i pløjelaget på ca. 4,6 (pH, H<sub>2</sub>O) og blev af forstander N.C. Nielsen, Hedeselskabet karakteriseret som »lignende ukultiveret hedejord«.

Hele arealet blev i 1955 tilført 15 tons mergel pr. ha, med et indhold af ca. 40 pct. kulsur kalk i foreliggende tilstand.

Forsøget blev påbegyndt i 1956 og der blev da til forsøgsled 2 tilført 9 tons kalk og til led 3 blev der tilført 18 tons.

Da de tilførte kalkmængder efter nogle års forløb ikke havde ført til de ønskede niveauer af reaktionstal – blev der i 1958 til led 2 tilført 1.7 tons kalk og 5.1 tons kalk pr. ha til led 3. Yderligere blev der i 1963 tilført mindre kalkmængder til nogle parceller – gradueret efter reaktionstal – for om muligt at opnå ensartet niveau indenfor samme kalktrin. I 1966 blev der til hele arealet tilført 3 tons kalk pr. ha.

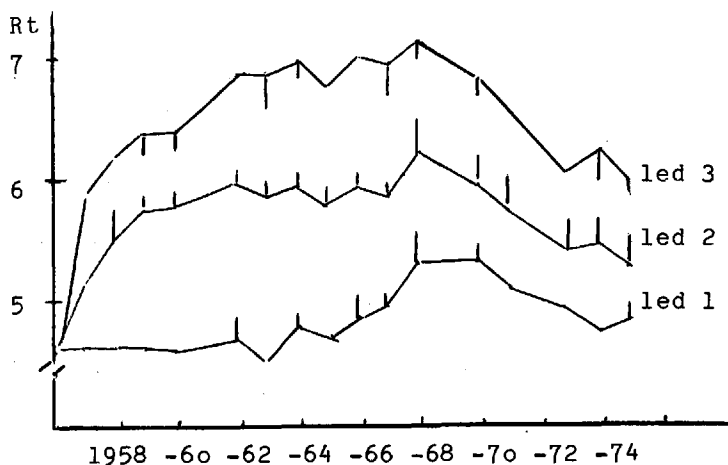


Fig. 1. Reaktionstal for ikke magnesiumgødgede led. »Ryttere« på kurverne angiver magnesiumgødgede ledes afvigelser.

Det ønskede niveau er i følge fig. 1 opnået i led 2 omkring 1960–61, medens leddene 1 og 3 i flere år har ligget en del under det ønskede niveau. Ved tilførsel af kalk til hele forsøgsarealet i 1966 steg reaktionstallet i alle forsøgsled lidt over det ønskede niveau. I leddene 2–3 faldt det ret hurtigt igen, medens det i led 1 i en fire til fem år holdt sig lidt over det ønskede niveau – Rt 5,0.

I eftervirkningsperioden 1970–75 er reaktionstallet i led 1 faldet med ca. ½ enhed, i led 2 med ca. ¾ enhed og ved det høje niveau i led 3 med ca. 1/1 enhed.

## Kalk og magnesiums virkning på udbytteresultater

### Kartofler

Tabel 1 viser udbytteresultater fra 4 års forsøg med kartofler – henholdsvis knold- og tørstofudbytte i hkg pr. ha. Desuden er vist merudbytte for kalktilførsel og merudbytte for magnesium ved forskelligt Rt-niveau i jorden. Der er merudbytte for at øge reaktionstallet fra ca. 5 til ca. 6, men ikke ved en yderligere forøgelse til ca. 7. Merudbyttet for magnesium er størst ved det lave niveau og falder med stigende kalkindhold i jorden.

