

Studier over forskellige Fosfaters Gødningsværdi.

II. Om nogle Ferri- og Aluminiumfosfaters Gødningsværdi.

Ved J. Find Poulsen.

411. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Formaalet med de i nærværende Beretning omhandlede Karforsøg har været at undersøge Virkningen af Ferri- og Aluminiumfosfater, fremstillet og behandlet paa forskellig Maade. Der er endvidere i Forsøgene medtaget enkelte andre Fosfater. I Tilslutning til disse Undersøgelser er de anvendte Fosfatgødningers Opløselighedsforhold undersøgt.

Forsøgene er Led i et Arbejde over den laboratoriemæssige Bestemmelse af forskellige Fosfaters Gødningsværdi med Tilknytning til Undersøgelser, der udføres over Jordens Fosforindhold. De er udførte ved Statens Planteavls-Laboratorium i 1945 og 1946; og Beretningen er udarbejdet af Afdelingsbestyrer J. Find Poulsen.

Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Beretningens Afsnit er følgende:

Indledning	616
Fremstillingen og Sammensætningen af de benyttede Ferrifosfater	617
Karforsøget 1945	619
Fremstillingen og Sammensætningen af de benyttede Aluminiumfosfater	627
Karforsøget 1946	628
Laboratorieforsøgene	635
Oversigt	638

Indledning.

Mineraljorder med lavt Reaktionstal og okkerholdige Humusjorder vil i højere Grad end andre Jorder baandlægge vandopløselige Fosforforbindelser i Form af tungtopløselige Ferri- og Aluminiumfosfater. Disse Forbindelser kommer ikke til Udtryk i Fosforsyretallet, og der regnes saaledes heller ikke med, at deres Virkning paa Afgrøden kan være af væsentlig Betyd-

ning. Der findes imidlertid okkerholdige Humusjorder, som binder tilførte vandopløselige Fosforforbindelser meget stærkt, men som alligevel giver et ret betydeligt Udbytte uden Fosfortilførsel og intet Udslag for tilført Fosfor. Man kan derfor ikke se bort fra, at der i Jorden kan forekomme Jern-, eventuelt ogsaa Aluminium-Fosforforbindelser af forskellig Art, og hvoraf nogle kan have en ikke ubetydelig Gødningsvirkning.

Hvorledes Jern — Aluminium — Fosforforbindelser i Jorden er sammensat, vides ikke, men man ved, at Ferrifosfat H (det almindelige Handelspræparat) kun har en meget ringe Gødningsvirkning, og at Aluminiumfosfater virker noget bedre, fordi de lettere hydrolyseres i Jorden end Ferrifosfater.

Ferrifosfat H blev i 1944 prøvet i Karforsøg (1). I disse Forsøg er yderligere prøvet en Del Ferrifosfater, der er udfældet og behandlet paa forskellig Maade, samt nogle Aluminiumfosfater, foruden det almindelige Handelspræparat, Aluminiumfosfater, der er fremstillet og behandlet forskelligt, før de blev tilført Karrene.

Fremstillingen og Sammensætningen af de benyttede Ferrifosfater.

Ifølge *Gaarder* (2) er Udfældningen af Fosfor med et Ferrisalt afhængig af Fældningsbetingelserne. Benyttes saaledes sekundært Natriumfosfat og Ferriklorid og varieres Reaktionen ved Tilsætning af Natriumhydroxyd og (eller) Saltsyre, forekommer maksimal Fældning af Fosfor ved forskellig Reaktion, alt eftersom der anvendes større eller mindre Overskud af Jern i Forhold til Fosfor.

Ved ækvivalente Mængder af Jern og Fosfor forekommer maksimal Fældning ved Reaktionstallet 2.2. Ved større Overskud af Jern ved Reaktionen 3—4 og ved endnu større Overskud ved 3.8—7.5.

Disse Muligheder for Udfældning af mere eller mindre af den forhaandenværende Fosfor vil vel ogsaa i nogen Grad være til Stede i Jorder, hvor der er Betingelser for Dannelsen af Ferrifosfater, idet saavel Jordvædsakens Reaktion som dens Saltindhold kan være forskellig fra en Lokalitet til en anden. Ogsaa Sammensætningen af de udfældede Ferrifosfater vil under saadanne varierende Forhold være forskellig.

