

# Kalkningens virkning på sure jorders fosfattilstand.

Ved K. Dorph-Petersen.

## 463. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

1943—44 er der anlagt fastliggende markforsøg med kalk og superfosfat på statens forsøgsstationer ved Jydevad og Tystofte samt på A/S De Danske Spritfabrikkers gård »Trinderup«. Da disse forsøg viste, at kalktilførsel påvirkede jordernes fosfattilstand, blev årsagerne hertil søgt belyst gennem laboratorieundersøgelser af jordprøver fra markforsøgene. Nærværende beretning omfatter resultaterne af de første 8—9 års afgrøder i disse tre markforsøg samt en beskrivelse af laboratorieundersøgelserne og resultaterne deraf.

Beretningen er udarbejdet af afdelingsbestyrer K. Dorph-Petersen, der har udført nævnte laboratorieundersøgelser.

Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Beretningen omfatter følgende afsnit:

	side
Indledning .....	178
I. Dyrkningsforsøg .....	179
a. Tidligere publicerede forsøgsresultater .....	180
b. Forsøg på Jydevad, 1944—51 .....	184
c. Forsøg på Trinderup, 1943—51 .....	197
d. Forsøg ved Tystofte, 1944—51 .....	202
II. Laboratorieundersøgelser af jord fra kalkforsøg .....	206
a. Mineraliseringen af organiske fosforforbindelser .....	206
b. Undersøgelser over jordfosfaternes opløselighedsforhold .....	209
III. Oversigt .....	217
Summary .....	218
Litteraturfortegnelse .....	219

Det er almindeligt anerkendt, at de positive eller negative udbytteændringer, som kalkning af jorder fremkalder, kun i ringe grad skyldes direkte virkning af den ved kalktilførselen formindskede brintionkoncentration eller den forøgede mængde calcium i jorden. Sandsynligvis skyldes udbytteændringerne ved kalkning hovedsagelig indirekte virkninger af vidt forskellig art. Således påvirkes flere plantenæringsstoffers tilgængelighed — især mangan og bor — af kalktilførsel. Endvidere kan nævnes, at kalkning af sur jord hæmmer enkelte parasitære plantesygdomme (kålbrot, rodbrand i bederoer) og fremmer andre (kartoffelskurv).

Gennem de foreliggende forsøg og undersøgelser er det sandsynliggjort, at kalkning også påvirker jordens fosfattilstand. Ved en jords fosfattilstand forstås her afgrødernes mulighed for at optage fosfat fra jorden, således som denne kan måles i dyrkningsforsøg. Ved bedømmelsen af fosfattilstanden (eller ændring deri) ud fra forsøgsresultater må man dog altid skønne, om afgrøderne har udnyttet muligheden for fosfatoptagelse fuldt ud, eller deres udvikling har været begrænset af andre forhold.

Det må antages, at kalkning kan påvirke jordens fosfattilstand på flere måder, hvoraf de vigtigste er: 1. Forøgelse af mængden af tilgængeligt, uorganisk fosfat gennem øget mineralisering af utilgængelige, organiske fosforforbindelser. 2. Ændring af de tilgængelige, uorganiske fosfaters optagelseshastighed og i sidstnævnte henseende kan kalkningen medføre såvel forbedring som forringelse af jordens fosfattilstand. Det er derfor muligt, at ændringer i jordens fosfattilstand både er medvirkende til at frembringe den udbyttestigning, som moderat kalkning af sur jord i reglen medfører, såvel som den udbyttenedgang, der ofte er resultatet af en for stærk kalkning. I nærværende beretning behandles især det spørgsmål, om ændring af jordens fosfattilstand er en af årsagerne til udbyttestigningen ved kalkning af sur jord, medens spørgsmålet, om forringelse af fosfattilstanden er en af årsagerne til udbyttenedgangen ved overkalkning, må lades ubesvaret, da de foreliggende forsøg kun giver få oplysninger herom.

I beretningens første afsnit er gennemgået resultaterne af en række dyrkningsforsøg (mark- og karforsøg), der viser, at

kalkning påvirker jordens fosfattilstand. Derefter er der i andet afsnit eftersøgt årsagerne til en sådan ændring ved hjælp af laboratorieundersøgelser.

### I. Dyrkningsforsøg.

Inden gennemgangen af det foreliggende forsøgsmateriale må det fastslås, hvorledes man ud fra resultater af dyrkningsforsøg (mark- og karforsøg) kan erkende, at kalkning påvirker jordens fosfattilstand.

I forsøg med forskellige kalkmængder finder man ofte, at udbyttet stiger med stigende kalktilførsel indtil en vis optimalmængde (forskellig fra jord til jord), hvorefter det aftager ved yderligere kalktilførsel (*Dorph-Petersen, 1947 (1)\**). Om en ændring af jordens fosfattilstand har været medvirkende til at fremkalde denne udbyttekurve, kan i nogen grad belyses ud fra fosfatanalyser i afgrøderne fra de forskelligt kalkede forsøgsled, sammenholdt med erfaringer fra afgrødeanalyser i flersidede gødningsforsøg (*Iversen og Dorph-Petersen, 1949 og 1951 (2 og 3)*). Ifald udbytte, afgrødernes procentiske fosfatindhold og den optagne mængde fosfat stiger med tiltagende kalktilførsel, er forbedring af jordens fosfattilstand sandsynligvis en af de væsentlige årsager til udbyttetigningen. Hvor udbyttet og den optagne mængde fosfat stiger, medens det procentiske fosfatindhold i afgrøderne er upåvirket eller svagt aftagende med stigende kalktilførsel, er forbedring af jordens fosfattilstand mulig, men usikker. Kun hvor udbyttet stiger ved kalkning, uden at den optagne mængde fosfat øges (d. v. s. pct. P i afgrøden aftager), tør man slutte, at kalkningen ikke har forbedret jordens fosfattilstand.

Hvor overkalkning nedsætter udbyttet, tør man kun antage, at ændring af jordens fosfattilstand har været en væsentlig årsag til udbyttenedgangen, ifald afgrødens procentiske fosfatindhold aftager stærkt med stigende kalktilførsel. Det bedste bevis for, at udbyttenedgang ved overkalkning skyldes fosfatmangel, er dog, at denne udbyttenedgang kan imødegås ved tilførsel af fosfat.

I forsøg med kombinationer af to eller flere kalkmængder og

\*) Tallene i parentes henviser til litteraturfortegnelsen s. 219.

to eller flere mængder af en vandopløselig fosfatgødning — superfosfat — kan man ofte ud fra udbyttetallene alene drage slutninger om kalkningens indvirkning på jordens fosfattilstand, og afgrødeanalyser i sådanne forsøg kan anvendes som nævnt ovenfor.

I de tilfælde, hvor fosfatgødning uden kalktilførsel giver et meget stort merudbytte, må fosfat betragtes som den udbyttebegrænsende faktor, og ifald kalktilførsel uden fosfattilførsel alligevel giver en betydelig udbytteforøgelse, må en del af årsagen hertil være, at kalkning forbedrer jordens fosfattilstand. Ifald både fosfatgødning og kalk hver for sig giver udbytteforøgelse, medens vekselvirkningen mellem dem er ringe eller negativ, må kalk og fosfat være delvis ensvirkende vækstfaktorer, d. v. s. at kalkningen forbedrer jordens fosfattilstand. Det må dog påpeges, at det forhold, at kalk og fosfatgødning er ensvirkende vækstfaktorer, også kan skyldes, at fosfat indgår i en af kalkens funktioner. I denne forbindelse skal nævnes, at en af kalkningens vigtigste funktioner antagelig er at nedsætte jordvædskens indhold af opløste, vækstskaadelige stoffer, især aluminium- og manganioner. Da fosfat udfælder disse stoffer i tungtopløselige forbindelser, kan kalk og fosfat i denne henseende også blive ensvirkende faktorer.

Inden forelæggelsen af resultaterne af de i 1943—51 udførte markforsøg, skal der gives en kort gennemgang af de tidligere publicerede forsøgsresultater, begyndende med danske.

#### a. Tidligere publicerede forsøgsresultater.

De mange, store kalkforsøg, der er udført her i landet, viser kun, at kalkning af sur jord i reglen bevirker en udbytteforøgelse, og at stærk kalkning kan medføre udbyttenedgang (1). Om årsagen til en del af disse udbytteændringer skal søges i kalkningens ændring af jordens fosfattilstand, kan forsøgene ikke oplyse, idet der ikke foreligger fosfatanalyser i afgrøderne.

Af forsøg med kalk og superfosfat foreligger der kun resultater af to serier. I 1944—48 er der af Statens Marskforsøg udført udstationerede forsøg på 4 klægarealer i Vestjylland (*Tind-Christensen*, 1951 (4)). Resultaterne fra forsøgene i korn var følgende:

Forsøgssted	Rt i ukalket	Antal afgrøder	Udbytte i hkg kærne pr. ha			
			ugødet	kalk 15-20 t	supf. 1000 kg	kalk + supf.
Fiilsø.....	5.1	1	33.7	31.7	34.4	34.9
Nissum enge.....	5.1	3	17.9	20.3	18.4	19.9
Velling fjordenge.....	4.9	4	23.0	28.3	37.0	41.5
Velling Mærsk.....	5.6	4	13.8	21.8	29.0	37.7

I de to førstnævnte forsøg er virkningen af såvel kalkning som gødskning med superfosfat lille og usikker, medens der i forsøgene ved Velling er stort merudbytte for såvel kalk som superfosfat. Da superfosfat giver så stort merudbytte, må det skønnes, at fosfatmangel har været udbyttebegrænsende faktor på ugødet, og da kalk alene har forøget udbyttet, må kalkningen nødvendigvis have ændret jordens fosfattilstand. Til trods for den store virkning af kalk- og fosfattilførsel er vekselvirkningen mellem dem ubetydelig eller negativ, hvilket tyder på, at der er tale om ensvirkende vækstfaktorer, d. v. s., at en af kalkningens funktioner er en forbedring af jordens fosfattilstand.

Foreningen af jydsk Landboforeninger (5) har i 1948—49 gennemført en serie forsøg med kalk og superfosfat på østjydske lerjorder. Plan og forsøgsresultater fremgår af følgende:

Forsøgssted	År	Rt i grundg.	Afgrode	Udb., hkg roer el. kærne pr. ha			
				grund- gødet	2000 kg supf.	5 tons kalk	kalk + supf.
Ø. Grunnet .....	1948	6.3	kålroer	844	920	852	907
— .....	1949	—	byg	54.5	55.6	55.6	56.9
Eskjærsgaard.....	1948	7.2	bederoer	531	620	521	582
— .....	1949	—	byg	44.8	46.2	47.2	49.7
Bruunsege .....	1948	6.5	bederoer	399	520	437	525
— .....	1949	—	byg	36.4	39.3	39.3	41.4
Fovslet .....	1948	6.8	havre	39.3	38.8	37.3	39.3
— .....	1949	—	hvede	42.9	42.1	41.4	44.3
Brunde .....	1948	7.1	kålroer	683	710	677	714
Thyrasminde.....	1948	6.7	bederoer	483	514	461	505
Hemstok.....	1948	6.8	byg	30.5	35.4	31.0	31.3
Ry.....	1948	6.2	byg	31.2	32.5	27.2	31.0

I disse forsøg er der ingen eller ringe udbytteforøgelse for kalkning, og selv i de forsøg, hvor superfosfat har en tydelig virkning, er det usikkert, om kalkningen har ændret merudbyttet for superfosfat.

I tilslutning til disse direkte forsøg kan nævnes et i 1924—38 gennemført gødningsforsøg med kvælstof, fosfor og kalium på marskjord ved Ribe (*Tind-Christensen* 1948 (6)). I de første 5 forsøgsår, hvor arealet var kalktrængende, gav superfosfat et ret stort merudbytte (10.1 hkg hø pr. ha), men efter at arealet var blevet kalket, steg udbytteneiveauet, og merudbyttet for superfosfat aftog (3.4 hkg hø pr. ha). Det er iøvrigt en almindelig erfaring, at fosfatmangelen kan imødegås med kalkning på disse marskarealer.

Der foreligger flere opgørelser af lokale markforsøg, som viser, at merudbyttet for superfosfat er større i forsøg på kalktrængende jorder end i forsøg på jorder med højere reaktions-tal. Dette synes at vise, at kalkning forbedrer jordernes fosfat-tilstand, men da man ikke tør antage, at de kalktrængende og ikke-kalktrængende jorder har været gødet ens med fosfat inden forsøget (den modsatte antagelse er vel sandsynligere), tør man ikke ud fra en sådan opgørelse drage nogen slutning om kalkningens indflydelse på jordernes fosfattilstand.

I faglitteraturen fra U.S.A. og vore nabolande er fundet en del arbejder vedrørende det her omhandlede emne, men resultater fra gode markforsøg er sjældne.

*Salter og Barnes*, 1935, (7), omtaler flere forsøg udført på Ohio Agricultural Experiment Station. I 1894—1933 gennemførtes forsøg med forskellige fosfatgødninger, bl. a. superfosfat, på ukalket og kalket jord; 1925 var Rt henholdsvis 4.8 og 7.5. I gennemsnit af hele forsøgstiden var udbyttet af kornafgrøderne følgende:

	Udbytte i bushels pr. acre			
	ukalket jord		kalket jord	
	uden supf.	med supf.	uden supf.	med supf.
Majs.....	27.7	41.9	45.3	55.4
Havre.....	32.2	49.6	43.0	52.1
Hvede.....	12.6	28.5	18.6	33.2

Da såvel tilførsel af superfosfat (ca. 100 kg pr. ha årlig) som kalkning (2.2 tons  $\text{CaCO}_3$  pr. ha hvert 5. år) har givet stort merudbytte, må kalkningen have forbedret jordens fosfattilstand. Som det fremgår af følgende gennemsnitsresultater fra 5

majsafgrøder, har et andet forsøg på samme forsøgsstation ikke givet samme billede.

	Udbytte i hushels pr. acre uden superf. med superf.	
Ukalket, Rt 4.5 . . . . .	15.3	13.6
Kalket til Rt 5.0 . . . . .	24.6	28.1
— — — 6.0 . . . . .	28.6	31.7
— — — 7.0 . . . . .	35.6	37.8
— — — 8.0 . . . . .	34.5	32.5

Kalkvirkningen er meget stor, men da merudbyttet for superfosfat er lille, kan en ændring af jordens fosfattilstand ikke være en væsentlig årsag til den store udbyttetigning fremkaldt af kalkning.