Tabel 1. Udbytte og merudbytte i kartofler, hkg knolde og hkg tørstof pr. ha

	Udbytte						Merudbytte for kalk				Merudbytte for magnesium		
	Rt 5		Rt 6		Rt 7		Rt 6		Rt 7		Rt 5	Rt 6	Rt 7
	÷Mg	+Mg	÷Mg	+Mg	÷Mg	+Mg	÷Mg	+Mg	÷Mg	+Mg			
<b>hkg knolde</b>													
1957	286	300	310	318	299	320	24	18	13	20	14	8	21
1960	238	252	264	258	255	264	26	6	17	12	14	-6	9
1967	218	356	256	350	278	334	38	-6	60	-22	138	94	56
1975	452	471	509	520	517	508	57	49	65	37	19	11	-9
gens.	299	345	335	362	337	357	36	17	38	12	46	27	20
<b>hkg tørstof</b>													
1957	69,3	72,8	74,7	75,5	70,7	77,1	5,4	2,7	1,4	4,3	3,5	0,8	6,4
1960	46,9	48,9	51,3	50,8	49,3	51,6	4,4	1,9	2,4	2,7	2,0	-0,5	2,3
1967	45,9	79,9	53,4	77,0	58,1	71,5	7,5	-2,9	12,2	-8,4	34,0	23,6	13,4
1975	100,0	105,0	112,8	116,1	112,5	108,9	12,8	11,1	12,5	3,9	5,0	3,3	-3,6
gens.	65,5	76,6	73,0	79,8	72,6	77,2	7,5	3,2	7,1	0,6	11,1	6,8	4,6

Fig. 2 viser udbyttet ved forskelligt Rt-niveau i jorden, henholdsvis med og uden magnesiumtilførsel.

Fremstillingen er baseret på gennemsnitlig tørstofudbytte 1957, 1960 og 1975. Resultaterne fra forsøg med Bintje 1967 er udeladt på grund af usikkerhed overfor dette års resultater, der viser stigende udbytte ved stigende reaktionstal, hvor der ikke tilføres magnesium, men faldende udbyt-

te ved stigende reaktionstal, når der tilføres magnesium.

Fra årene 1967 og 1975 foreligger bedømmelse for skurvangreb på knoldene. Tallene viser hvor stor en procentdel af kartoflernes overflade, der var dækket med skurv. Det fremgår heraf, at det høje Rt-niveau var ødelæggende for Bintje, og Dianella var også stærkest angrebet af skurv ved det høje Rt-niveau.

	Rt ca. 5		Rt ca. 6		Rt ca. 7		LSD <sub>95</sub>
Magnesiumsulfat 1956–69 kg/år	0	500	0	500	0	500	
Bintje 1967	4,0	2,8	6,3	16,9	56,7	57,9	5,8
Dianella 1975	10,2	9,0	7,8	10,5	17,1	12,7	3,6

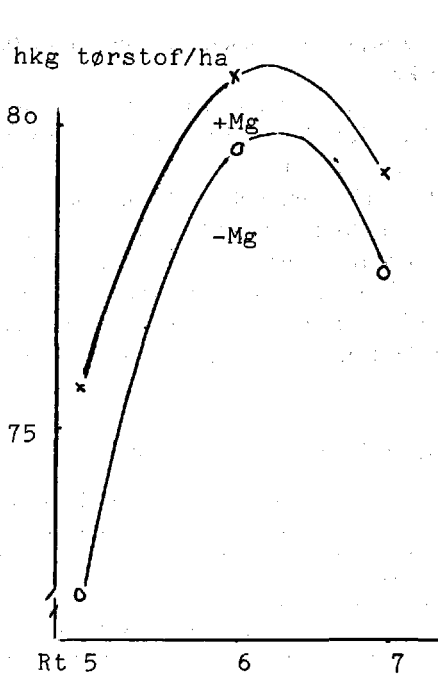


Fig. 2. Tørstofudbytte i kartofler ved forskellig reaktionstal i jorden.