De til Karforsøgene benyttede Ferrifosfater er derfor udfældet ved forskellig Reaktionstal, idet der er anvendt forskel-

lige Mængder af en 1 n Natriumhydroxydopløsning til lige Mængder af en 0.5 molær Opløsning af Ferriklorid og en 0.5 molær Opløsning af Fosfor fremstillet af Superfosfat.

Udfældningen er foretaget i Liter-Bægerglas ved Afpipettering af de beregnede Mængder af Opløsningen i Rækkefølgen Fosfat, Ferriklorid og Natriumhydroxydopløsningen. Blandingen blev derpaa omrørt og opvarmet til Kogning. Efter Hensland ca. 10 Minutter filtreredes gennem Foldefilter, hvorpaa der i det følgende Døgn, ogsaa om Natten, blev udvasket, til Klor ikke længere — eller kun ganske svagt — lod sig paavise i Filtratet. Reaktionstallet maales i Filtratet før Udvasningen.

Der fremstilledes paa denne Maade 4 »Ferrifosfater«, der udfældedes inden for følgende Reaktionsomraader: 2.5—3, 6—6.5, 7—7.5 og 8.5—9. Hvert Fosfat blev derpaa delt i 3 Portioner. Den ene Portion anvendtes i frisk fældet Tilstand, den anden efter at være tørret til konstant Vægt ved 100° og den tredje efter at være tørret og derpaa glødet til konstant Vægt. Gødningerne blev analyseret for Totalindhold af Fosfor og Jern med det i Tabel 1 anførte Resultat.

Tabel 1. Fosfor (P) og Jern (Fe) i de udfældede Ferrifosfater. pCl. i Tørstof.

Gødningens Betegnelse	P	Fe	$\frac{\text{Fe}}{\text{P}}$
Friskfældet Rt 2.5—3.....	17.60	21.65	1.23
do. » 6—6.5.....	13.00	23.80	1.83
do. » 7—7.5.....	12.50	22.55	1.80
do. » 8.5—9.....	11.40	26.35	2.31
Tørret v/100° Rt 2.5—3.....	17.80	21.70	1.22
do. » 6—6.5.....	12.60	23.20	1.84
do. » 7—7.5.....	12.75	22.80	1.79
do. » 8.5—9.....	11.55	25.00	2.16
Glødet Rt 2.5—3.....	21.25	26.25	1.24
do. » 6—6.5.....	15.20	27.60	1.82
do. » 7—7.5.....	14.65	26.15	1.78
do. » 8.5—9.....	13.15	28.45	2.16

Ved det laveste og det højeste Reaktionstal er Forholdet, $\frac{\text{Fe}}{\text{P}}$, henholdsvis lavt og højt, det vil sige, at der paa en Fosforenhed findes henholdsvis lidt og meget Jern i det fremkomne Bundfald. Ved de mellemste Reaktionstal, 6.0—7.5, er Forhol-

det $\frac{\text{Fe}}{\text{P}}$ ret konstant, idet det udgør ca. 1.80, hvad der svarer til Forholdet mellem Jern og Fosfor i Ferrifosfat med den kemiske Formel FePO_4 . Denne Forbindelse indeholder ca. 20 pCt. P og ca. 37 pCt. Fe. Som det fremgaar af Tabellen, er de udfældede Ferrifosfater i deres S sammensætning afvigende herfra og maa formentlig betragtes som Hydroxydsalte med et varierende Indhold af Ferrihydroxyd.

Karforsøget 1945.

Forsøgene udførtes i Standardkar, der rummer 21.75 kg Jord. Jordoverfladen er 500 cm². Afgrøden var Keniabyg, 25 Planter pr. Kar. Jorden var en fosforsyrefattig Sandmuld med Rt 5.2 og Ft 0.7. Ved Indblanding af kulsur Kalk i Jorden blev Reaktions-tallet hævet til 6.5.

Som Maalegødning anvendtes sekundært Kalciumfosfat, og der blev heraf og af de forannævnte Ferrifosfater anvendt 3 Mængder, beregnet af det totale Indhold af Fosfor, og svarende til 0.40, 0.80 og 1.20 g P₂O₅ pr. Kar.

Karrene blev grundgødet med 3 g Kvælstof (N) i Kaliumnitrat, 1 g Natriumklorid, 5 g Kalciumsulfat, 1.5 g Magniumsulfat, 0.5 g Manganosulfat og 0.3 g Ferriklorid. Der anvendtes 5 Fælleskar, for grundgødet dog 10.