Fire små enårige markforsøg (uden fællesparceller) i vinterært og -vikke, offentliggjort af *Davis og Brewer, 1940, (8)*, viser, at kalkning antagelig har forbedret jordernes fosfattilstand.

*Paauw, 1950, (9)*, viser i grafiske fremstillinger udbyttet af et 6-årigt forsøg med 5 kalkningstrin (Rt fra 4.2 til 6.3) kombineret med 5 mængder superfosfat (0—1000 kg pr. ha). Det fremgår heraf, at superfosfat alene giver så stort merudbytte, at fosfat må betragtes som udbyttebegrænsende faktor. Da moderat kalkning alene forøger udbyttet, må dette bero på, at kalktilførselen forbedrer jordens fosfattilstand.

I et oversigtsarbejde om kalk- og fosfatvirkning på sur jord har *Gericke, 1951, (10)*, anført resultaterne af 10 3—4 årige markforsøg på stærk sur jord — Rt 4.4—4.7 på ukalket. Af ialt 38 forsøgsafgrøder har 28 kornafgrøder givet følgende gennemsnitsudbytte:

	Udbytte i hkg kærne pr. ha uden superf. med superf.	
Uden mergel . . . . .	15.2	17.8
1.6 t mergel pr. ha . . .	16.3	21.8
2.6 t — — — . . .	17.8	23.5
3.7 t — — — . . .	18.5	24.0

Både mergel og fosfat har givet moderat merudbytte, og der er tydelig positiv vekselvirkning. En gennemgang af de enkelte forsøgsresultater viser store uregelmæssigheder i disse, således at der hverken af de enkelte forsøgsresultater eller deres gennemsnit kan udledes nogen oplysning om kalkningens ind-

virkning på jordernes fosfattilstand. De i nedenstående oversigt anførte tal for afgrødernes fosfatindhold i forsøgsleddene uden superfosfat tyder dog på, at kalkningen har medført nogen ændring i fosfattilstanden.

	Afgrødernes fosfatindhold, kg $P_2O_5$ pr. ha
Uden mergel . . . . .	24.0
1.6 t mergel pr. ha . . .	26.9
2.6 t — — — . . . . .	29.2
3.7 t — — — . . . . .	29.4

*Gericke* henviser også til resultater offentliggjort af *L. Schmitt*, 1933 (originalarbejdet er ikke kendt), hvorefter der i flerårige markforsøg med kalk og fosfatgødning er opnået en forøgelse i fosfatoptagelsen ved kalktilførsel.

Forsøg nr.	29 gens. af 5 år . . . . .	kg $P_2O_5$ pr. ha i afgrøderne uden superfosfattilførsel.	
		uden kalk	med kalk (4 t pr. ha)
—	—	11.2	19.0
—	— 34 — — 5 — . . . . .	11.5	16.9
—	— 1215 — — 9 — . . . . .	10.2	17.6

En gennemgang af de enkelte års udbyttetetal viser, at både fosfat alene og kalk alene ofte har givet store udbyttetigninger, således at man kan slutte, at kalken har forbedret jordernes fosfattilstand.

Spørgsmålet om kalkningens indvirkning på afgrødernes fosfatoptagelse er også undersøgt i adskillige karforsøg. Her kan særlig fremhæves forsøg udført af *Franck*, 1937, (11) og *Semb*, 1943, (12), der tydeligt viser, at kalkning af sur jord kan forbedre dens fosfattilstand væsentligt; kun hvor jorden er meget fosfatfattig, er kalkens virkning på fosfattilstanden af underordnet betydning.

#### b. Forsøg på Jyndevad 1944—51.

På let, grovkornet sandjord blev i 1942 anlagt forsøg omfattende følgende fire kalkmængder:

- A. Ukalket
- B. 4000 kg jordbrugskalk pr. ha tilført 1942
- C. 8000 — — — — 1942
- D. 12000 — — — — 1942



I hver af de således kalkede 360 m<sup>2</sup> store parceller blev fra 1944 indlagt forsøg med nedennævnte fire mængder superfosfat, således at der ialt blev 16 forsøgsled.

- a. Ingen superfosfat
- b. 200 kg superfosfat pr. ha årlig
- c. 2000 - - - - 1944
- d. 2000 - - - - 1944 + 200 kg pr. ha årlig

Forsøget omfatter fire marker, dyrket i et fireårigt sædskifte, og i hver af markerne er parcellfordelingen:

Aa	Ab	Ac	Ad	Ba	Bb	Bc	Bd	Aa	Ab	o.s.v. ialt 64 parceller
Ca	Cb	Cc	Cd	Da	Db	Dc	Dd	Ca	Cb	

De fire marker ligger umiddelbart side om side. På grund af uensartede reaktionstal i jorden i de enkelte parceller, antagelig forårsaget af mergeldynger for mange år tilbage, har man måttet fraskære en gentagelse i nordenden af hver mark, således at forsøgene i reglen er opgjort med 3 fællesparceller.

Jordbundsanalyser. Der er hvert efterår udtaget en jordprøve pr. parcel i rodfrugtskiftet, og i jordprøverne er der på Statens Planteavlslaboratorium bestemt reaktionstal og fosforsyretil. Resultaterne af disse analyser (gens. af 3 fællesparceller) fremgår af tabel 1. Det ses heraf, at kalkningen har medført rimelige stigninger i reaktionstallene.

	Rt i gens. af 4 enskalkede forsøgsled	
	1944—47	1948—51
Ukalket . . . . .	5.0	5.0
4000 kg kalk pr. ha . . . . .	6.0	5.9
8000 - - - - . . . . .	6.6	6.7
12000 - - - - . . . . .	7.0	7.2

Gødskningen med superfosfat har ikke påvirket reaktionstallene kendeligt.

De i tabel 1 viste fosforsyretil er, som anført, bestemt efter to forskellige metoder, idet der 1944—47 anvendes den af Bondorff og Steenbjerg, 1932, (13), udarbejdede metode, hvor

Tabel 1. Kalk- og superfosfatforsøg på Jyndeved.  
Jordbundsanalyser.

kg kalk 1942	0				4000				8000				12000			
kg supf. 1944	0	0	2000	2000	0	0	2000	2000	0	0	2000	2000	0	0	2000	2000
kg supf. årlig	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200
Reaktionstal, Rt																
1944, mark 2..	5.0	5.0	5.0	5.0	6.0	6.1	6.2	6.1	6.6	6.6	6.5	6.5	6.8	6.9	6.9	6.9
1945 — 3..	4.9	5.1	5.0	5.0	6.0	5.9	5.8	5.7	6.4	6.4	6.7	6.3	7.1	6.8	7.0	6.8
1946 — 4..	4.8	4.9	4.9	4.9	5.9	6.0	5.9	5.9	6.7	6.5	6.5	6.6	6.9	6.9	6.7	6.7
1947 — 1..	5.0	5.0	5.1	5.1	5.9	6.0	6.1	6.3	6.8	6.8	7.0	6.9	7.3	7.4	7.3	7.5
1948 — 2..	5.1	5.1	5.3	5.3	6.0	6.0	6.1	6.0	6.7	6.7	6.7	6.8	7.1	7.2	7.3	7.2
1949 — 3..	4.6	4.7	4.7	4.8	5.5	5.7	5.7	5.8	6.7	6.6	6.7	6.4	6.9	6.9	7.1	6.9
1950 — 4..	5.1	5.2	5.2	5.3	6.0	6.1	6.1	6.0	6.7	6.6	6.6	6.8	7.1	7.2	7.2	7.2
1951 — 1..	4.9	5.0	4.8	5.0	5.7	5.7	5.8	5.8	6.5	6.8	6.7	6.7	7.2	7.3	7.3	7.4
Fosforsyretal, Ft, salpetersyremetoden																
1944, mark 2..	1.2	1.5	4.4	4.8	1.5	1.9	5.6	5.5	1.7	1.7	5.1	5.2	1.5	1.9	5.5	5.9
1945 — 3..	1.0	1.3	2.4	2.8	1.3	1.7	3.0	3.4	1.8	1.8	4.7	4.4	1.3	2.0	3.0	4.4
1946 — 4..	1.8	2.3	3.6	4.0	1.9	2.7	3.8	4.7	1.7	2.3	3.8	5.2	2.0	2.5	4.1	4.4
1947 — 1..	1.3	1.9	2.8	3.3	1.4	2.2	3.5	4.4	1.8	2.5	3.6	4.7	1.9	2.8	4.2	5.7
Fosforsyretal, Ft, svovlsyremetoden																
1948, mark 2..	1.5	2.0	2.2	2.7	1.4	2.2	2.5	3.1	1.5	2.0	2.5	2.9	1.6	2.2	2.5	3.3
1949 — 3..	1.4	1.8	2.1	2.5	1.1	1.8	2.0	2.8	1.4	1.8	2.1	1.4	1.4	1.8	2.1	2.9
1950 — 4..	1.5	2.0	2.3	2.9	1.5	2.2	2.4	3.0	1.5	2.1	2.3	3.2	1.5	2.1	2.5	3.1
1951 — 1..	1.5	2.2	2.5	3.2	1.4	2.2	2.4	2.9	1.6	2.2	2.5	3.3	1.7	2.3	2.4	3.3

Ft angiver den mængde fosfat, der opløses ved at ryste jorden i 3 timer med fortyndet salpetersyre, således at slutreaktionen er  $\text{pH} = 2.50$ . Denne metode betegnes i det følgende som salpetersyremetoden, og de gennemsnitlige resultater med denne metode i fireåret 1944—47 ses af følgende oversigt:

	Fosforsyretal, Ft, i gennemsnit af 4 år			
	ukalket	4000 kalk	8000 kalk	12000 kalk
Uden superfosfat.....	1.3	1.5	1.6	1.7
200 kg superfosfat årlig ...	1.8	2.1	2.1	2.3
2000 — — 1944...	3.3	4.0	4.4	4.3
2000 — — 1944 + 200 årlig ..	3.6	4.5	4.9	5.1

Tilførsel af superfosfat hæver Ft, og det fremgår af de enkelte års analyser, at stigningen i Ft fremkaldt af 2000 kg superfosfat pr. ha tilført i 1944 aftager med årene, medens der er en med årene tiltagende forskel mellem Ft i forsøgsleddene uden fosfattilførsel og forsøgsleddene gødet med 200 kg superfosfat pr. ha. årlig.

Kalkningen øver en tydelig indvirkning på fosforsyretallene efter salpetersyremetoden, idet der for forsøgsled med ens fosfattilførsel er stigende Ft med stigende kalktilførsel, og dette er mest fremtrædende, hvor der er tilført mest superfosfat.

Fra 1948 er fosforsyretallene bestemt efter den af *Bondorff*, 1950, (14) offentliggjorte metode (her kaldet svovlsyremetoden), der angiver den mængde fosfat, som er opløselig i 0.2 n svovlsyre. Ved denne metode er en enhed i Ft = 200 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$  pr. ha (jordvægt 2500 tons pr. ha), medens enheden ved salpetersyremetoden var 46.7 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$  pr. ha.

I gennemsnit for perioden 1948—51 var Ft:

	Ukalket	4000 kalk	8000 kalk	12000 kalk
0 superfosfat årlig.....	1.5	1.4	1.5	1.6
200 — årlig.....	2.0	2.1	2.0	2.1
2000 — 1944.....	2.3	2.3	2.4	2.4
2000 — 1944 + 200 årlig ..	2.8	3.0	3.1	3.2

Med denne analysemetode bevirker kalkningen en langt mindre stigning i fosforsyretallene end i årene forud, hvor salpetersyremetoden blev anvendt.

Udbyttet målinger. Forsøgets fire marker har været dyrket i sædskiftet: kålroer, havre, lupin til modenhed og rug. Der er ikke anvendt staldgødning, men kålroerne er gødet med 10 tons ajle pr. ha, og alle afgrøder er grundgødet med kaligødning og kalksalpeter (undtagen lupin). De enkelte års udbyttet findes i tabel 2—6.

Som det ses af følgende sammendrag, har der i kålroer været meget store udslag for såvel kalk som superfosfat.

Kålroer, gens. af alle år	Udbytte af tørstof i rod + top, hkg pr. ha			
	ukalket	4000 kalk	8000 kalk	12000 kalk
0 superfosfat .....	5.3	25.1	25.2	23.0
200 — årlig.....	27.5	49.4	48.3	43.1
2000 — 1944.....	31.2	49.9	46.2	39.2
2000 — 1944+200 årlig	47.2	58.1	53.1	44.4
Gennemsnit.....	27.8	45.6	43.2	37.4

I god overensstemmelse med resultaterne af tidligere kalkforsøg (1) er der her opnået størst udbytte af kålroer ved Rt omkring 6. Merudbyttet for superfosfat er i reglen størst på ukalket jord og aftagende med stigende kalktilførsel. Om virkningen af superfosfat må iøvrigt bemærkes, at merudbyttet for 200 kg superfosfat pr. ha årlig stiger i årenes løb, medens merudbyttet for 2000 kg pr. ha tilført i 1944 aftager efterhånden, især på ukalket jord. Forsøgsleddene gødet med 2000 kg superfosfat pr. ha 1944 + 200 kg årlig giver størst udbytte i alle år.

Udbyttet af rug er vist i følgende oversigt:

Rug, gens. af alle år	Udbytte i hkg kærne pr. ha			
	ukalket	4000 kalk	8000 kalk	12000 kalk
0 superfosfat.....	14.8	18.4	21.5	21.3
200 — årlig.....	17.6	20.0	23.4	23.3
2000 — 1944.....	18.6	21.3	24.0	24.1
2000 — 1944+200 årl.	19.7	22.6	24.3	24.0
Gennemsnit.....	17.7	20.6	23.3	23.4

Kalkvirkningen er moderat, og optimum må skønnes at være omkring reaktionstal 7. Merudbyttet for superfosfat er størst på ukalket og noget aftagende med stigende kalktilførsel.

Havren giver omtrent samme billede, således som det ses af følgende, dog ligger optimum ved noget lavere reaktionstal end for rug.