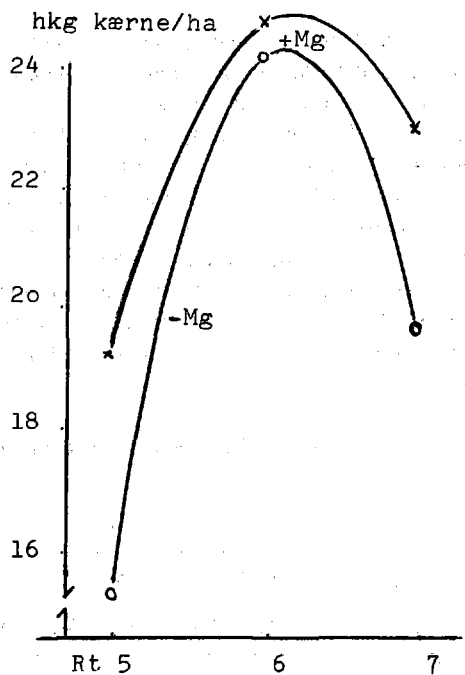


Fig. 3. Kærneudbytte i byg ved forskellig reaktionstal i jorden.

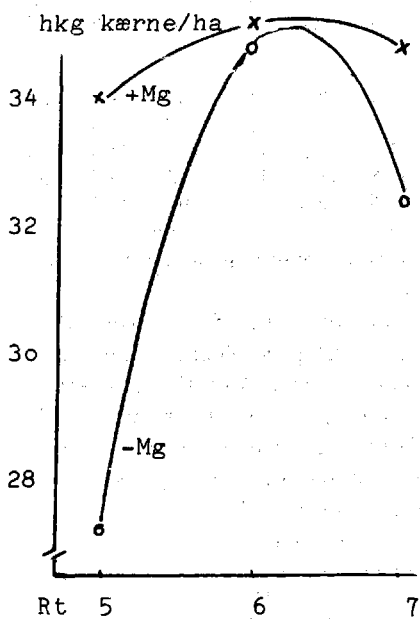


Fig. 4. Kærneudbytte i havre ved forskellig reaktionstal i jorden.

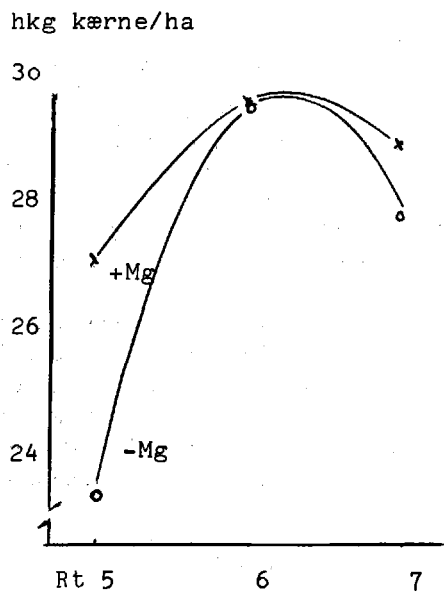


Fig. 5. Kærneudbytte i gens. af flere kornarter og ved forskellig reaktionstal i jorden.

Dianella er dog, som det fremgår af årstallene, dyrket i eftervirkningsperioden, hvor reaktionstallet var faldet lidt fra sit oprindelige niveau. Der kan ikke af de foreliggende resultater udledes noget vedrørende magnesiumtilførsels indflydelse på skurvangreb.

#### Korn

Tabel 2 viser udbytte og merudbytte i kornafgrøder. Som det fremgår af tabellen er der anvendt varierende arter, og 4 af 11 års resultater er fra eftervirkningsperioden.

Alle kornarter har reageret positivt på forøgelse af reaktionstallet fra 5 til 6, men kun hestebønne har reageret positivt på en yderligere forøgelse til Rt 7. Merudbyttet for kalktilførsel er størst hvor der ikke gødes med magnesium.

Der er et ret stort og signifikant merudbytte for tilførsel af magnesium ved lavt Rt-niveau. Der er også signifikant merudbytte ved det høje Rt-niveau, men intet merudbytte ved reaktionstal omkring 6.