Saningen fandt Sted den 13. April med 35 Kærner af afsvampet Byg pr. Kar. I Vækstperioden blev Karrene tilført Vand — om fornødent dagligt — indtil 60 pCt. af Jordens Vandkapacitet.

Springen forløb ret uensartet, vel navnlig paa Grund af Kulde og Regn, og først den 23. April var alle Spirerne brudt frem. Udtyn-dingen af Plantebestanden til 25 Planter pr. Kar fandt Sted den 14. Maj.

Den 22. Maj var det fjerde Blad ved at bryde frem, og Busknin-gen begyndte. Der fandtes en Del brune Bladspidser og knækkede Blade, grundet paa Kulde og Blæst, navnlig i de svagest udviklede Afgrøder, det vil sige i de grundgødede Kar og Karrene tilført de tørrede og glødede Ferrifosfater. Væksten var tydeligt paavirket i gunstig Retning af de tilførte Fosformængder, bedst i Karrene tilført sekundært Kalciumfosfat, og dernæst i Karrene tilført Ferri-fosfat, frisk fældet. Tilsyneladende var Planterne upaavirket af det Reaktionsstal, hvorved Ferrifosfaterne var udfældet.

Den i sidste Halvdel af Maj konstaterede Forskel i Væksten for stigende Mængder Fosfor i de tørrede og glødede Ferrifosfater ud-lignedes senere i Vækstperioden. Afgrøderne i disse Kar maatte da bedømmes som ikke meget bedre end Afgrøderne i de grundgødede Kar.

I Begyndelsen af Juli fandtes Bladlus paa Afgrøderne, som derfor blev sprøjtet med en 0.1 pCt. Nikotinopløsning.

Den 24. Juni begyndte Skridningen, først i Karrene, der var tilført sekundært Kalciumfosfat, dernæst i Karrene tilført Ferrifosfat, frisk fældet. Gennemskridningen var for alle Afgrøder afsluttet den 2. Juli.

Trods den forskellige Udvikling af Afgrøderne i Vækstperioden modnede Afgrøderne mod Forventning ret ensartet og samtidigt, saa der kunde høstes den 20. og 21. August.

Høstresultaterne m. m. er anført i Hovedtabellen, Tabel 2, som findes Side 625 og 626. I den følgende Oversigt er anført enkelte Data fra denne Tabel.

Gødning	Rt*)	g Tørstof pr. Kar for tilført g P ₂ O ₅		
		0.40	0.80	1.20
Sek. Kalciumfosfat.	—	73.7	98.1	109.8
Ferrifosfat, frisk fældet.	2.5—3.0	66.1	79.7	103.5
do. do. tørret v/100°	2.5—3.0	59.4	57.4	57.6
do. do. glødet.	2.5—3.0	57.5	61.0	55.0
Ferrifosfat, frisk fældet.	6.0—6.5	60.4	66.0	83.3
do. do. tørret v/100°	6.0—6.5	54.8	57.2	53.6
do. do. glødet.	6.0—6.5	54.8	57.5	56.2
Ferrifosfat, frisk fældet.	7.0—7.5	66.7	74.8	87.7
do. do. tørret v/100°	7.0—7.5	53.8	60.0	61.1
do. do. glødet.	7.0—7.5	56.9	56.7	55.2
Ferrifosfat, frisk fældet.	8.5—9.0	69.4	81.8	99.7
do. do. tørret v/100°	8.5—9.0	57.5	61.7	72.0
do. do. glødet.	8.5—9.0	57.8	58.5	52.1

Grundgødet

56.0

*) Ferrifosfaterne udfældedes i de anførte Reaktionsintervaller (se Side 618).

Som det fremgaar af Oversigten, har flere af de Forsøgsled, der var tilført tørrede og glødede Ferrifosfater, giver et mindre Udbytte — udtrykt i g Tørstof i alt — end det grundgødede Forsøgsled. Det er, som det ses af Tabel 2, Halmudbyttet, der svigter, hvorimod der er positive Udslag i Kærneudbyttet.

Der kan ikke peges paa nogen egentlig Grund, f. Eks. Giftvirkninger af de tørrede og glødede Ferrifosfater, til de negative Udslag, der vel forøvrigt heller ikke kan tillægges reel Be-

tydning, idet de, som det fremgaar af det følgende, ligger indenfor Fejlgrænsen, 2 M_d.