Tabel 2. Kalk- og superfosfatforsøg på Jyndevad.  
Udbytte af kårroer.

kg kalk 1942	0				4000				8000				12000			
	0	0	2000	2000	0	0	2000	2000	0	0	2000	2000	0	0	2000	2000
kg supf. 1944	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200
kg supf. årlig	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200
Roer, hkg pr. ha																
1944, mark 2..	126	200	475	457	256	349	488	495	246	327	470	449	249	314	413	443
1945 — 3..	9	107	300	410	175	300	458	439	248	359	406	374	201	318	353	338
1946 — 4..	13	199	341	550	213	546	606	670	137	466	561	612	209	467	510	530
1947 — 1..	2	163	238	318	221	369	388	376	324	375	416	356	294	294	288	266
1948 — 2..	127	371	376	522	388	546	583	607	321	482	506	511	245	424	370	454
1949 — 3..	6	164	106	266	156	303	319	458	150	351	309	410	126	327	299	322
1950 — 4..	53	378	250	504	501	584	423	655	157	525	334	656	135	474	325	469
1951 — 1..	5	231	49	319	56	392	256	424	93	381	224	430	116	353	231	367
Top, hkg pr. ha																
1944, mark 2..	11	21	44	42	23	34	48	52	22	24	45	40	18	25	42	38
1945 — 3..	2	18	40	49	25	38	58	64	30	41	62	62	27	44	57	68
1946 — 4..	2	23	31	49	21	56	54	62	23	49	48	61	24	49	52	58
1947 — 1..	2	19	22	38	18	42	42	52	29	49	44	53	25	44	35	47
1948 — 2..	17	44	52	57	42	66	68	70	33	57	63	64	25	47	48	62
1949 — 3..	2	21	16	27	21	28	33	38	22	32	32	33	16	29	31	31
1950 — 4..	9	44	29	51	26	64	49	65	21	53	39	58	18	51	38	54
1951 — 1..	3	21	4	28	3	27	11	33	8	50	18	30	10	31	17	34

Tabel 3. Kalk- og superfosfatforsøg på Jyndeved.  
 Udbytte af kålroer.

kg kalk 1942	0				4000				8000				12000			
	0	0	2000	2000	0	0	2000	2000	0	0	2000	2000	0	0	2000	2000
kg supf. 1944	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200
kg supf. årlig	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200
Tørstof i roer, hkg pr. ha																
1944, mark 2 ..	12.5	19.6	45.1	43.3	24.2	32.3	46.7	45.8	22.2	29.9	41.4	39.5	20.8	27.0	33.3	37.5
1945 — 3 ..	1.0	11.7	29.6	40.8	18.6	30.8	40.1	40.9	25.7	34.8	36.9	32.6	19.8	30.9	29.7	29.7
1946 — 4 ..	1.5	22.1	36.3	56.2	22.7	54.8	61.2	65.3	15.9	47.0	57.1	60.0	22.6	49.1	51.6	50.1
1947 — 1 ..	0.2	16.7	23.1	29.6	22.3	35.5	35.4	33.7	29.0	34.2	35.3	29.8	26.2	26.7	23.6	22.3
1948 — 2 ..	13.0	36.5	36.7	50.4	39.4	56.7	60.2	61.2	32.7	50.0	50.7	52.3	25.8	42.7	35.8	45.4
1949 — 3 ..	0.7	17.0	11.2	24.0	16.3	28.8	30.5	43.9	16.4	34.5	28.6	39.1	12.9	30.0	29.3	32.4
1950 — 4 ..	6.3	39.7	26.4	48.0	24.7	59.5	44.0	64.8	19.4	57.3	41.3	64.0	17.4	50.8	37.5	43.0
1951 — 1 ..	0.6	26.9	6.0	36.5	6.6	45.1	29.6	48.1	11.2	45.7	26.4	49.2	13.4	41.5	26.8	41.5
Tørstof i top, hkg pr. ha																
1944, mark 2 ..	1.5	3.0	5.9	5.6	3.5	5.2	6.7	7.8	3.5	3.8	6.5	6.1	3.1	4.2	6.1	5.4
1945 — 3 ..	0.3	2.3	7.2	8.0	3.2	5.0	7.4	7.9	3.8	5.3	7.7	8.0	3.6	5.7	7.3	8.5
1946 — 4 ..	0.3	3.3	4.3	6.8	3.1	8.2	8.2	8.8	3.9	7.0	9.5	9.1	3.4	7.2	7.4	7.5
1947 — 1 ..	0.3	3.3	3.8	6.2	3.3	6.5	6.2	7.4	5.0	7.5	6.2	8.2	4.1	6.2	5.4	6.0
1948 — 2 ..	2.4	5.9	7.2	7.8	5.9	9.5	10.0	9.4	4.7	8.0	8.4	8.8	3.8	6.2	6.7	8.2
1949 — 3 ..	0.3	3.3	2.4	3.9	3.5	4.3	4.9	6.2	3.6	5.3	5.4	5.4	2.7	4.5	4.8	4.8
1950 — 4 ..	1.2	5.3	3.7	6.6	3.4	8.2	6.2	8.6	2.8	7.2	5.4	7.6	2.6	6.9	5.1	7.5
1951 — 1 ..	0.4	3.4	0.7	4.1	0.6	4.7	1.8	5.2	1.4	8.6	3.1	5.1	1.7	5.1	3.1	5.4

Tabel 4. Kalk- og superfosfatforsøg på Jyndeved.  
 Udbytte af rug.

kg kalk 1942	0				4000				8000				12000			
	0	0	2000	2000	0	0	2000	2000	0	0	2000	2000	0	0	2000	2000
kg supf. 1944	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200
kg supf. årlig	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200
Kærne, hkg pr. ha																
1944, mark 3..	18.9	19.8	23.1	21.6	21.7	20.1	24.6	27.2	25.6	25.0	26.2	25.1	23.1	24.4	25.4	26.4
1945 — 4..	19.4	20.7	20.2	22.2	21.8	22.9	23.3	23.3	27.9	27.6	26.8	29.0	27.1	27.9	29.0	28.2
1946 — 1..	17.4	22.6	23.9	24.6	22.2	25.9	27.5	29.7	26.5	29.1	31.3	32.6	26.1	28.7	31.7	31.8
1947 — 2..	6.8	8.4	11.2	12.0	14.1	15.1	16.4	17.2	15.9	17.1	17.8	17.6	14.9	16.1	16.9	17.8
1948 — 3..	12.1	15.0	15.6	17.3	14.8	16.9	17.7	19.7	16.1	20.4	21.4	19.2	15.1	19.3	19.6	21.1
1949 — 4..	15.9	19.3	19.1	22.1	17.4	21.0	21.1	22.4	20.8	23.8	23.1	25.7	23.0	24.7	25.3	26.6
1950 — 1..	10.3	15.0	16.2	17.0	16.3	16.2	18.3	17.8	18.9	19.4	21.2	20.8	20.9	21.4	20.3	23.0
1951 — 2..	17.3	19.6	19.6	20.4	18.9	22.1	21.8	23.1	19.9	24.6	23.9	24.5	20.5	23.7	24.4	24.3
Halm, hkg pr. ha																
1944, mark 3..	35.1	37.8	40.9	42.0	41.6	44.3	44.1	43.6	38.8	41.9	42.8	42.1	40.3	42.5	45.5	43.4
1945 — 4..	31.5	35.4	36.4	35.8	39.1	39.9	40.9	39.0	40.1	42.8	42.6	43.8	41.9	41.1	44.2	42.7
1946 — 1..	26.0	34.0	39.2	39.9	37.2	38.6	45.9	48.0	38.7	43.3	52.1	49.8	35.5	44.4	50.7	50.9
1947 — 2..	13.3	15.3	16.8	17.8	18.6	19.6	20.6	21.1	18.2	19.1	19.1	19.6	16.8	18.7	19.7	20.9
1948 — 3..	17.8	23.1	23.5	23.3	21.2	23.7	25.8	28.8	22.3	27.3	27.0	26.0	20.9	27.1	27.8	27.8
1949 — 4..	31.7	35.5	34.8	38.4	34.5	39.0	39.9	39.0	37.3	41.4	35.0	44.3	38.9	42.0	43.7	45.8
1950 — 1..	18.3	26.9	27.6	28.7	24.7	27.1	27.9	30.3	28.3	33.4	33.1	35.9	31.5	36.2	33.0	33.2
1951 — 2..	27.4	33.6	32.5	34.2	31.8	36.5	37.5	39.8	31.5	38.9	37.1	39.8	32.4	38.4	36.3	41.4

Tabel 5. Kalk- og superfosfatforsøg på Jyndeved.  
Udbytte af havre.

kg kalk 1942	0				4000				8000				12000			
	0	0	2000	2000	0	0	2000	2000	0	0	2000	2000	0	0	2000	2000
kg supf. 1944	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200
kg supf. årlig	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200
Kærne, hkg pr. ha																
1944, mark 4..	23.9	24.1	25.4	24.6	25.6	27.1	29.3	28.4	22.4	24.4	24.9	25.1	24.2	26.2	28.6	26.2
1945 — 1..	24.2	26.5	27.9	30.3	30.2	29.7	31.0	32.2	32.6	33.0	33.7	35.5	32.7	33.7	33.8	33.8
1946 — 2..	17.9	26.1	30.1	29.9	27.7	31.4	31.8	33.5	28.5	30.6	30.2	29.1	27.9	29.0	28.4	27.5
1947 — 3..	7.4	11.3	12.8	14.2	11.7	12.2	13.9	16.8	13.5	14.9	16.3	16.3	15.9	15.7	16.6	17.3
1948 — 4..	9.0	10.0	10.7	11.9	11.3	13.1	13.7	14.3	12.4	13.2	12.4	13.3	12.4	13.7	13.1	13.9
1949 — 1..	10.7	17.6	19.0	21.2	20.8	23.3	22.6	22.7	23.2	25.6	25.6	23.9	22.1	22.0	22.1	22.0
1950 — 2..	13.5	17.5	17.7	21.1	18.1	20.6	20.3	21.8	20.0	20.4	20.5	19.8	17.7	18.5	19.3	19.3
1951 — 3..	4.6	8.6	5.0	15.2	22.0	23.2	22.9	25.9	24.1	26.0	24.2	24.9	22.9	25.7	24.9	25.2
Halm, hkg pr. ha																
1944, mark 4..	30.9	33.9	39.0	40.3	34.5	35.8	42.3	42.7	36.7	38.6	40.5	40.4	33.1	38.2	40.2	42.1
1945 — 1..	28.1	29.1	31.5	30.6	31.6	33.5	33.7	32.5	34.9	37.9	38.1	38.7	36.7	36.7	38.0	37.5
1946 — 2..	22.0	28.4	33.3	35.3	28.6	35.2	36.6	36.0	32.8	38.2	38.9	40.4	30.9	37.6	38.2	40.6
1947 — 3..	10.5	12.3	14.0	14.7	13.3	13.9	15.4	17.9	15.4	17.9	18.0	19.4	19.5	16.4	18.8	18.4
1948 — 4..	12.4	15.4	16.8	18.1	14.1	17.6	18.4	18.2	14.4	16.4	17.6	18.5	16.9	18.8	18.7	19.3
1949 — 1..	15.5	23.4	22.9	26.4	20.6	26.2	24.5	27.8	27.8	29.6	30.1	33.2	25.0	29.4	26.5	29.9
1950 — 2..	21.7	26.3	26.1	31.7	24.3	31.3	28.3	33.0	25.7	32.0	29.5	35.5	24.2	32.9	31.6	38.8
1951 — 3..	16.4	18.5	16.4	23.4	27.3	31.4	30.3	33.4	30.9	35.4	32.6	34.7	28.9	34.7	33.3	35.5



Tabel 6. Kalk- og superfosfatforsøg på Jyndevad.  
Udbytte af lupiner.

kg kalk 1942	0				4000				8000				12000			
kg supf. 1944	0	0	2000	2000	0	0	2000	2000	0	0	2000	2000	0	0	2000	2000
kg supf. årlig	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	200
Kærne, hkg pr. ha																
1945, mark 2..	21.5	21.8	22.8	20.9	21.2	22.7	21.6	21.0	20.7	21.2	20.6	21.2	20.6	21.6	20.3	20.3
1946 — 3..	18.1	17.2	17.3	17.3	18.7	17.9	17.3	18.0	17.8	16.8	16.9	14.0	16.7	16.7	14.5	14.5
1948 — 1..	15.2	16.5	17.3	16.7	17.2	16.7	16.8	15.8	19.1	19.2	18.8	19.1	18.7	18.4	16.2	16.5
1949 — 2..	13.8	15.5	16.9	17.3	15.9	14.7	15.5	14.0	15.7	15.3	16.4	15.8	14.0	13.3	13.8	12.3
1950 — 3..	27.1	32.9	31.8	32.1	26.5	27.7	30.1	30.2	27.4	27.4	30.8	28.4	22.1	25.7	27.3	28.8
1951 — 4.	20.7	22.3	23.0	22.1	22.8	22.3	23.5	21.0	20.6	20.0	20.5	19.6	20.8	20.5	21.1	19.6
Halm, hkg pr. ha																
1945, mark 2..	44.4	44.9	41.6	42.8	50.7	48.4	51.7	39.0	36.3	38.1	41.6	40.3	38.7	40.6	39.0	39.7
1946 — 3..	49.6	57.4	60.2	57.3	59.8	51.2	52.8	56.1	52.8	51.8	56.7	52.7	48.5	49.5	49.2	51.7
1948 — 1..	48.0	52.0	58.3	57.9	48.5	48.5	53.8	51.9	55.5	56.4	62.7	57.9	51.4	56.2	52.9	55.6
1949 — 2..	39.0	42.3	51.3	45.4	42.4	39.1	41.8	43.8	41.1	43.5	43.9	42.0	36.4	39.5	33.6	35.6
1950 — 3..	52.2	59.9	65.0	64.0	53.5	60.2	69.2	64.6	46.2	48.6	52.6	49.1	40.1	45.4	45.7	52.1
1951 — 4..	49.5	47.9	56.5	55.9	45.4	52.8	47.7	50.7	46.8	47.6	37.8	42.1	37.5	44.6	41.1	43.6

			Udbytte i hkg kærne pr. ha			
Havre, gens. af alle år			ukalket	4000 kalk	8000 kalk	12000 kalk
0	superfosfat	.....	13.9	20.9	22.1	22.0
200	—	årlig.....	17.7	22.6	23.5	23.1
2000	—	1944.....	18.6	23.2	23.5	23.4
2000	—	1944+200 årl.	21.1	24.5	23.5	23.2
Gennemsnit.....			17.8	22.8	23.2	22.9

De tre nævnte afgrøder giver således stort merudbytte for såvel kalk som superfosfat, hvorimod forholdet er ganske anderledes for lupinernes vedkommende, således som det fremgår af følgende sammendrag.