For de enkelte afgrøder gælder, at merudbyttet for magnesium er størst i havre og næststørst i byg. Figurerne 3, 4 og 5 viser udbyttet i henholdsvis byg, havre og et gennemsnit af samtlige kornafgrøder inklusive hestebønner og lupin. Kurverne viser udbyttet ved forskelligt Rt-niveau i jorden dels med og dels uden magnesiumtilførsel.

#### Roer og majs

I tabel 3 er vist udbytteresultater fra forsøg i roer og majs, og desuden er der vist merudbytter for tilførsel af henholdsvis kalk og magnesium. I 1963

**Tabel 2.** Udbytte og merudbytte i kornafgrøder, hkg kærne pr. ha med 15 pct. vandindhold

	Udbytte						Merudbytte for kalk				Merudbytte for magnesium		
	Rt 5		Rt 6		Rt 7		Rt 6		Rt 7		Rt 5	Rt 6	Rt 7
	÷Mg	+Mg	÷Mg	+Mg	÷Mg	+Mg	÷Mg	+Mg	÷Mg	+Mg			
<b>Byg</b>													
1958	11,8	13,7	18,7	19,5	20,5	19,8	6,9	5,8	8,7	6,1	1,9	0,8	-0,7
1966	22,1	29,8	38,0	40,1	31,8	34,1	15,9	10,3	9,7	4,3	7,7	2,1	2,3
1971	14,4	15,9	18,5	17,8	17,9	17,9	4,1	1,9	3,5	2,0	1,5	-0,7	0,0
1973	12,9	17,7	22,0	21,9	18,7	20,7	9,1	4,2	5,8	3,0	4,8	-0,1	2,0
gens.	15,3	19,3	24,3	24,8	19,7	23,1	9,0	5,5	4,4	3,8	4,0	0,5	3,4
<b>Havre</b>													
1964	23,5	33,7	34,4	32,7	29,7	32,9	10,9	-1,0	6,2	-0,8	10,2	-1,7	3,2
1972	36,8	45,9	48,0	49,9	46,4	49,1	11,2	4,0	9,6	3,2	9,1	1,9	2,7
1974	20,6	23,0	23,0	23,8	21,6	23,4	2,4	0,8	1,0	0,4	2,4	0,8	1,8
gens.	27,0	34,2	35,1	35,5	32,5	35,1	8,1	1,3	5,5	0,9	7,2	0,4	2,6
<b>Rug</b>													
1962	31,5	34,4	36,0	36,0	35,3	37,6	4,5	1,6	3,8	3,2	2,9	0,0	2,3
1968	36,2	38,1	36,5	36,7	36,4	36,8	0,3	-1,4	0,2	-1,3	1,9	0,2	0,4
gens.	33,9	36,2	36,2	36,4	35,9	37,2	2,3	0,2	2,0	1,0	2,3	0,2	1,3
<b>Lupin</b>													
1961	25,2	27,2	31,8	28,2	26,5	27,3	6,6	1,0	1,3	0,1	2,0	-3,6	0,8
<b>Hestebønne</b>													
1969	18,5	18,5	19,0	19,3	21,3	21,3	0,5	0,8	2,8	2,8	0,0	0,3	0,0

Tabel 3. Udbytte og merudbytte i roer og majs, hkg tørstof pr. ha i henholdsvis rod og top, kolber og stængler