Beregningen af Middelfejlen M_d, paa Merudbyttet er udført paa samtlige Resultater under eet og udgør ± 3.00 g. Sætter man 2 Gange Middelfejlen som Fejlgrænse, er 6.00 g Tørstof det mindste Merudbytte, der kan regnes som reelt.

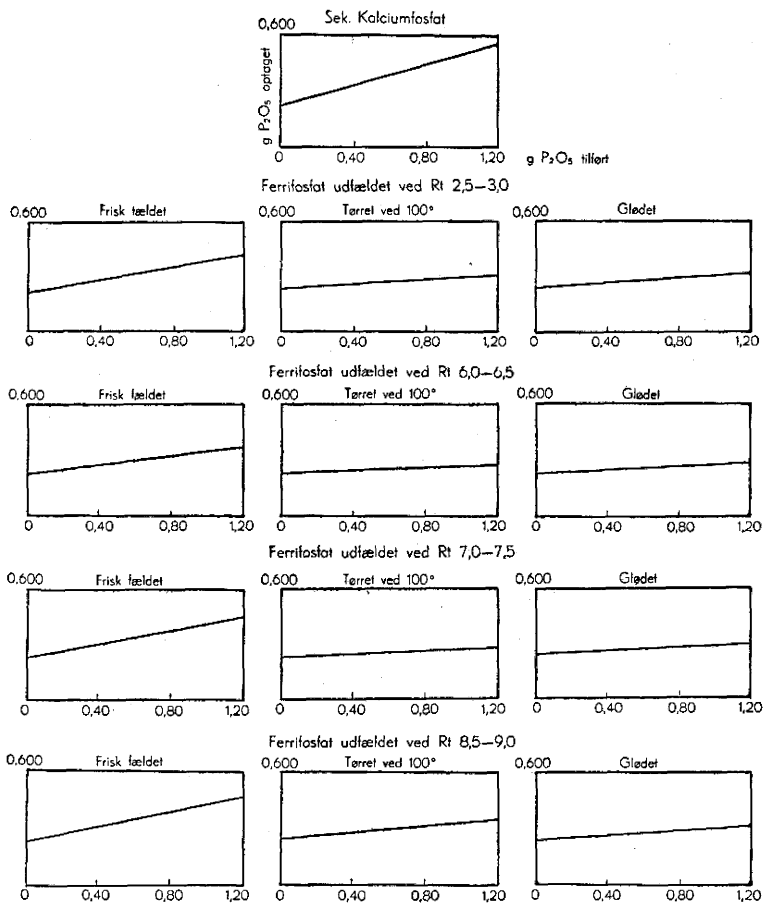
Skønt den anvendte Jord var meget fosforsyrefattig, og der er anvendt stigende Mængder af ret forskellige Fosforgødninger, finder man kun ringe Variation i Afgrødernes procentiske Indhold af Fosfor. Dette ses ogsaa af Udnyttelseskoefficienterne, der er anført i Tabel 2, sidste Rubrik.

I Sammenligning med Karforsøget i 1944 (1), hvor der med samme Slags Jord og samme Afgrøde udførtes Forsøg med forskellige Fosforgødninger, har Afgrøderne i dette Forsøg et usædvanligt højt procentisk Indhold af Fosfor, hvad der naturligvis giver tilsvarende lave Udnyttelseskoefficienter.

Ser man paa den optagne Fosformængde og Stofproduktionen, finder man, at den Uregelmæssighed, som nogle af Forsøgsleddenes Udbytte udviser, ogsaa gør sig gældende for Fosforoptagelsen. Ved de tørrede og glødede Ferrifosfater er Optagelsen hyppigt mindre fra den større end fra den mindre Tilførsel, og i et enkelt Tilfælde endog mindre end fra Grundgødet. Ser man imidlertid alene paa Optagelsen fra de to mindste Tilskud, 0.40 og 0.80 g P₂O₅ pr. Kar, finder man dog, at Optagelsen — fraregnet en enkelt Undtagelse — er stigende med Tilskudets Størrelse. Forholdet mellem tilført og optaget Fosfor kan nogenlunde gengives ved en ret Linie, det vil sige, at Optagelsen ret nær er proportional med Tilførslen. Ved en Udjævning efter Ligningen $o = c + R$, hvor R er Optagelseskoefficienten og c den fra Grundgødet optagne Fosformængde, bliver Forholdet grafisk, som det ses af Figur 1. Beregnet optaget Fosfor er ogsaa anført for det største Tilskud, 1.20 g P₂O₅ pr. Kar.