			Udbytte i hkg kærne pr. ha			
Lupin, gens. af alle år			ukalket	4000 kalk	8000 kalk	12000 kalk
0	superfosfat	.....	19.4	20.4	20.2	18.8
200	—	årlig.....	21.0	20.3	20.0	19.4
2000	—	1944.....	21.5	20.8	20.7	18.9
2000	—	1944+200 årl.	21.2	20.0	19.7	18.7
Gennemsnit.....			20.8	20.4	20.2	19.0

Udbyttet aftager lidt med tiltagende kalktilførsel, og der er kun et lille merudbytte for superfosfat på ukalket.

A f g r ø d e a n a l y s e r. I de fleste afgrøder af kålroer (rod og top) og af kærne i rug, havre og lupin samt i enkelte halm-afgrøder er der bestemt fosforindhold. De gennemsnitlige analyseresultater er opført i tabel 7 og viser, at tilførsel af superfosfat i så godt som alle tilfælde forøger afgrødernes fosfatindhold. Kalkningen har ikke påvirket afgrødernes procentiske fosfatindhold i nogen bestemt retning.

I kålroer mangler der afgrødeanalyser i 1947 og 1950, og i gennemsnit af de øvrige 6 år var afgrødernes bortførsel følgende:

			Bortførsel i kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> pr. ha			
Kålroer, gens. af 6 år			ukalket	4000 kalk	8000 kalk	12000 kalk
0	superfosfat	.....	2.8	11.3	11.4	9.9
200	—	årlig.....	14.1	25.7	25.7	23.9
2000	—	1944.....	26.1	37.4	33.8	29.3
2000	—	1944+200 årl.	40.9	48.5	41.3	38.0

Kålroernes bortførsel af fosfat er bestemt af såvel kalkningen som gødskningen med superfosfat, idet den med hensyn til

kalkning er størst ved 4000 kg kalk pr. ha og efter fosfattilførselen størst efter 2000 kg superfosfat pr. ha i 1944 + 200 kg årlig.

På tilsvarende måde er bortførselen i rug og havre beregnet i gennemsnit af de år, hvor der er udført analyser i kærnen, idet manglende analyser i halm er erstattet med de i tabel 7 anførte gennemsnitstal.

Tabel 7. Kalk- og superfosfatforsøg på Jyndeved.  
Afrødernes procentiske indhold af fosfat,  $P_2O_6$ , i gens. af foreliggende analyser.

	Kålroer		Rug		Havre		Lupin
	rod 6 år	top 6 år	kærne 6 år	halm 3 år	kærne 8 år	halm 4 år	kærne 5 år
<b>A. Ukalket</b>							
a. 0 superfosfat . . . . .	0.48	0.63	0.56	0.09	0.67	0.21	1.43
b. 200 — årlig . . . . .	0.51	0.70	0.56	0.08	0.69	0.21	1.52
c. 2000 — 1944 . . . . .	0.72	0.83	0.60	0.08	0.73	0.25	1.71
d. 2000 — 1944 + 200 årl. . . . .	0.84	0.87	0.63	0.09	0.77	0.26	1.84
<b>B. 4000 kalk</b>							
a. 0 superfosfat . . . . .	0.42	0.66	0.62	0.10	0.70	0.19	1.37
b. 200 — årlig . . . . .	0.51	0.69	0.64	0.10	0.74	0.18	1.47
c. 2000 — 1944 . . . . .	0.72	0.76	0.67	0.09	0.77	0.18	1.60
d. 2000 — 1944 + 200 årl. . . . .	0.84	0.85	0.69	0.10	0.79	0.18	1.65
<b>C. 8000 kalk</b>							
a. 0 superfosfat . . . . .	0.47	0.59	0.65	0.09	0.74	0.20	1.39
b. 200 — årlig . . . . .	0.54	0.64	0.60	0.10	0.77	0.22	1.44
c. 2000 — 1944 . . . . .	0.73	0.76	0.70	0.10	0.78	0.22	1.56
d. 2000 — 1944 + 200 årl. . . . .	0.82	0.77	0.71	0.11	0.78	0.23	1.63
<b>D. 12000 kalk</b>							
a. 0 superfosfat . . . . .	0.44	0.60	0.68	0.10	0.77	0.20	1.37
b. 200 — årlig . . . . .	0.57	0.66	0.69	0.12	0.79	0.22	1.44
c. 2000 — 1944 . . . . .	0.75	0.74	0.71	0.12	0.81	0.23	1.51
d. 2000 — 1944 + 200 årl. . . . .	0.89	0.80	0.73	0.11	0.83	0.24	1.53

I rug og havre er fosfatindholdet jævnt stigende med øget kalkning helt til største kalkmængde. Indenfor hvert af kalkningstrinnene stiger afrødernes fosfatbortførsel med stigende tilførsel af superfosfat.

Rug, gens. af 6 år			Bortførsel i kærne+halm, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> pr. ha			
			ukalket	4000 kalk	8000 kalk	12000 kalk
0 superfosfat . . . . .		9.3	12.5	14.6	15.2	
200 — årlig . . . . .		10.6	13.8	16.2	17.4	
2000 — 1944 . . . . .		11.7	14.9	17.4	18.6	
2000 — 1944+200 årl.		13.2	16.4	18.4	19.3	
Havre, gens. af 8 år			Bortførsel i kærne+halm, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> pr. ha			
			ukalket	4000 kalk	8000 kalk	12000 kalk
0 superfosfat . . . . .		11.3	15.8	17.9	18.4	
200 — årlig . . . . .		14.4	18.0	20.2	20.8	
2000 — 1944 . . . . .		16.7	19.2	20.8	21.6	
2000 — 1944+200 årl.		19.6	20.6	22.0	22.7	

For lupinernes vedkommende foreligger der kun analyser af kærne i 6 år, og bortførselen i kærne for disse år er vist i følgende:

Lupin, gens. af 6 år		Bortførsel i kærne, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> pr. ha			
		ukalket	4000 kalk	8000 kalk	12000 kalk
0 superfosfat . . . . .		22.1	22.3	22.4	20.7
200 — årlig . . . . .		25.8	23.8	22.8	22.1
2000 — 1944 . . . . .		29.4	26.3	25.6	22.6
2000 — 1944+200 årl.		31.2	26.3	25.4	22.5

Her har kalkningen nedsat fosfatoptagelsen, medens virkningen af superfosfattilførsel er tydeligere end i udbyttet. Det må bemærkes, at der i lupinkærne fra forsøgsleddet uden superfosfat og kalk findes langt mere fosfat end i de øvrige afgrøder dyrket på samme jord. Lupiner har tydeligt nok ganske egenartede egenskaber med hensyn til næringsoptagelse — et forhold, der har været påpeget gentagne gange tidligere.

Ud fra de foreliggende afgrødeanalyser (hvori der mangler flere år samt analyser af lupinhalm) må det skønnes, at den gennemsnitlige årlige bortførsel er 12—15 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pr. ha i forsøgsled Aa = 0 kalk, 0 superfosfat og 30—36 kg årlig i de bedst kalkede og gødede parceller.

**K o n k l u s i o n.** Forsøget giver den praktiske vejledning, at en sådan sur, fosfatfattig sandjord bør kalkes til reaktionstal omkring 6.0—6.5 og tilføres een stor dosis fosfat, 1000—2000 kg superfosfat pr. ha, samt ca. 200 kg superfosfat pr. ha årlig — eller tilsvarende mængde fosfat i staldgødning.

Ud fra udbyttet og fosfatoptagelsen i kålroer, rug og havre tør man slutte, at moderat kalkning (4—6 tons kalk pr. ha) har

forbedret jordens fosfattilstand. Den af kalkningen fremkaldte forøgelse i fosfatoptagelsen er af samme størrelsesorden, som den en årlig tilførsel af 200 kg superfosfat pr. ha forårsager. I lupin har kalkningen nedsat udbyttet og fosfatoptagelsen, men da selv største mængde superfosfat ikke øger udbyttet på kalket jord, kan det ikke være en af kalkningen forårsaget ændring i fosfattilstanden, der er årsag til udbyttenedgangen. Tilsvarende gælder muligvis for kálroer, hvor største kalkmængde nedsætter udbyttet.

Det ses heraf, at en forsøgsmæssig bedømmelse af en jords fosfattilstand og de forhold, der påvirker denne, helt afhænger af hvilken planteart, den anvendes i forsøget.

### c. Forsøg på Trinderup 1943 — 51.

På Aktieselskabet De Danske Spritfabrikkers gård »Trinderup« ved Onsild er der siden 1943 under ledelse af driftsleder, landbrugskandidat *P. Dolleris* udført forsøg med kalk og superfosfat. Forsøget, der ligger på god, sandmuldet jord, omfatter to kalkmængder:

A. Ukalket

B. 8000 kg jordbrugskalk pr. ha tilført 1943

I hver af de 150 m<sup>2</sup> store parceller, tilført nævnte kalkmængder, er indlagt forsøg med følgende tre mængder superfosfat, således at der ialt bliver 6 forsøgsled.

a. Uden superfosfat

b. 1000 kg superfosfat pr. ha tilført 1943 og 1949

c. 2000 - - - - -

Forsøget er fastliggende sædskifteforsøg med 4 skifter, beliggende side om side, og i hver af disse er parcellfordelingen følgende:

Aa	Ab	Ac	Ba	Bb	Bc	Aa	Ab	Ac	Ba	Bb	Bc
Ab	Ac	Aa	Bb	Bc	Ba	Ab	Ac	Aa	Bb	Bc	Ba
Ac	Aa	Ab	Bc	Ba	Bb	Ac	Aa	Ab	Bc	Ba	Bb

Jordbundsanalyser. Hvert efterår eller vinter er der udtaget jordprøver til bestemmelse af reaktions- og fosfor-

syretal. Resultaterne af disse bestemmelser er opført i tabel 8, hvoraf det fremgår, at den ukalkede jord har haft reaktionstal omkring 6.0—6.2, og 8000 kg kalk har hævet reaktionstallet til ca. 6.8. Tilførselen af superfosfat har ikke påvirket reaktionstallene. I 1944—47, hvor fosforsyretallene er bestemt efter salpetersyremetoden, har kalkningen medført en forøgelse af fosforsyretallene i de med superfosfat gødede forsøgsled. Tilsvarende

Tabel 8. Kalk- og superfosfatforsøg på Trinderup.  
Jordbundsanalyser, gens. af 4 marker.

kg kalk pr. ha 1943	0			8000		
kg supf. pr. ha 1943 og 1949	0	1000	2000	0	1000	2000
Reaktionstal, Rt						
1944.....	6.2	6.2	6.2	6.9	6.9	6.9
1945.....	6.0	6.0	5.9	6.6	6.5	6.6
1946.....	5.9	6.0	5.9	6.8	6.8	6.9
1947.....	6.1	6.1	6.0	6.7	6.8	6.9
1948.....	6.1	6.2	6.2	6.9	6.9	6.9
1949.....	6.1	6.1	6.0	6.8	6.8	6.7
1950.....	6.2	6.3	6.3	6.9	6.9	7.0
1951.....	6.1	6.1	6.1	6.6	6.6	6.6
Fosforsyretal, Ft						
1944 Salpetersyremetoden ...	1.7	2.4	3.7	1.7	2.9	4.7
1945 — — ...	1.7	2.3	3.7	1.7	2.8	4.2
1946 — — ...	1.7	2.1	3.2	1.7	2.4	3.6
1947 — — ...	1.6	1.9	3.2	1.7	2.3	3.4
1948 Svovlsyremetoden .....	2.1	2.5	3.2	2.2	2.6	3.2
1949 — — .....	2.6	3.6	5.9	2.5	4.2	5.8
1950 — — .....	2.1	3.5	4.6	2.2	3.4	4.6
1951 — — .....	2.1	3.2	4.4	2.2	3.2	4.3

ses ikke i 1948—51, hvor svovlsyremetoden er anvendt. I 1944—47 og efter den nye superfosfattilførsel 1949 aftager fosforsyretallene i de gødede forsøgsled.

U d b y t t e m å l i n g e r. Sædskiftet har været: 1. Kartofler (fabrikskartofler), 2. Rug, 3. Rodfrugt ( $\frac{1}{2}$  sukkerroer og  $\frac{1}{2}$  kålroer), 4. Byg. Til rodfrugt er der gødet med spøl (flydende affaldsprodukt fra spritfabrikationen; det er en kvælstof- og kaligødning), og til alle afgrøder er der givet kalksalpeter og kaligødning i passende mængder. Udbyttet af disse afgrøder ses

Tabel 9. Kalk- og superfosfatforsøg på Trinderup.  
 Udbytte i hkg pr. ha.

kg kalk pr. ha 1943	0			8000		
	0	1000	2000	0	1000	2000
kg supf. pr. ha 1943 og 1949						
Rug, kærne						
1943.....	30.0	33.3	34.3	31.9	33.4	34.5
1944.....	27.3	31.4	31.6	30.3	33.0	34.4
1945.....	24.1	26.0	27.5	24.2	25.8	26.0
1946.....	19.4	19.9	20.9	21.5	23.5	22.7
1947.....	18.6	24.7	27.2	16.8	21.0	25.1
1948.....	12.8	15.6	16.4	14.3	17.8	19.6
1949.....	28.1	32.1	33.1	23.5	27.4	28.8
1950.....	14.0	17.2	18.1	10.3	15.1	16.1
1951.....	11.7	17.7	18.7	12.0	17.7	19.0
Rug, halm						
1943.....	42.4	49.9	54.8	42.9	52.4	53.9
1944.....	47.6	60.9	61.8	49.0	61.5	65.5
1945.....	39.2	44.0	47.5	40.4	46.2	48.3
1946.....	37.9	43.1	47.1	41.5	43.5	45.6
1947.....	30.7	34.3	37.5	23.9	31.7	39.2
1948.....	40.5	47.1	56.8	39.7	49.2	55.1
1949.....	48.9	53.6	62.6	44.8	53.3	61.2
1950.....	28.7	46.1	46.2	26.0	41.6	46.9
1951.....	26.0	35.0	36.0	27.0	34.0	36.0
Byg, kærne						
1943.....	33.0	35.7	35.9	29.7	32.4	33.4
1944.....	34.9	40.9	41.4	39.6	45.8	43.6
1945.....	16.1	22.7	29.0	21.6	28.7	33.2
1946.....	31.4	38.5	41.9	36.4	40.4	44.9
1947.....	16.6	21.2	22.0	16.8	20.0	21.8
1948.....	24.2	28.1	28.7	21.0	26.5	31.1
1949.....	19.2	43.3	42.0	17.8	41.3	41.8
1950.....	14.5	19.1	24.8	15.6	22.8	26.4
1951.....	11.7	21.0	25.5	12.7	21.3	24.7
Byg, halm						
1943.....	32.3	36.7	40.5	28.4	32.9	33.2
1944.....	32.6	46.0	47.9	38.1	47.8	52.5
1945.....	24.9	25.6	31.7	27.7	29.3	34.5
1946.....	36.3	41.8	49.1	41.9	47.6	48.8
1947.....	17.7	19.1	19.7	16.9	19.0	19.5
1948.....	24.5	26.2	25.0	22.3	25.5	28.3
1949.....	22.1	44.7	46.7	22.9	44.4	47.9
1950.....	22.8	24.6	30.5	23.7	25.5	30.3
1951.....	15.3	18.0	22.0	15.7	19.7	20.0