	Udbytte						Merudbytte for kalk				Merudbytte for magnesium		
	Rt 5		Rt 6		Rt 7		Rt 6		Rt 7		Rt 5	Rt 6	Rt 7
	÷Mg	+Mg	÷Mg	+Mg	÷Mg	+Mg	÷Mg	+Mg	÷Mg	+Mg			
<b>tørstof i rod</b>													
1963 .....	24,2	68,2	83,4	98,8	82,5	96,4	59,2	30,6	58,3	28,2	44,0	15,4	13,9
1965 .....	16,0	92,6	75,1	105,6	81,8	105,0	59,1	13,0	65,8	12,4	76,6	30,5	23,2
1970 .....	97,9	107,9	105,2	111,6	104,6	109,6	7,3	3,7	6,7	1,7	10,0	6,4	5,0
gens. ....	46,0	89,6	87,9	105,3	89,6	103,7	41,9	15,7	43,6	14,1	43,6	17,4	14,1
<b>tørstof i top</b>													
1963 .....	9,2	24,7	28,7	33,4	27,0	31,8	19,5	8,7	17,8	7,1	15,5	4,7	4,8
1965 .....	6,2	15,4	18,2	22,0	21,3	22,6	12,0	6,6	15,1	7,2	9,2	3,8	1,3
1970 .....	23,7	24,8	25,8	25,3	26,9	29,5	2,1	0,5	3,2	4,7	1,1	-0,5	2,6
gens. ....	13,0	21,7	24,2	26,9	25,1	28,0	11,2	5,2	12,1	6,3	8,7	2,7	2,9
<b>gennemsnit - rod + top</b>													
	59,0	111,3	112,1	132,2	114,7	131,7	53,1	20,9	55,7	20,4	52,3	20,1	17,0
<b>1971</b>													
Kolber .....	8,6	21,5	26,5	31,0	32,0	32,2	17,9	9,5	23,4	10,7	12,9	4,5	0,2
Stængler .....	12,8	25,6	26,7	32,5	34,1	36,8	13,9	6,9	21,3	11,2	12,8	5,8	2,7
Sum .....	21,4	47,1	53,2	63,5	66,1	69,0	31,8	16,4	44,7	21,9	25,7	10,3	2,9

hkg tørstof/ha

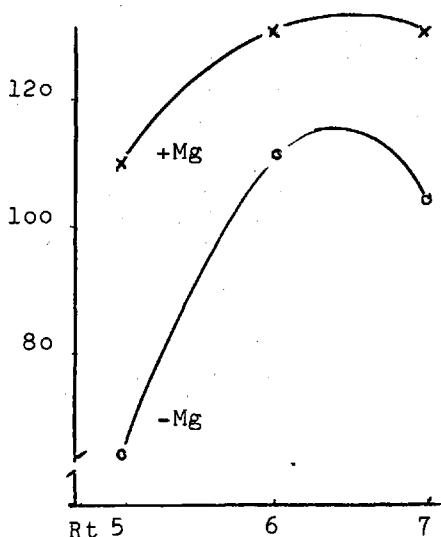


Fig. 6. Tørstofudbytte i roer ved forskellig reaktionstal.

hkg tørstof/ha

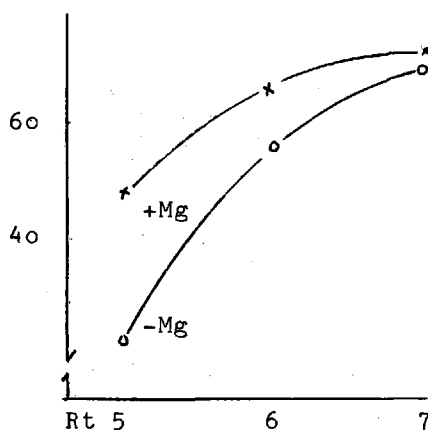


Fig. 7. Tørstofudbytte i majs ved forskellig reaktionstal.

var afgrøden fodersukkerroer, gul Dæno, i 1965 og 1970 kålroer, Bangholm Wilby Øtofte.

Der var et stort merudbytte for at hæve reaktionstallet fra ca. 5 til ca. 6, men kun et lille og ikke signifikant merudbytte for at øge fra 6 til 7. Merudbyttet for kalktilførsel reduceres væsentligt ved tilførsel af magnesium. To af årene med roeafgrøde falder i perioden, hvor der blev tilført magnesium og et år – 1970 – i eftervirkningsperioden. I 1971 blev arealet delt således, at der dette år var to afgrøder – majs til grønhøstning og byg. Majs til grønhøstning gav et pænt merudbytte både for kalk og for tidligere magnesiumtilførsel, men udbyttet var på grund af tørke ikke særlig stort.