Som man maatte vente, er den rette Linie, der angiver optaget Fosfor i Forhold til tilført, mest stejl for sekundært Kalciumfosfat, dernæst kommer Ferrifosfat, frisk fældet. For de tørrede og glødede Ferrifosfater stiger den rette Linie kun lidt, et Udtryk for disse Fosfaters ringe Værdi for Planteproduktionen.

Der er en Antydning af, at Ferrifosfaterne, udfældet henholdsvis i det laveste og højeste Reaktionsinterval, 2.5—3 og 8.5—9, er nok saa let optagelige som Ferrifosfaterne, udfældet i det mellemliggende Interval, 6—7.5.



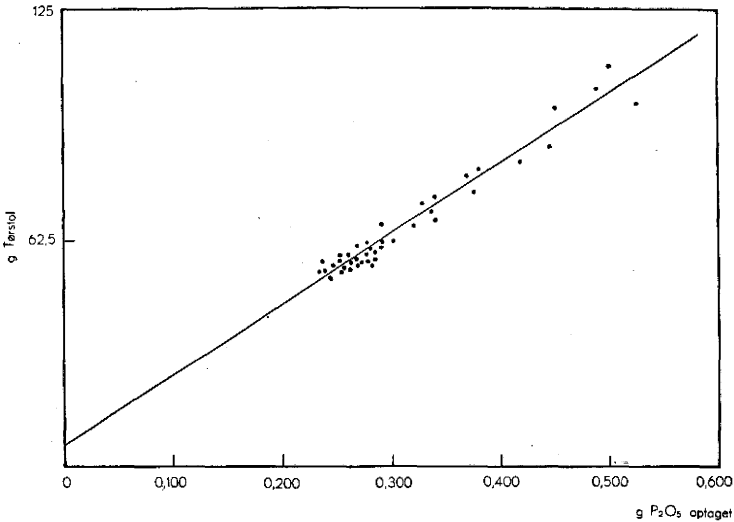
Figur 1. Forholdet mellem tilført og optaget Fosfor (P_2O_5). (Udjævnede Værdier).

Som omtalt Side 620, er der ingen større Forskel paa Udnyttelseskoeficienterne for Fosfor. Stofproduktionen kan derfor i dette Forsøg betragtes som en eentydig Funktion af den optagne Fosformængde. Dette fremgaar af Figur 2, hvor Forholdet mellem Udbytte og optaget Fosfor er fremstillet grafisk.

Sammenhængen mellem Udbytte og optaget Fosfor er beregnet ud fra den retliniede Regressionsligning

$$y = 192.2 x + 5.98,$$

hvor y er Udbyttet og x den optagne Fosformængde. Det ses, at y ikke bliver 0 for $x = 0$, hvad der skyldes Usikkerheden paa saavel Udbyttetallene som Tallene for optaget Fosfor.



Figur 2. Forholdet mellem Udbytte og optaget Fosfor (P_2O_5).

Fosforgødningernes indbyrdes Værdiforhold.

Som anført Side 620, er Merudbyttet af de tørrede og glødede Ferrifosfater ret usikkert. Det indbyrdes Værdiforhold mellem Gødningerne kan derfor vanskeligt bestemmes paa sædvanlig Maade, grafisk eller ved Hjælp af Merudbytteligningen paa Standardgødningen.

Som Figur 2 viser, kan Stofproduktionen betragtes som en eentydig Funktion af den optagne Fosformængde, og da de forskellige Gødninger er prøvet under ens Forhold, er Værdiforholdet mellem Gødningerne derfor Forholdet mellem Optagelseskoefficienterne. Det maa dog erindres, at Optagelseskoefficienterne, som omtalt Side 621, kun er bestemt ud fra de to første Gødningstilskud, 0.40 og 0.80 g P_2O_5 pr. Kar. Disse Optagelseskoefficienter og de her ud fra beregnede Værdital er anført i Tabel 3, hvor tillige Merudbyttet for 2. Tilskud af Fosfor, 0.80 g P_2O_5 pr. Kar, er anført.

I Overensstemmelse med Væksten i Karrene i Sommerens Løb viser ogsaa Værditalene en betydelig Forskel mellem Ferrifosfat, frisk fældet, og det samme Fosfat, udsat for Indtørring, dels ved 100° og dels ved Glødning. For frisk fældet Ferrifosfat

Tabel 3. Værdital m. m.