Tabel 9 (fortsat).

kg kalk pr. ha 1943	0			8000		
kg supf. pr. ha 1943 og 1949	0	1000	2000	0	1000	2000
Sukkerroer, roer						
1944 .....	141	271	271	232	322	313
1945 .....	161	306	332	237	321	322
1946 .....	113	200	216	149	196	231
1947 .....	96	131	157	99	113	128
1949 .....	17	261	305	53	269	290
1950 .....	82	270	267	138	315	320
1951 .....	16	115	184	47	170	233
Sukkerroer, top						
1944 .....	158	284	304	252	323	340
1945 .....	198	317	336	304	320	288
1946 .....	132	199	209	138	171	186
1947 .....	82	104	109	71	76	80
1949 .....	28	216	261	63	211	203
1950 .....	80	258	241	132	204	207
1951 .....	18	143	219	58	193	208
Sukkerroer, tørstof i roer						
1944 .....	33.2	64.0	63.1	54.2	74.9	72.6
1945 .....	37.1	72.1	76.0	54.4	74.3	74.4
1946 .....	27.2	49.0	52.7	35.7	47.2	56.0
1947 .....	21.9	29.7	33.5	21.5	22.7	23.2
1949 .....	3.5	56.3	67.0	10.0	56.3	62.6
1950 .....	18.9	61.1	61.1	31.8	74.1	72.3
1951 .....	3.9	27.5	44.7	11.5	43.8	57.6
Kålroer, roer						
1944 .....	243	589	611	358	540	558
1945 .....	261	463	465	243	413	432
1946 .....	102	202	326	117	224	278
1949 .....	102	504	515	103	432	436
1950 .....	176	461	462	228	435	419
1951 .....	64	202	259	90	202	238

i tabel 9, der omfatter de enkelte års resultater samt i tabel 10, der viser gennemsnit af samtlige år.

Kalkningen har kun forøget udbyttet kendeligt i sukkerroer. I rug og byg er udbyttet så godt som ens i de ukalkede og kalkede forsøgsled med samme fosfertilførsel, medens kalkningen i flere tilfælde har nedsat udbyttet af kålroer og kartofler. Disse forhold svarer ret nøje til erfaringer fra tidligere forsøg. (1). Der er i alle afgrøder en meget stor virkning af superfosfat



Tabel 9 (fortsat).

kg kalk pr. ha 1943	0			8000		
kg supf. pr. ha 1943 og 1949	0	1000	2000	0	1000	2000
Kålroer, top						
1944.....	29	61	66	33	54	59
1945.....	50	76	82	43	71	83
1946.....	42	51	70	45	53	60
1949.....	31	86	80	33	88	83
1950.....	25	96	104	33	91	100
1951.....	27	53	76	24	54	69
Kålroer, tørstof i roer						
1944.....	26.4	63.9	66.3	39.1	58.1	60.4
1945.....	25.9	45.2	45.1	23.1	38.8	39.3
1946.....	12.5	23.7	37.8	14.9	27.9	34.6
1949.....	11.0	60.5	64.9	11.8	55.7	55.9
1950.....	19.1	54.8	54.6	27.6	59.2	60.6
1951.....	7.7	23.6	30.3	10.4	23.0	26.9
Kartofler, knolde						
1943.....	168	250	286	153	242	270
1944.....	227	265	279	231	243	261
1945.....	236	260	271	247	272	283
1946.....	227	269	285	236	265	289
1947.....	109	126	143	113	128	146
1948.....	222	224	243	200	233	235
1949.....	245	338	358	200	314	350
1950.....	193	277	278	184	258	291
1951.....	134	161	163	69	112	137
Kartofler, tørstof i knolde						
1943.....	32.5	47.4	53.7	30.4	46.6	52.0
1944.....	48.0	57.2	60.2	49.3	53.2	57.2
1945.....	47.9	52.9	55.4	51.6	57.2	60.4
1946.....	45.9	54.7	58.2	48.7	55.5	61.6
1947.....	27.8	32.3	37.1	29.1	34.1	39.3
1948.....	45.4	46.0	49.2	40.7	46.8	47.0
1949.....	51.7	73.1	78.0	43.7	68.4	76.3
1950.....	37.1	56.5	56.4	35.9	52.9	60.2
1951.....	25.9	31.7	31.3	13.8	22.7	27.5

og endog udbytteforøgelse fra 1000 til 2000 kg superfosfat. Uden tilførsel af superfosfat aftager udbyttet i årenes løb, og af roer er der efterhånden blevet misvækst. Også på de fosfatgødede parceller er der — især i sukkerroer — en tendens til udbyttedgang fra 1943 til 1948, hvor afgrøden af sukkerroer var så dårlig, at forsøget blev kasseret. Efter den næste superfosfat-

Tabel 10. Kalk- og superfosfatforsøg på Trinderup.  
Udbytte i hkg pr. ha i gens. af samtlige år.

kg kalk pr. ha 1943	0			8000		
	0	1000	2000	0	1000	2000
kg supf. pr. ha 1943 og 1949						
Rug, kærne.....	20.7	24.2	25.3	20.5	23.9	25.1
— halm.....	38.0	46.0	49.9	37.2	45.9	50.2
Byg, kærne.....	22.4	30.1	32.4	23.5	31.0	33.4
— halm.....	25.4	31.4	34.8	26.4	32.4	35.1
Sukkerroer, roer.....	89	222	247	136	244	262
— top.....	99	217	240	145	214	216
— tørstof i roer....	20.8	51.4	56.8	31.3	56.2	60.0
Kålroer, roer.....	158	404	440	190	374	394
— top.....	34	71	80	35	69	76
— tørstof i roer....	17.1	45.3	49.8	21.2	43.8	46.3
Kartofler, knolde.....	195	241	256	181	230	251
— tørstof i knolde....	40.2	50.2	53.3	38.1	48.6	53.5

tilførsel i 1949 er der igen høstet ret gode afgrøder på de superfosfatgødede parceller; men udbyttet af rodfrugt aftager fra 1949 til 1951. Denne nedgang i udbyttet på ikke-fosfatgødet jord og nedgang i merudbyttet for superfosfat kan skyldes, at jordens oprindelige fond af tilgængeligt fosfat og det i superfosfat tilførte fosfat efterhånden opbruges af planterne, og en kalkule over den mulige merbortførsel i de fosfatgødede forsøgsled viser, at denne kan være omkring halvdelen af det tilførte fosfat.

**K o n k l u s i o n.** På denne fosfatfattige sandjord er tilførsel af superfosfat (eller staldgødning) en betingelse for at opnå gode afgrøder. Når der tilføres rigeligt superfosfat har kalkning ikke øget udbyttet, idet jorden på ukalket har en for de fleste sandjordsafgrøder passende reaktionstal — 6.0—6.2. Kun i sukkerroer tyder udbyttetallene i forsøgsleddene uden superfosfat på, at kalkningen har forbedret jordens fosfattilstand.

#### d. Forsøg ved Tystofte 1944—51.

Forsøget er anlagt på god lermuld i en lejet mark umiddelbart op ad Tystofte forsøgsstations arealer, og forsøgsarbejdet er udført af forsøgsstationens mandskab. Forsøgsplanen omfatter alle 9 kombinationer af 3 kalkmængder:

- A. Ukalket
- B. 5000 kg  $\text{CaCO}_3$  pr. ha i jordbrugskalk givet dec. 1943.
- C. 10000 kg  $\text{CaCO}_3$  pr. ha i jordbrugskalk givet dec. 1943.

## og tre mængder superfosfat:

- a. 0 superfosfat  
 b. 1000 kg superfosfat pr. ha 1944 og 1950.  
 c. 2000 kg superfosfat pr. ha 1944 og 1950.

Forsøget omfatter kun een mark med følgende parcel-  
fordeling:

Aa	Ab	Ac	Ca	Cb	Cc	Ba	Bb	Bc	Aa	Ab	Ac	Ca	Cb	Cc	Ba	Bb	Bc
Bb	Bc	Ba	Ab	Ac	Aa	Cb	Cc	Ca	Bb	Bc	Ba	Ab	Ac	Aa	Cb	Cc	Ca
Cc	Ca	Cb	Bc	Ba	Bb	Ac	Aa	Ab	Cc	Ca	Cb	Bc	Ba	Bb	Ac	Aa	Ab

Jordbundsanalyser. Før forsøgets anlæg blev der bestemt reaktionstal i hver parcel, og disse var i gennemsnit 6.3, men varierende mellem 5.4 og 7.2. Dog var variationen mellem forsøgsleddenes gennemsnitlige reaktionstal kun fra 6.1 til 6.4.

Tabel 11. Kalk- og superfosfatforsøg ved Tystofte.  
Jordbundsanalyser.

kg kalk pr. ha i 1944	0			5000			10000		
	0	1000	2000	0	1000	2000	0	1000	2000
kg supf. pr. ha 1944 og 50									
Reaktionstal, Rt									
1944.....	6.5	6.5	6.4	6.9	7.1	7.1	7.3	7.3	7.3
1945.....	6.8	6.6	6.7	7.4	7.6	7.3	7.6	7.6	7.6
1946.....	6.9	6.8	6.7	7.4	7.9	7.6	7.9	8.0	7.9
1947.....	6.6	6.6	6.7	7.2	7.4	7.4	7.7	7.7	7.7
1948.....	7.0	6.6	7.0	7.5	7.8	7.7	7.9	7.9	7.8
1949.....	7.0	6.7	7.0	7.6	7.6	7.6	7.8	7.8	7.8
1951.....	6.6	6.8	6.6	7.1	7.2	7.1	7.5	7.5	7.4
Fosforsyretal, Ft									
1944.....	3.2	3.9	5.1	3.0	3.9	5.0	3.6	5.0	6.1
1945.....	2.6	3.9	5.0	2.6	3.3	5.4	2.8	4.2	5.4
1946.....	2.6	2.9	3.9	2.7	3.2	3.9	2.5	3.8	5.2
1947.....	2.1	2.7	3.9	2.4	3.1	4.0	2.5	3.3	4.5
1948.....	2.3	2.5	2.8	2.3	2.8	3.0	2.5	2.8	3.3
1949.....	2.2	2.4	2.7	2.2	2.4	2.7	2.4	2.8	3.0
1951.....	1.9	2.4	2.8	2.0	2.7	3.3	2.2	2.8	3.6

1944-47 er fosforsyretallene bestemt efter salpetersyremetoden og i 1948-51 efter svovlsyremetoden.

Der er udtaget jordprøver til bestemmelse af Rt og Ft hvert efterår (undtagen 1950), og resultaterne af disse analyser er opført i tabel 11. Det fremgår heraf, at reaktionstallene har ændret sig temmeligt meget i forsøgstiden, idet de er steget i alle forsøgsled. Dette ses også af følgende oversigt, der omfatter gennemsnitstal for de ens kalkede forsøgsled.

	Reaktionstal, Rt i gens. af de enskalkede parceller		
	ukalket	5000 kalk	10000 kalk
1944....	6.5	7.0	7.3
1945....	6.7	7.4	7.6
1946....	6.8	7.6	7.9
1947....	6.6	7.3	7.7
1948....	6.9	7.7	7.9
1949....	6.9	7.6	7.8
1951....	6.7	7.1	7.5

Fosforsyretallene er i alle forsøgsled aftaget fra 1944 til 1947 og ændringen i analysemetoden fra 1948 ændrer kun lidt i fosforsyretallene her. Stigningen i Ft fra 1949 til 1951 skyldes superfosfertilførsel i 1950. Kalkningen har medført en lille stigning i fosforsyretallene.

U d b y t t e m å l i n g e r. Afgrøderne har hvert andet år været fodersukkerroer og hvert andet år byg. Der er grundgødet med rigelige mængder kvælstof- og kaligødning, og i 1944 blev fodersukkerroerne tilført 40 tons staldgødning pr. ha. Udbytte-tallene findes i tabel 12. Der har været en med årene stigende virkning af såvel kalkning som af fosfertilførsel. Forsøgsresultatet som gennemsnit af 4 afgrøder fremgår af følgende oversigter:

Fodersukkerroer	Udbytte i hkg roetørstof pr. ha		
	ukalket	5000 kalk	10000 kalk
0 superfosfat.....	67.2	77.2	84.1
1000 — .....	88.2	93.2	95.7
2000 — .....	93.4	94.4	96.2

Byg	Udbytte i hkg kærne pr. ha		
	ukalket	5000 kalk	10000 kalk
0 superfosfat.....	41.1	44.9	45.3
1000 — .....	44.6	45.7	47.3
2000 — .....	46.8	46.6	47.5

Tabel 12. Kalk- og superfosfatforsøg ved Tystofte.  
Udbytte i hkg pr. ha.

kg kalk pr. ha i 1944	0			5000			10000		
	0	1000	2000	0	1000	2000	0	1000	2000
Fodersukkerroer, roer									
1944.....	540	570	572	525	569	576	538	578	584
1946.....	435	476	502	420	488	489	456	504	500
1948.....	475	615	669	564	654	673	614	688	694
1950.....	300	582	622	465	615	621	509	643	629
Fodersukkerroer, top									
1944.....	326	316	329	327	317	328	320	330	333
1946.....	286	287	291	282	284	286	276	292	283
1948.....	226	224	225	232	218	207	222	237	226
1950.....	140	196	201	175	194	188	170	193	186
Fodersukkerroer, tørstof i roer									
1944.....	81.8	86.4	86.7	79.5	86.2	87.3	81.5	87.6	88.5
1946.....	65.1	73.3	76.5	63.3	75.7	75.2	71.2	76.5	77.6
1948.....	79.4	101.6	112.1	95.4	111.7	114.3	103.9	116.3	117.4
1950.....	44.3	91.6	98.4	70.6	99.0	100.9	79.9	102.4	101.1
Byg, kærne									
1945.....	48.0	50.9	53.3	49.4	51.7	53.3	50.1	53.0	54.1
1947.....	44.1	45.9	47.9	47.1	46.2	46.3	47.1	49.2	48.7
1949.....	36.0	40.0	42.4	40.9	42.4	43.7	42.9	44.3	45.4
1951.....	36.4	41.5	43.6	42.1	42.9	42.9	41.1	42.5	41.7
Byg, halm									
1945.....	42.5	41.9	45.2	42.8	44.8	44.6	41.2	44.9	46.1
1947.....	34.1	35.2	38.3	38.5	37.4	37.3	36.5	39.8	40.3
1949.....	37.1	38.5	40.4	40.7	41.8	41.1	41.6	42.5	44.3
1951.....	33.5	35.4	40.0	36.0	36.3	39.0	35.2	36.8	37.8

Med undtagelse af fodersukkerroer 1944, der som nævnt er tilført staldgødning, har der på ukalket været stor virkning af superfosfat. Til trods herfor har kalkning uden fosfattilførsel hævet udbyttet. Merudbyttet for superfosfat er størst på ukalket, mindre hvor der er givet 5 tons kalk og mindst efter 10 tons kalk. Dette viser, at kalkningen har ændret jordens fosfattilstand, og det er bemærkelsesværdigt, at fosfattilstandens forbedring vedbliver til højeste kalkmængde, der har medført

reaktionstal i jorden op til 7.9. Da kalkningens virkning er ubetydelig i de tre led, der er tilført 2000 kg superfosfat pr. ha i 1944 og 1950, kan man slutte, at i denne jord er kalkningens virkning hovedsagelig en forbedring af fosfattilstanden.