I figurerne 6 og 7 er vist udbytte ved forskelligt Rt-niveau i jorden dels med og dels uden magnesiumtilførsel.

### Jordbundstal

Forsøgsarealets Rt-niveau er vist i fig. 1 og omtalt under forsøgsbetingelser. Fig. 8 viser magnesiumstallenes forløb fra 1957 og til 1975. Forsøgs-gødningen har bevirket en stor forskel på led med og led uden magnesiumtilførsel. Den mindste forskel ses i leddene ved lavt Rt-niveau. Dette kan skyldes udvaskning – »Magnesium udvaskes lettest ved lavt niveau« (Henriksen 1963) – men kan måske også skyldes, at magnesium indgår som erstatning for calcium, når indholdet af calciumioner i jordvæsken er relativt lille. Efter at magnesiumtilførselen er ophørt nærmer tallene for led med og led uden tidligere tilførsel sig hurtigt hinanden. Differencerne var i 1975 ved de tre Rt-niveauer henholdsvis 0,20, 0,45 og 0,35.

Ved forsøgets afslutning i 1975 var der ikke meget forskel på fosforsyretil, enten der var tilført magnesium eller ej. Mellem de forskellige kalktrin var der en forskel på maksimalt ½ enhed. Laveste kalktrin havde mindste fosforsyretil, højeste kalktrin højeste fosforsyretil. I kaliumtallene var der gennem forsøgsperioden opstået en mindre forskel ved forskellige reaktionstal i jorden. Stigende kaliumtal ved stigende Rt-niveau. Dette må skyldes mindre udvaskning af kalium, da det næppe kan skyldes mindre forbrug. »Ved

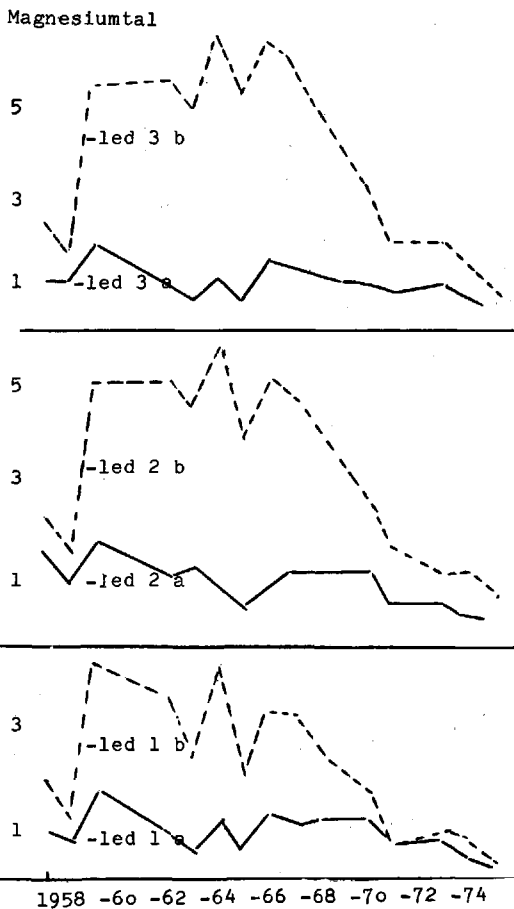


Fig. 8. Magnesiumtal 1957-1975.

kalkning af jorden bliver brintionerne ombyttet med calcium- og magnesiumioner, hvilket letter kaliums indbytning, således, at kaliumudvaskningen mindskes« (F. Steenbjerg 1965).

### Diskussion

Som basismateriale for kurverne i figurerne 2-7 er der udbyttetotal ved 3 Rt-niveauer, dels uden og dels med samtidig magnesiumgødning. Kurvernes endelige form er fastlagt ved en ikke lineær regression – least squares parabola – efter ligningen  $y = a + bx + cx^2$ , hvor  $y$  er lig udbytte og  $x$  reaktionstal.