Gødning	Rt	$\frac{\text{Fe}}{\text{P}}$	Optagelses- koeffi- cienter	Værdital	Mer- udbytte	
Sekundært Kalciumfosfat.....	»	»	0.264	1.00	42.1	
Ferrifosfat, frisk fældet	{	2.5—3	1.23	0.165	0.68	23.7
		6—6.5	1.83	0.105	0.40	10.0
		7—7.5	1.80	0.172	0.65	18.8
		8.5—9	2.31	0.180	0.68	25.8
Ferrifosfat, tørret ved 100°	{	2.5—3	1.22	0.044	0.17	1.4
		6—6.5	1.84	0.020	0.08	1.2
		7—7.5	1.79	0.039	0.15	4.0
		8.5—9	2.16	0.079	0.30	5.7
Ferrifosfat, glødet	{	2.5—3	1.24	0.055	0.21	5.0
		6—6.5	1.82	0.044	0.17	1.5
		7—7.5	1.78	0.048	0.18	0.7
		8.5—9	2.16	0.058	0.22	2.5

er Værditalle 0.40—0.68, naar sekundært Kalciumfosfat sættes lig 1.00, og man genfinder Tendensen til, at de i Reaktionsintervallet 6—7 udfældede Ferrifosfater er vanskeligere tilgængelige end Ferrifosfaterne, udfældet ved henholdsvis lavere og højere Reaktion.

I Forbindelse med Værditalle for de forskellige Fosfater er det af Interesse at se paa Fosforsyretalle i de efter Høst udtagne Jordprøver fra Karrene.

Som omtalt Side 619, blev Jordens Reaktionstal ved Tilsætning af kulsur Kalk hævet fra 5.2 til 6.5. Fosforsyretallet var 0.7. Efter Høst udtoges i hvert Kar 5 Stik, der blev slaaet sammen til een Prøve pr. Forsøgsled. Reaktionstal og Fosforsyretal bestemtes. Reaktionstallene varierede kun lidt omkring 6.5, altsaa meget nær den Reaktion Jorden om Foraaret blev kalket op til.

Fosforsyretallet i de grundgødede Kar var 1.5. Omtrent det samme Fosforsyretal fandtes i Karrene, tilført de tørrede og glødede Ferrifosfater, uanset de tilførte Fosformængder. I Karrene, tilført sekundært Kalciumfosfat og frisk fældet Ferrifosfat, fandtes de paa Side 625 anførte Fosforsyretal, der for Ferrifosfaterne er anført med Gennemsnitsværdien af de 4 ved forskellig Reaktion udfældede Fosfater.

Det ses, at ogsaa det frisk fældede Ferrifosfat har paavirket Fosforsyretallet. Det er i fuld Overensstemmelse med Udbytte-tallene, at det frisk fældede Ferrifosfat kan paavises i Jorden

Sekundært Kalciumfosfat,	1.20 g	P_2O_5	pr. Kar	Ft	3.1
do.	0.80	»	»	»	2.0
do.	0.40	»	»	»	1.6
Ferrifosfat, frisk fældet	1.20	»	»	»	2.4
do.	0.80	»	»	»	2.0
do.	0.40	»	»	»	1.6

efter Høst, men derimod ikke med den almindelige Antagelse, at Ferrifosfater ikke kommer til Udtryk i Fosforsyretallet, saaledes som det ogsaa synes at være Tilfældet ved de tidligere omtalte okkerholdige Humusjorder. Nu er der ved Karforsøget anvendt Mineraljord og samtidig med Ferrifosfaterne tilført kul-sur Kalk, saa der kan være foregaaet en Konvertering af Fosforsyren i det frisk fældede Ferrifosfat til Kalkfosfat. Men enten Virkningen af det frisk fældede Ferrifosfat nu alene skyldes, at det direkte har kunnet udnyttes af Planterne, eller at der er sket en Konvertering af Fosforsyren, som betinger Virkningen, har det haft en betydelig Gødningsvirkning, der ganske gaar tabt, naar det før Anvendelsen udsættes for Indtørring eller Glødning.

Fremstillingen og Sammensætningen af de benyttede Aluminiumfosfater.

Aluminium udfældes sædvanligt som Aluminiumfosfat ved Tilsætning af sekundært Natriumfosfat i eddikesur, natriumacetatholdig Vædske, og Udfældningen vil praktisk talt være fuldstændig, saalænge Vædsken ikke indeholder flere Brintioner, end der findes i en Blanding af Eddikesyre og Natriumacetat ($pH = 4$ a 5).