## II. Laboratorieundersøgelser af jord fra kalkforsøg.

I foregående afsnit er gennem resultater af dyrkningsforsøg vist, at kalkning af sur jord sandsynligvis forbedrer jordens fosfattilstand. For at belyse årsagerne til denne forbedring er der foretaget undersøgelser over jordernes indhold af organisk og uorganisk fosfat samt undersøgelser over de uorganiske fosfaters opløselighedsforhold i jordprøver udtaget 1951 i de tre forannævnte forsøg samt i prøver fra kalkforsøg ved Ribe, Hornum og Tylstrup forsøgsstationer, anlagt henholdsvis 1927, 1938 og 1921.

### a. Mineraliseringen af organiske fosforforbindelser.

Adskillige undersøgelser viser, at en stor part — oftest omkring halvparten — af jordens fosforindhold er til stede som organiske forbindelser, hovedsagelig proteinforbindelser og fyta-ter. *Damsgaard-Sørensen*, 1946, (16) finder ved undersøgelser af danske jorder, at 20—80 pct. af jordernes fosforindhold er til stede i organisk form.

Da laboratorieforsøg (17) har vist, at kalktilsætning fremmer omsætningen af organiske fosforforbindelser blandet i jord, må man vente, at kalkning af sur jord kan forøge mineraliserings hastighed og dermed nedsætte mængden af organiske fosforforbindelser. Ved undersøgelser af jord fra kalkforsøg anlagt 1920—21 ved Borris og Tylstrup forsøgsstationer finder *Damsgaard-Sørensen*, 1946, (16) da også, at jordernes indhold af organiske fosforforbindelser aftager ved stærk kalkning, således som det fremgår af følgende (her omregnede) analyseresultater:

Kalkmængde kg CaCO <sub>3</sub> pr. ha	Jordens indhold af fosfat, p. p. m. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>					
	Borris, mark K 1			Tylstrup, mark H 8		
	total	uorg.	org.	total	uorg.	org.
0.....	1211	365	846	1154	414	740
2000.....	1177	323	854	1166	410	756
4000.....	1207	365	842	1154	414	740
8000.....	1211	353	858	1147	493	654
16000.....	1177	432	745	1132	519	613
32000.....	1207	519	707	1098	602	496

(p. p. m. = parts per million = %:10000 = mg pr. kg jord).

I tabel 13 er opført resultater af tilsvarende undersøgelser, ved hvilke der er anvendt følgende analysemetoder (alle resultater er gens. af 2 bestemmelser).

Reaktionstal er målt med glaselektrode i en vandig opslemning af 10 g jord i 25 ml vand.

Glødetab. 20—35 g jord tørret ved 110° C i 16 timer og glødet ved 700° C i en time.

Total fosfat. 2—5 g tør jord glødet ved 600° C i en time. Rystet med 200 ml 0.2 n H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i 4 timer, filtreret og fosfat målt i filtratet.

Uorganisk fosfat. 2—5 g tør jord rystet med 200 ml 0.2 n H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i 4 timer, filtreret og fosfat målt i filtratet. Alle målinger af fosfat er foretaget kolorimetrisk efter *Truog* og *Meyers* modifikation af *Denigès* metode.

Total fosfat ÷ uorganisk fosfat = fosfor i organiske forbindelser. Kun i forsøgene på Tystofte, Tylstrup og Ribe har kalkningen bevirket en tydelig nedgang i indholdet af organisk bundet fosfor. I de øvrige forsøg kan de uregelmæssigt forløbende forskelle mellem forsøgsleddene skyldes forskel i jorden fra forsøgsled til forsøgsled.

I betragtning af, at 4000 kg kalk pr. ha i forsøget ved Jydevad kun har forøget afgrødernes fosforindhold med 4—5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pr. ha årlig = 30—40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pr. ha i forsøgstiden, hvilket svarer til 12—16 p. p. m. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fjernet fra jorden, kan de gennem udbyttet og afgrødeanalyser påviste forbedringer i jordernes fosfattilstand godt skyldes mineralisering af organisk fosforforbindelser, uden at analyser af jorderne kan eftervise det, idet disse er usikre på grund af forskel i jorden fra forsøgsled til forsøgsled, prøveudtagningsfejl og analysefejl.

Tabel 13. Analyser af jordprøver fra kalk- og superfosfattforsøg.

Forsøgssted og forsøgsled	kg kalk pr. ha	kg supf. pr. ha	Reaktions-tal	Gløde-tab pct.	Fosfatindhold, p.p.m. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
					total	uorg.	org.
Jyndeved Aa.....	0	0	4.8	2.65	573	126	447
— Ba.....	4000	0	5.7	2.48	538	117	421
— Ca.....	8000	0	6.4	2.47	595	128	467
— Da.....	12000	0	7.0	2.43	556	128	428
— Ac.....	0	2000 i 1944	4.8	2.66	648	188	460
— Bc.....	4000	do.	5.8	2.61	648	199	449
— Cc.....	8000	do.	6.5	2.56	639	190	449
— Dc.....	12000	do.	7.0	2.46	630	192	437
Trinderup Aa.....	0	0	6.1	4.76	902	174	728
— Ba.....	8000	0	6.7	4.80	914	188	726
— Ab.....	0	1000 i 1943 og 49	6.1	4.83	982	254	728
— Bb.....	8000	do.	6.7	4.83	1001	261	740
— Ac.....	0	2000 i 1943 og 49	6.2	4.91	1104	360	744
— Bc.....	8000	do.	6.7	4.92	1110	366	744
Tystofte Aa.....	0	0	6.6	3.43	650	179	472
— Ba.....	5000	0	7.3	3.42	637	179	458
— Ca.....	10000	0	7.6	3.54	648	195	453
— Ab.....	0	1000 i 1944 og 50	6.6	3.38	692	206	485
— Bb.....	5000	do.	7.3	3.46	680	227	453
— Cb.....	10000	do.	7.6	3.42	685	234	451
— Ac.....	0	2000 i 1944 og 50	6.4	3.47	765	268	497
— Bc.....	5000	do.	7.1	3.44	749	275	474
— Cc.....	10000	do.	7.5	3.74	797	332	465
Ribe 1.....	0	—	6.1	9.80	1414	748	666
— 3.....	10000	—	6.8	9.83	1362	726	636
Hornum, mark A 1.	0	—	5.0	8.19	822	160	662
— — 2.	5000	—	5.2	7.65	802	147	655
— — 3.	10000	—	5.7	8.10	847	142	705
— — 4.	20000	—	6.3	7.92	834	149	685
— — 5.	40000	—	7.5	8.03	859	169	690
— — 6.	60000	—	7.7	7.41	859	179	680
Tylstrup a.....	0	—	5.1	3.70	1500	760	740
— d.....	8000	—	5.4	3.82	1454	740	714
— g.....	32000	—	6.1	3.60	1401	694	707



b. Undersøgelser over jordfosfaternes opløselighedsforhold.

Ud fra den antagelse, at røddernes  $\text{CO}_2$ -udskillelse nedsætter jordens reaktion umiddelbart omkring planterødderne, og at denne reaktionssænkning har betydning for jordfosfaternes opløsning og optagelse, blev det besluttet at undersøge jordfosfaternes opløselighedsforhold gennem måling af opløst fosfat ved en række pH-værdier fra ca. 2.5 og op til jordens oprindelige pH.

Der blev anvendt følgende arbejdsmåde. 6—10 portioner à 20 g lufttør jord blev rystet med 200 ml vand indeholdende varierede mængder saltsyre (0—48 ml 0.1 n HCl. Kun en bestemmelse ved hver syremængde). Efter rystning på maskine målttes pH i opslemningen (med glaselektrode), og jorden blev filtreret fra på membranfilter. I filtratet målttes fosfat, beregnet i p. p. m.  $\text{P}_2\text{O}_5$  i lufttør jord. Da den anvendte analysemetode kun måler mængden af  $\text{PO}_4$ -ioner, må det antages, at undersøgelsen angiver de uorganiske fosfaters opløselighed. Ud fra målingerne kan fremstilles en funktion mellem opslemningens pH og indhold af opløst fosfat. Denne betegnes som opløsningskurven og undersøgelsens formål er da at se, om jord fra kalkforsøgenes forsøgsled har forskellige opløsningskurver, for i så fald er der mulighed for, at de uorganiske fosfaters optagelighed også er påvirket af kalkningen.

Under afprøvningen af ovennævnte arbejdsmetode viste det sig, at rystetiden øvede indflydelse på opløsningskurvens forløb.

Tabel 14. Opløst fosfat med forskellig rystetid, jord fra G-marken, Askov.

Tilsat ml 0.1 n HCl	Rystetid 1 time		Rystetid 24 timer		Rystetid 60 timer	
	pH	p.p.m. $\text{P}_2\text{O}_5$	pH	p.p.m. $\text{P}_2\text{O}_5$	pH	p.p.m. $\text{P}_2\text{O}_5$
0.....	6.0	15	6.0	19	6.1	19
2.....	5.1	21	5.3	21	5.5	19
4.....	4.6	30	4.8	26	5.0	23
8.....	3.7	51	4.0	33	4.2	28
12.....	3.2	60	3.5	38	3.6	31
16.....	2.9	76	3.1	50	3.2	39
20.....	2.6	91	2.9	61	3.1	53
30.....	2.3	132	2.5	124	2.6	110

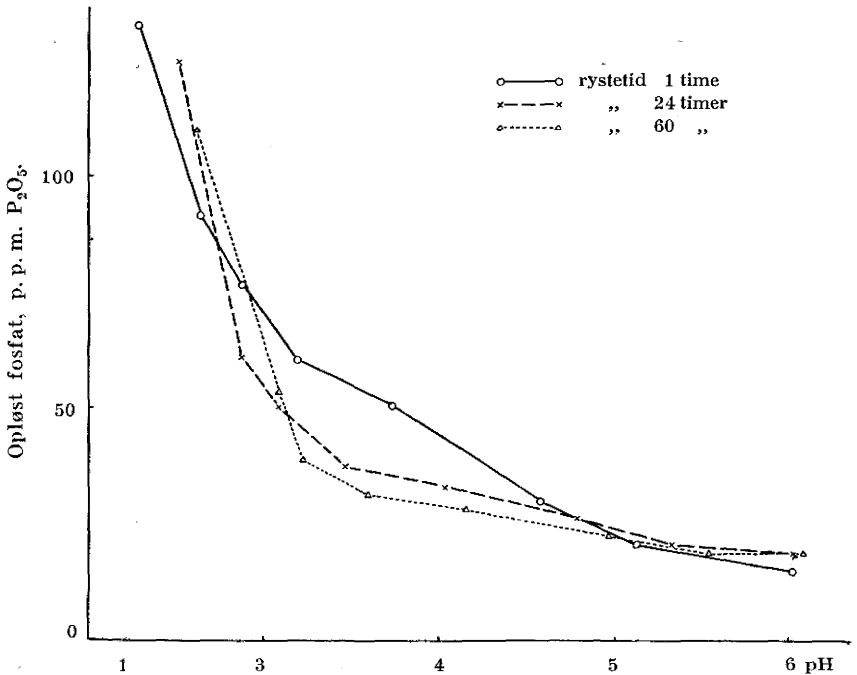


Fig. 1. G-marken.

Dette kan illustreres gennem en undersøgelse af en fosfatrig, let lermuldet jord fra G-marken, Askov forsøgsstation, hvor der blev sammenlignet opløsningskurver efter 1, 24 og ca. 60 timers rystning (sidstnævnte rystet ca. 60 timer indenfor 4 døgn). Resultaterne er vist i tabel 14 og fig. 1. Heraf fremgår, at pH ændres ved forlænget rystetid, men når man ser bort herfra og alene betragter funktionen mellem pH og opløst fosfat, finder man, at mængden af opløst fosfat aftager med tiltagende rystetid i pH-området fra ca. 3 til ca. 5. For pH-værdier under 3 tiltager mængden af opløst fosfat med tiltagende rystetid, og det samme er måske også tilfældet ved pH over 6, men her er mængderne så små, at forskellene er usikre.

For at finde den rystetid, der gav størst mængde opløst fosfat ved pH 3—4, udførtes en supplerende undersøgelse med samme jord, idet 8 portioner à 20 g jord alle tilsattes samme syremængde (12 ml 0,1 n HCl) og rystedes til forskellig tid.