For de fleste afgrøder synes udbyttet at toppe ved reaktionstal på ca. 6,2. Roer dog ved ca. 6,5, medens majs synes at foretrække endnu højere reaktionsforhold i jorden. Det samme synes at være tilfældet for hestebønne (ikke angivet grafisk), men både for hestebønne og majs gælder, at der kun foreligger et års resultater.

På kurverne over magnesiumtal fig. 8 kan man næsten aflæse hvilke afgrøder, der har været i marken det pågældende år. Om det har været en magnesiumkrævende afgrøde, som roer eller kartofler eller om det har været en kornafgrøde, der er mindre magnesiumkrævende. I 1959 blev afgrøden fuldstændig ødelagt af tørke og der er næsten ikke fjernet plantemateriale fra marken. Der ses da også en kraftig stigning i magnesiumtallene fra 1958 til 1959. Efter kartofler 1960 er der ikke analyseret for magnesium i jorden, men 1963 efter bederoer og 1965 efter kålroer viser begge et kraftigt dyk i magnesiumtallene. Efter kartofler i 1967 er der også et fald i tallene. Dette synes dog også at være tilfældet efter korn i 1968. I 1969 – det sidste år, der er tilført magnesium, er der ikke taget jordprøver, men kurverne viser et kraftigt fald fra 1968 til 1971. Derefter flader kurverne noget ud og nærmer sig et parallelt forløb med kurverne for parceller, der ikke har fået tilført magnesium i forsøgsperioden.

Der er i alle afgrøder et stort merudbytte for magnesium, når reaktionstallet er lavt. Ved optimalt Rt-niveau er merudbyttet for magnesium – meget lille eller nul i kornafgrøder, medens der igen ved for højt Rt-niveau er en gunstig virkning af magnesiumtilførsel. Et tilsvarende billede viser roer og kartofler, men i disse afgrøder er der dog ved alle Rt-niveauer et ret stort merudbytte for magnesiumtilførsel.

## Økonomi og konklusion

I gennemsnit af alle afgrøder viser 2b – kalkning til Rt ca. 6 og tilførsel af magnesium – det bedste økonomiske resultat, når hosstående priser for indsats og udbytte lægges til grund for en økonomisk vurdering. Regnes der alene på kornafgrøderne er led 2 a – Rt-niveau 6 og ingen magnesiumtilførsel – bedst.

Det er således roernes og kartoflernes gode »betaling« for magnesium, der bevirker, at 2 b som helhed er bedst.

Konklusion heraf må være, at man selv på meget magnesiumfattig jord, som i dette forsøg kan undlade egentlig magnesiumgødsning til korn, når blot reaktionstallet er omtrent optimalt for arealet. Anvendelse af magnesiumholdigt PK- eller NPK-gødning vil være tilstrækkeligt.

Derimod vil roer og kartofler kunne betale for et egentligt tilskud af magnesium i form af kieserit eller magnesiumsulfat.

En hovedkonklusion må være, at der først og fremmest bør stiles efter optimal Rt-niveau til de forskellige afgrøder.

Anvendte priser.

Kalk spredt på marken 63,- kr. pr. tons

Magnesiumsulfat 63,- kr. pr. 100 kg

Kartofler 30,- kr. pr. hkg

Korn 90,- kr. pr. 100 kg

Roer 50,- kr. pr. afgrødeenhed.

## Litteraturliste

*Dorph-Petersen, K.*, 1955: Magnesiumproblemet for landbrugets planteavl. Tidsskrift for planteavl, 58, 369–395.

*Henriksen, Aage*, 1963: Om magnesiumbinding i jordbunden. Tidsskrift for planteavl, 67, 468–474.

*Steenbjerg, Folmer*, 1965: Planternes ernæring. D.S.R. Forlag.

Manuskript modtaget den 28. september 1976.