Til de i Laboratoriet fremstillede Aluminiumfosfater blev benyttet en 0.4 molær Opløsning af Aluminium i Aluminiumsulfat og en 0.4 molær Opløsning af Fosfor i sekundært Natriumfosfat. 100 cm^3 af sidstnævnte Opløsning tilsattes 100 cm^3 Vand, Natriumacetat og Eddikesyre og en passende Mængde 1 n Natriumhydroxyd. Efter Opvarmning til Kogning tilsattes 100 cm^3 af Aluminiumopløsningen. Der omrørtes og efter Henstand ca. 10 Minutter filtreredes gennem Foldefilter, hvorpaa der blev udvasket, til Sulfation ikke kunde paavises i Filtratet. pH i Filtratet maalt til 4.2 .

Det udfældede Aluminiumfosfat blev delt i 3 Portioner. Den ene Portion anvendtes i frisk fældet Tilstand, den anden efter at være tørret til konstant Vægt ved 100° og den tredie efter at være tørret og derpaa glødet til konstant Vægt.

Tabel 2. Karforsøget 1945. Tilført

Forsøgsled	Tilført g P_2O_3	Rt	$\frac{Fe}{P}$
Grundgødet	»	»	»
Sekundært Kalciumfosfat.....	0.40	»	»
do.	0.80	»	»
do.	1.20	»	»
Ferrifosfat, frisk fældet.....	0.40	2.5—3	1.22
do.	0.80	do.	do.
do.	1.20	do.	do.
Ferrifosfat, frisk fældet og tørret ved 100°.....	0.40	do.	do.
do.	0.80	do.	do.
do.	1.20	do.	do.
Ferrifosfat, frisk fældet og glødet.....	0.40	do.	do.
do.	0.80	do.	do.
do.	1.20	do.	do.
Ferrifosfat, frisk fældet.....	0.40	6—6.5	1.83
do.	0.80	do.	do.
do.	1.20	do.	do.
Ferrifosfat, frisk fældet og tørret ved 100°.....	0.40	do.	do.
do.	0.80	do.	do.
do.	1.20	do.	do.
Ferrifosfat, frisk fældet og glødet.....	0.40	do.	do.
do.	0.80	do.	do.
do.	1.20	do.	do.
Ferrifosfat, frisk fældet.....	0.40	7—7.5	1.80
do.	0.80	do.	do.
do.	1.20	do.	do.
Ferrifosfat, frisk fældet og tørret ved 100°.....	0.40	do.	do.
do.	0.80	do.	do.
do.	1.20	do.	do.
Ferrifosfat, frisk fældet og glødet.....	0.40	do.	do.
do.	0.80	do.	do.
do.	1.20	do.	do.
Ferrifosfat, frisk fældet.....	0.40	8.5—9	2.16
do.	0.80	do.	do.
do.	1.20	do.	do.
Ferrifosfat, frisk fældet og tørret ved 100°.....	0.40	do.	do.
do.	0.80	do.	do.
do.	1.20	do.	do.
Ferrifosfat, frisk fældet og glødet.....	0.40	do.	do.
do.	0.80	do.	do.
do.	1.20	do.	do.

Gødning og høstet Afgrøde. Gram pr. Kar.