Rystetid, timer	pH i opslemning	opløst fosfat p. p. m. $P_2O_5$
1/4	3.1	55
1/2	3.1	59
1	3.2	60
2	3.3	59
4	3.4	55
6	3.4	53
24	3.5	40
ca. 100	3.7	25

Dette forhold, at der indenfor et pH-område fra ca. 3 til ca. 5 (og i nogle tilfælde også ved lavere pH) først sker en opløsning og derpå en binding af det opløste fosfat, er foruden i de følgende refererede undersøgelser også fundet i 8 jorder af vidt forskellige typer. Forholdet er tidligere påvist af *Russell og Prescott*, 1916, (18), der finder, at jordens fosfat ved behandling med fortyndet syre først opløses og derpå bindes, medens mængden af opløst fosfat tiltager med stigende rystetid ved anvendelse af stærkere syre. Aftagende mængde opløst fosfat ved tiltagende rystetid er bl. a. påvist af *Lemmermann og Rautenberg*, 1949, (19), der undersøger opløseligheden i 1 pct. eddikesyre, som giver opslemningen pH mellem 3 og 5.

Ud fra *Gaarders* (20) undersøgelser over Fe-, Al- og Ca-fosfaters opløselighed ved forskellige pH-værdier kan nævnte fænomen forklares således. I neutral jord findes en del af de uorganiske fosfater som calciumforbindelser, der har ringe opløselighed over pH 6. Sænkes pH i en sådan jord til mellem 3 og 5 vil calciumfosfaterne opløses og fosfatet udfældes som Fe- og Al-fosfater (eller bindes adsorptivt af jordkolloider). Det fundne forhold, at den opløste fosfatmængde aftager med tiltagende rystetid mellem pH 3 og 5, kan derfor skyldes, at opløsningen af Ca-fosfaterne er hurtigere end udfældningen af Al- og Fe-fosfater. Under pH 3 vil også sidstnævnte fosfater opløses, hvorfor mængden af opløst fosfat kan tiltage med rystetiden eller aftage, hvis bindingen af opløst fosfat skyldes adsorption.

Ud fra denne forklaring må det ventes, at forskellen i mængden af opløst fosfat ved kort og lang rystetid i pH-området 3—5 vil være større i kalket jord, der indeholder mere calciumfos-

Tabel 15. Undersøgelser af jord fra kalk- og superfosfatforsøget på Jyndeved.

		Ryste- tid timer	ml 0.1 n HCl pr. 20 g jord							
			0	2	4	8	12	24	36	48
Jord Ac ukalket	pH i opslem.	1	5.1	3.5	3.1	2.7	2.5	2.1	—	—
	p.p.m. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1	3.3	2.3	3.4	4.8	5.7	7.8	—	—
	pH i opslem.	24	5.1	3.7	3.4	2.9	2.6	2.2	—	—
	p.p.m. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	24	2.5	1.1	2.3	8.5	17	34	—	—
Jord Bc 4000 k.	pH i opslem.	1	6.0	4.4	3.7	2.9	2.7	2.2	—	—
	p.p.m. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1	3.0	2.7	3.7	7.8	12	21	—	—
	pH i opslem.	24	6.1	4.8	4.0	3.2	2.9	2.4	—	—
	p.p.m. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	24	2.7	1.4	1.6	4.4	11	32	—	—
Jord Cc 8000 k.	pH i opslem.	1	6.7	5.3	4.3	3.4	2.9	2.3	2.0	—
	p.p.m. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1	3.0	3.4	5.0	8.2	13	25	31	—
	pH i opslem.	24	6.6	5.5	4.9	3.6	3.1	2.4	2.1	—
	p.p.m. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	24	2.5	1.8	2.1	3.0	6.6	28	37	—
Jord Dc 12000 k.	pH i opslem.	1	7.0	6.0	5.2	4.0	3.3	2.5	2.1	2.0
	p.p.m. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1	2.5	3.0	4.8	8.9	12	26	33	39
	pH i opslem.	24	7.0	6.2	5.5	4.4	3.6	2.6	2.2	2.0
	p.p.m. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	24	2.7	1.8	2.1	3.2	4.6	25	43	51

fat end ukalket jord. Derfor er undersøgelserne af jord fra kalkforsøg gennemført med såvel 1 times som 24 timers (2 × 12 timer indenfor 2 døgn) rystning.

I forsøgene ved Jyndeved, Trinderup og Tystofte er undersøgt jord fra de forsøgsled, der er tilført 2000 kg superfosfat pr. ha ved forsøgets anlæg (+ 2000 kg i 1949 eller 1950).

Resultaterne af undersøgelserne i jord fra kalk- og superfosfatforsøget på Jyndeved er vist i tabel 15 og fig. 2—3, og det ses heraf, at ved en times rystning er der stor forskel mellem opløsningskurverne fra de fire forskelligt kalkede jorder, medens kurvernes forløb er langt mere sammenfaldende efter 24 timers rystning. En undersøgelse med ca. 60 timers rystning indenfor 5 døgn (med kun 5 syremængder pr. jord) gav opløsningskurver med endnu mere ensartet forløb indenfor pH 3—5. Ved for hver jord at sammenholde opløsningskurverne for 1 og 24 timers rystning ses det, at der i alle jorder ved pH over ca. 3 er fundet mere opløst fosfat efter en times rystning end efter 24 timers, men at denne forskel mellem opløsningskurvernes

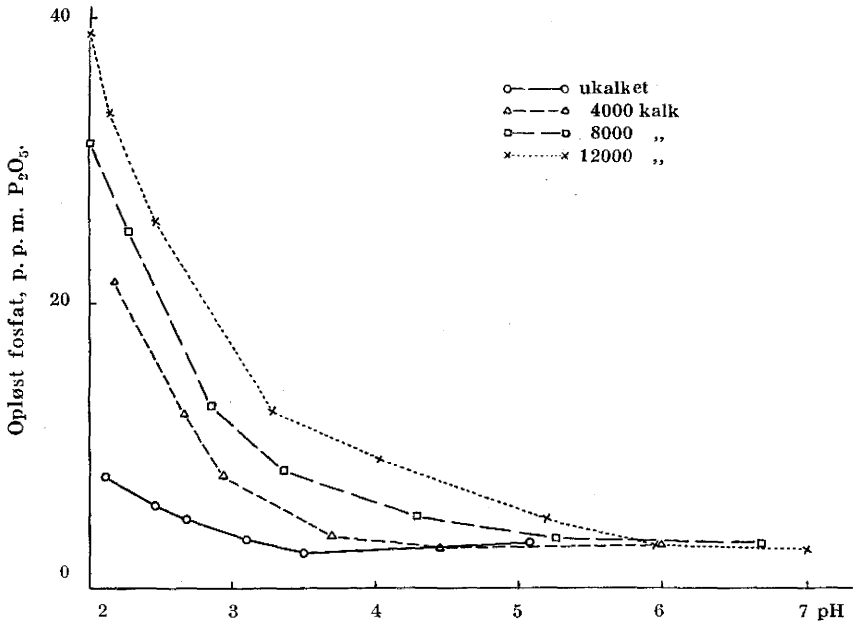


Fig. 2. Jord fra Jyndeved. Rystetid 1 time.

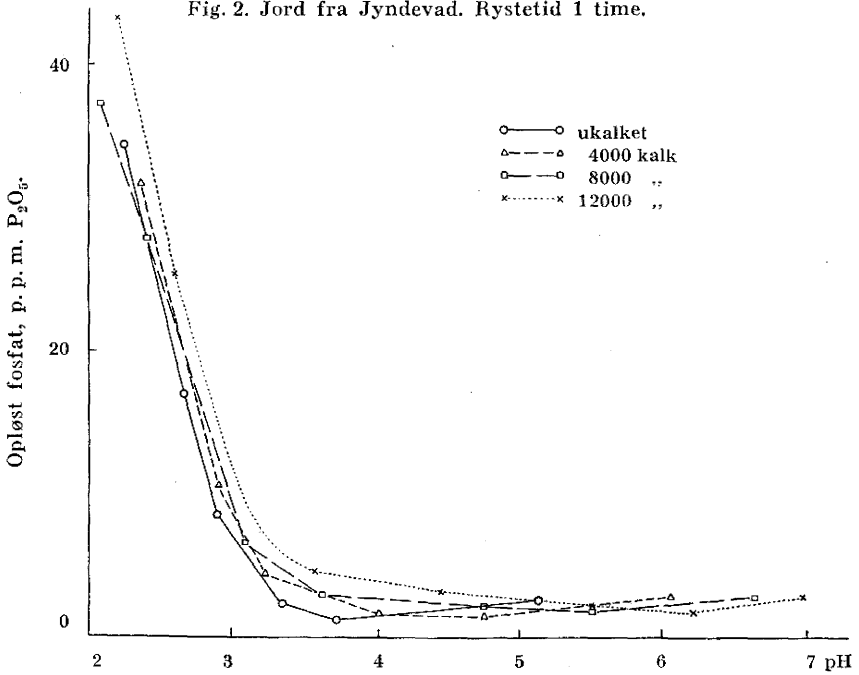


Fig. 3. Jord fra Jyndeved. Rystetid 24 timer.

forløb tiltager med stigende kalkmængde. Omvendt tiltager den opløste fosfatmængde med rystetiden ved pH under 3 og her mest for ukalket. Ved på kurverne at aflæse, hvor meget fosfat der er opløst ved pH 4 findes følgende:

	Rystetid i timer			p. p. m. $P_2O_5$	
	1	24	60		
Ukalket . . . . .	2.5	1.4	0.9	—	—
4000 kalk . . . .	3.2	1.6	1.4	—	—
8000 — . . . . .	5.7	2.5	2.1	—	—
12000 — . . . . .	8.9	3.7	2.5	—	—

Resultaterne af tilsvarende undersøgelser i jord fra Trinderup og Tystofte er vist i fig. 4 og fig. 5—6. Ved Trinderup er reaktionstallene i ukalket og kalket jord henholdsvis 6.2 og 6.7 (se tabel 13), og opløsningskurverne forløber også ret ens både ved en time og 24 timers rystning, og ved alle pH-værdier over ca. 3 er der fundet mindre opløst fosfat efter 24 timers rystning end efter en time. For lerjorden ved Tystofte har opløsningskur-

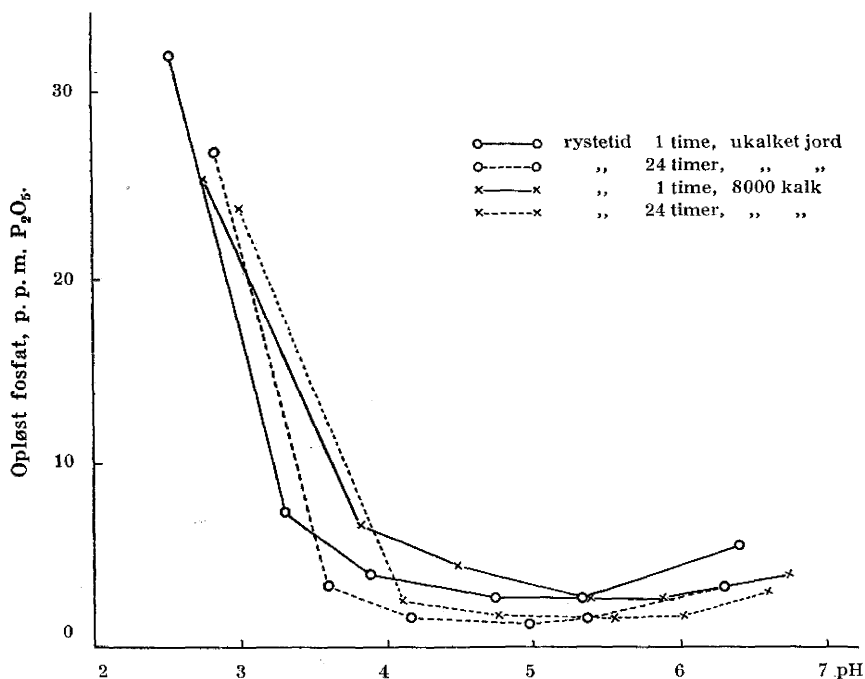


Fig. 4. Jord fra Trinderup.

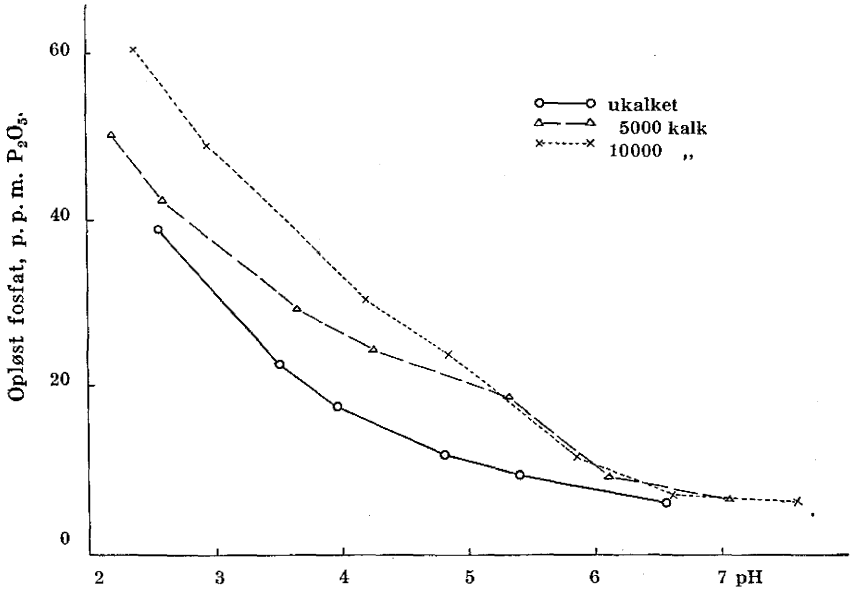


Fig. 5. Jord fra Tystofte. Rystetid 1 time.

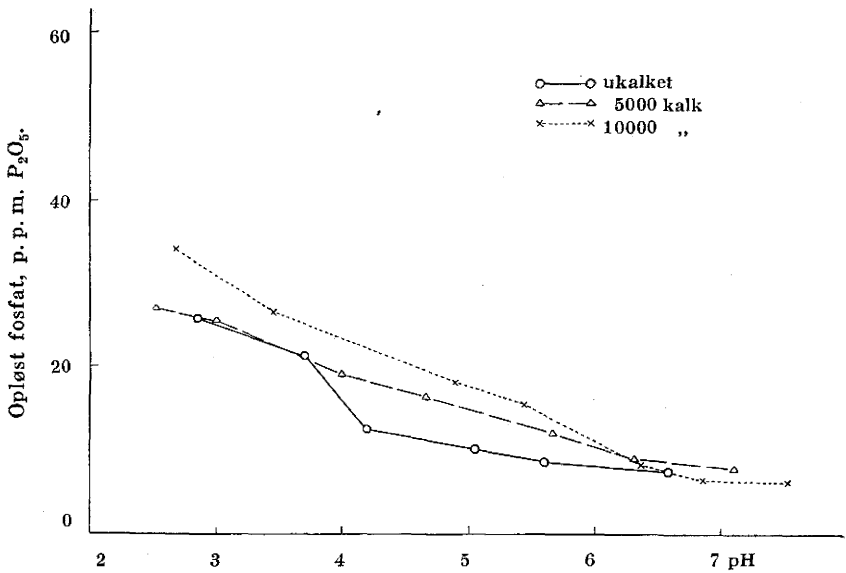


Fig. 6. Jord fra Tystofte. Rystetid 24 timer.

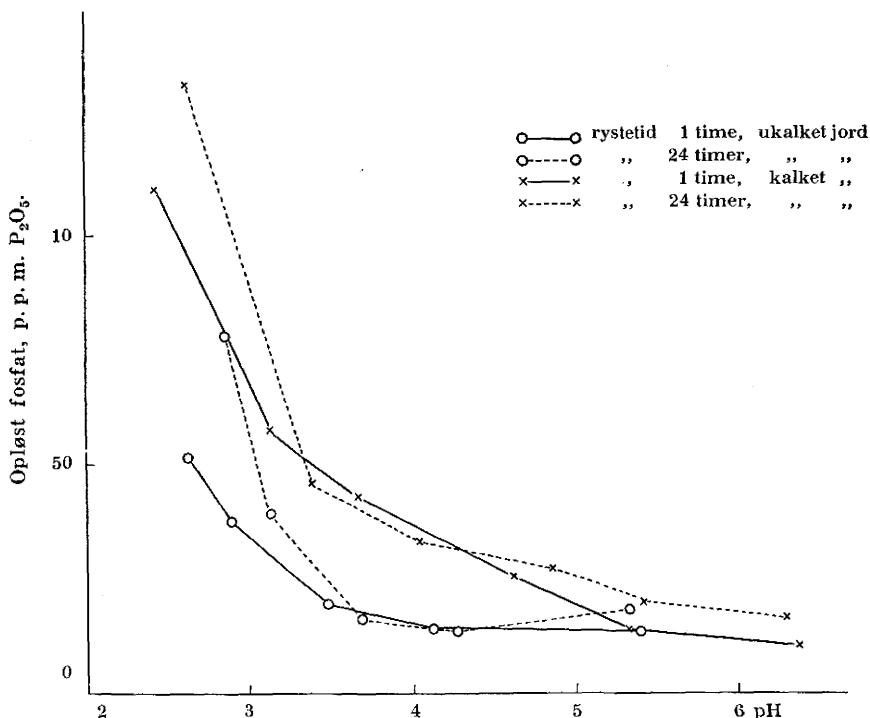


Fig. 7. Jord fra Tylstrup.

verne et andet forløb end for forannævnte sandjorder, og ved alle de prøvede pH-værdier under 6 er der opløst mindre fosfat ved 24 timers rystning end ved 1 time; dette gør sig dog stærkere gældende for de kalkede end for den ukalkede jord. Tilsvarende undersøgelser i ukalket og kalket jord (32000 kg kalk pr. ha 1921) fra Tylstrup (fig. 7) viser kun liden forskel i opløsningskurvernes forløb efter 1 og 24 timers rystning ud over, at mængden af opløst fosfat ved pH under 3 tiltager med øget rystetid. Der er endvidere gennemført lignende undersøgelser i jord fra kalkforsøg på Ribe og Hornum forsøgsstationer, men i begge tilfælde var de mængder fosfat, der blev opløst ved pH over 3—4 så små (oftest under 1 p. p. m. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), at usikkerheden på bestemmelserne tilslørede opløsningskurvernes forløb for meget.

Disse undersøgelser, der må betegnes som rent orienterende, viser trods deres usikkerhed (på grund af mangel på fælles-



bestemmelser og mangel på standardiserede temperaturforhold under rystning m. v.), at kalkningen øver indflydelse på fosfatets opløselighedsforhold ved kort rystetid, og at der derfor er mulighed for, at kalkningen også påvirker de uorganiske fosfaters optagelighed.

Det må tilføjes, at foruden de to undersøgte forhold — mineralisering af organisk bundet fosfor og jordfosfaternes opløselighedsforhold i fortyndet saltsyre — er der mange andre forhold vedrørende jordfosfaternes og tilført gødningsfosfats opløselighed og tilgængelighed, som kalkning kan øve en væsentlig indflydelse på.

### III. Oversigt.

I 1943—51 er der ved Jyndevad, Trinderup og Tystofte gennemført fastliggende forsøg med 2—4 forskellige kalkmængder kombineret med 3—4 mængder superfosfat, således at forsøgene omfatter 6—16 forsøgsled.

I alle tre forsøg har der i rodfrugt- og kornafgrøder været stor virkning for tilførsel af superfosfat, medens lupiner ved Jyndevad har groet udmærket uden superfosfat og kun givet ubetydeligt merudbytte for tilførsel af superfosfat.

På sandjorden ved Jyndevad, der i ukalket har reaktions-tal omkring 5, har moderat kalkning (4000 kg pr. ha, Rt ca. 6) givet udmærket virkning i alle afgrøder undtagen i lupiner. Stærkere kalkning nedsætter udbyttet af kålroer og lupiner, medens den øger udbyttet af rug og havre lidt. Da moderat kalkning forøger udbyttet af kålroer, rug og havre selv uden tilførsel af superfosfat, og da kalkningen øger fosfatoptagelsen i nævnte afgrøder, må det antages, at forbedringen i afgrødernes muligheder for fosfatoptagelse er en af de væsentlige årsager til kalkningens udbyttefremmende virkning på denne jord.

Ved Trinderup, hvor sandjorden i forvejen havde reaktions-tal omkring 6, har kalkning (8000 kg kalk pr. ha) kun forøget udbyttet i sukkerroer, og kun i denne afgrøde tyder udbyttetallene på, at kalkning har kunnet modvirke den stærke fosfatmangel.

På lerjord ved Tystofte har såvel kalk som superfosfat givet store udbyttetilvækster (Rt i ukalket var ca. 6.5), og udbytte-tallene tyder på, at kalkningens væsentligste virkning er at fremme fosfatoptagelsen.

Disse tre forsøg viser således, at kalkning kan forbedre en jords fosfattilstand — d. v. s. forøge afgrødernes muligheder for at optage fosfat — sålænge der ikke kalkes til højere reaktion end den, der gennem kalkforsøg har vist sig at være passende for vedkommende jordtype.

Undersøgelser af jordprøver fra de nævnte tre forsøg samt fra kalkforsøg på Ribe, Hornum og Tylstrup forsøgsstationer har vist, at kalkning kan nedsætte jordens indhold af organiske fosforforbindelser, antagelig gennem en forøgelse af mineraliseringshastigheden, og dette kan være medvirkende til den forøgelse af afgrødernes fosfatoptagelse, som kalkningen kan bevirke.

Endvidere er det ved laboratorieundersøgelser vist, at der i neutral jord — ved sænkning af pH til mellem 3 og 5 ved til-sætning af fortyndet saltsyre — opløses mest fosfat ved en times rystning, og øget rystetid nedsætter mængden af opløst fosfat. Denne midlertidige opløsning af fosfat er langt større i de kalkede jorder fra ovennævnte forsøg end i de ukalkede jorder. Da kalkningen således ændrer på jordfosfaternes opløselighedsforhold, er der også mulighed for, at disse fosfaters optagelighed ændres ved kalkningen.

### Summary.

#### The Effect of Liming on the Phosphate Status of Acid Soils.

At Jynde vad and Trinderup (Jutland) and Tystofte (Seeland) permanent field experiments were conducted from 1943 to 1951. Two to four different amounts of lime were combined with three or four amounts of superphosphate, the experiments thus comprising six to sixteen combinations.

Root and cereal crops have show a big response to superphosphate in all three experiments, while lupins at Jynde vad produced an excellent growth without superphosphate and showed only a slight increase in yield when superphosphate was applied.

At Jyndeavad, where the unlimed sand soil had pH approx. 5, all crops except lupins showed an excellent response to moderate liming (4000 kg per hectare, to pH approx. 6). Heavier liming decreased the yields of swedes and lupins, but produced minor increases in the yields of rye and oats. Since moderate liming increases the yields of swedes, rye and oats even without application of superphosphate, and since liming promotes the uptake of phosphate by these crops, we may assume that improvement of the opportunity for the crops to take up phosphate is one of the chief causes of increases in crop yield due to liming on this soil.

At Trinderup, where the sand soil originally had pH approx. 6, the application of 8000 kg lime per hectare increased the yield of sugar beets only. In this crop alone the figures indicate that liming has been able to counteract the marked phosphate deficiency.

In loam soil at Tystofte (pH of unlimed soil approx. 6.5) lime as well as superphosphate produce large increases in crop yield. The figures indicate that the essential effect of liming has been to promote phosphate uptake.

These three experiments thus show that liming may improve the phosphate status of a soil (i. e., favour the uptake of phosphate by the crops), provided that the soil is not limed to a pH higher than that which has been shown by liming experiments to be the most suitable for the soil type in question.

Analyses of soil samples from the three experiments and from liming experiments at the Ribe, Hornum and Tylstrup Experiment Stations have shown that liming may decrease the amount of organically-bound phosphorus in the soil, presumably through an acceleration of the rate of mineralization. This may be a contributory cause of the increased crop uptake of phosphate due to liming.

Laboratory investigations have further shown that the maximum quantity of phosphate brought into solution from neutral soil by addition of dilute hydrochloric acid to pH 3-5 is obtained by shaking for one hour; with increasing time of shaking the amount of dissolved phosphate decreases. This temporary dissolving of phosphate is much stronger in the limed soils from the above mentioned experiments than in unlimed soil. Since liming thus alters the solubility of the soil phosphates, it also seems possible that the liability of these phosphates to uptake by the crops is altered by liming.

### Litteraturfortegnelse.

1. *Dorph-Petersen, K.*: Forsøg med stigende Mængder Kalk og Mergel. 400. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur. Tidssk. f. Planteavl. B. 51. 1947. S. 1—113.

2. *Iversen, Karsten og Dorph-Petersen, K.*: Forsøg med staldgødning og kunstgødning på sandjord ved Lundgaard og Tylstrup 1927—46. 419. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur. Tidssk. f. Planteavl. B. 53. 1949. S. 33—84.
3. *Iversen, Karsten og Dorph-Petersen, K.*: Forsøg med staldgødning og kunstgødning ved Askov 1894—1948. 440. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur. Tidssk. f. Planteavl. B. 54. 1951. S. 369—538.
4. *Tind-Christensen, C. J.*: Gødnings- og kalkforsøg på dynd- og klægjorder. 439. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur. Tidssk. f. Planteavl. B. 54. 1951. S. 318—335.
5. 48. og 49. Beretning om Planteavlsarbejdet i Landboforeningerne i Jylland. 1948 og 1949. Henholdsvis s. 394 og 444.
6. *Tind-Christensen, C. J.*: Fortsatte Forsøg med Kvælstof, Fosforsyre og Kali uden og med Kalktilførsel til Marskjord 1924—1947. 413. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur. Tidssk. f. Planteavl. B. 52. 1948. S. 189—222.
7. *Salter, R. M. and Barnes, E. E.*: The efficiency of soil and fertilizer phosphorus as affected by soil reaction. Ohio Experiment Station Bulletin 553. 1935.
8. *Davis, F. L. and Brewer, C. A.*: The effect of liming on the absorption of phosphorus and nitrogen by winter legumes. Journal of the American Society of Agronomy. Vol. 32. 1940. p. 419—425.
9. *Paauw, F. van der*: Invloed van de kalktoestand op de beschikbaarheit van fosfaat op zandgrond. (Relation between the lime status and the availability of phosphate on a sandy soil). Verslag van Landbouwkundige Onderzoekingen 56. 1950.
10. *Gericke, S.*: Phosphorsäure und Kalkdüngung auf sauren Böden. Landwirtschaftliche Versuchsanstalt der Thomasphosphat-Erzeuger, Essen-Bredeneu. 1951.
11. *Franck, O.*: Undersökningar rörande fosforsyrans fastläggning i marken samt därmed sammanhörande gödslings- och kalkningsspörsmål. Meddelande nr. 483 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet. 1937.
12. *Semb, Gunnar*: Orienterende karforsøk over forholdet mellom jordens surhetsgrad og fosfatvirkningen. Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole 1943.
13. *Bondorff, K. A. og Steenbjerg, F.*: Studier over Jordens Fosforsyreindhold. I. Jordfosforsyrens Opløselighed. 256. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur. Tidssk. f. Planteavl. B. 38. 1932. S. 272—308.
14. *Bondorff, K. A.*: Studier over jordens fosforsyreindhold. V. En ny fremgangsmåde ved undersøgelsen af jordens fosforsyreindhold. 426. Be-

- retning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur. Tidssk. f. Planteavl. B. 53. 1950. S. 336—342.
15. *Iversen, Karsten og Dorph-Petersen, K.*: Forsøg med store Mængder Fosforsyre- og Kaligødning. Jordbundsanalyser og Markforsøg 1940—46. 406. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur. Tidssk. f. Planteavl. B. 51. 1948. S. 438—479.
  16. *Damsgaard-Sørensen, P.*: Studier over Jordens Fosforsyreindhold. IV. Det organisk bundne Fosfor. Tidssk. f. Planteavl. B. 50. 1946. S. 653—675.
  17. *Pearson, R. W., Norman, A. G. and Chung Ho*: The mineralization of the organic phosphorus of various compounds in soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Vol. 6. 1941. p. 168—175.
  18. *Russell, E. J. and Prescott, J. A.*: The reaction between dilute acids and the phosphorus compounds of the soil. Journal of Agricultural Science. Vol. 8. 1916. p. 65—110.
  19. *Lemmermann, O. und Rautenberg, E.*: Das verschiedene Verhalten der Phosphorsäureverbindungen des Bodens gegenüber 1%igen Essigsäure. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde. B. 43. (88). 1949. S. 193—207.
  20. *Gaarder, T.*: Die Bindung der Phosphorsäure im Erdboden. Medd. nr. 14 fra Vestlandets forstlige Forsøksstation. 1930. S. 1—140.