Afgrøde, g Tørstof			P ₂ O ₅ i Tørstof pCt.		Optaget g P ₂ O ₅	Optaget P ₂ O ₅ : Tilf. P ₂ O ₅	g Tørstof: g P ₂ O ₅
Kerne	Halm	Ialt	Kerne	Halm			
26.9	29.1	56.0	0.896	0.178	0.239	»	234
39.5	34.2	73.7	0.716	0.171	0.341	0.255	216
52.8	45.3	98.1	0.722	0.152	0.450	0.264	218
58.5	51.3	109.8	0.728	0.142	0.498	0.216	220
34.0	32.1	66.1	0.705	0.159	0.291	0.130	227
41.8	37.9	79.7	0.742	0.161	0.371	0.165	215
54.1	49.4	103.5	0.752	0.166	0.489	0.208	212
30.3	29.1	59.4	0.754	0.189	0.283	0.110	210
28.7	28.7	57.4	0.766	0.187	0.274	0.044	209
29.8	27.8	57.6	0.718	0.191	0.267	0.023	216
29.5	28.0	57.5	0.738	0.175	0.266	0.088	216
31.0	30.0	61.0	0.732	0.187	0.283	0.055	216
28.2	26.8	55.0	0.737	0.173	0.254	0.013	216
31.3	29.1	60.4	0.763	0.185	0.292	0.133	207
35.4	30.6	66.0	0.760	0.177	0.323	0.105	204
44.2	39.1	83.3	0.777	0.191	0.419	0.150	199
28.4	26.4	54.8	0.717	0.176	0.250	0.028	219
30.0	27.2	57.2	0.703	0.161	0.255	0.020	224
28.3	25.3	53.6	0.686	0.160	0.234	÷ 0.004	229
27.8	27.0	54.8	0.758	0.191	0.283	0.060	208
30.0	27.5	57.5	0.749	0.180	0.274	0.044	210
29.1	27.1	56.2	0.753	0.172	0.266	0.023	211
34.8	31.9	66.7	0.806	0.191	0.342	0.258	195
39.2	35.6	74.8	0.800	0.179	0.377	0.173	198
46.8	41.1	87.7	0.797	0.180	0.445	0.172	197
28.2	25.6	53.8	0.702	0.150	0.236	÷ 0.008	228
30.9	29.1	60.0	0.727	0.154	0.270	0.039	222
32.2	28.9	61.1	0.744	0.176	0.290	0.043	211
29.8	27.1	56.9	0.776	0.164	0.275	0.090	207
28.4	28.3	56.7	0.762	0.215	0.277	0.048	205
28.9	26.3	55.2	0.788	0.175	0.259	0.017	213
35.1	34.3	69.4	0.784	0.182	0.337	0.245	206
43.2	38.6	81.8	0.737	0.169	0.353	0.180	214
52.6	47.1	99.7	0.831	0.186	0.525	0.238	190
30.5	27.0	57.5	0.778	0.176	0.285	0.115	202
33.0	28.7	61.7	0.765	0.171	0.302	0.079	204
37.6	34.4	72.0	0.727	0.168	0.331	0.077	218
30.5	27.3	57.8	0.713	0.164	0.262	0.058	221
30.2	28.3	58.5	0.771	0.184	0.285	0.058	205
27.1	25.0	52.1	0.742	0.167	0.243	0.003	214

Disse Gødninger, tilligemed Aluminiumfosfat H, det almindelige Handelspræparat, blev analyseret for Totalindhold af Fosfor og Aluminium. Resultaterne er anført i Tabel 4.

Tabel 4. Fosfor (P) og Aluminium (Al) i de benyttede Aluminiumfosfater.

pCt. i Tørstof.

Gødningens Betegnelse	P	Al	$\frac{Al}{P}$
Aluminiumfosfat H.....	21.09	17.97	0.85
Aluminiumfosfat, frisk fældet	17.15	20.90	1.22
do. tørret ved 100°	17.15	20.90	1.22
do. glødet	18.55	22.45	1.21

Forholdet, $\frac{Al}{P}$, udgør 0.85 for det almindelige Handelspræparat, hvad der ret nær svarer til Forholdet mellem Aluminium og Fosfor i Aluminiumfosfat med den kemiske Formel $AlPO_4$. I denne Forbindelse udgør det procentiske Indhold af Aluminium og Fosfor henholdsvis ca. 22 og ca. 25. Der er altsaa til det almindelige Handelspræparat knyttet en Del Vand, som ikke gaar bort ved Opvarmning til 100°. I de i Laboratoriet fremstillede Aluminiumfosfater findes pr. Fosforenhed mere Aluminium end i Handelspræparatet, og de maa formentlig betragtes som Hydroxydsalte, Aluminiumfosfat — Aluminiumhydroxyd, i mere udpræget Grad end det indkøbte Fosfat.

Karforsøget 1946.

Forsøgene udførtes i Standardkar og i Jord fra samme Mark, som benyttet i 1945. I 1946 maalttes Rt til 5.5 og Ft til 1.3. Ved Indblanding af kulsur Kalk i Jorden blev Rt hævet til 6.5. Afgrøden var, som i 1945, Keniabyg.

Som Maalegødning anvendtes Superfosfat, og der blev heraf anvendt 3 Mængder, beregnet af det totale Indhold af Fosfor, og svarende til 0.25, 0.50 og 0.75 g P pr. Kar. Omregnet til P_2O_5 faas henholdsvis 0.572, 1.144 og 1.716 g. Foruden de ovennævnte Aluminiumfosfater blev ogsaa prøvet i Forsøgene sekundært Kalciumfosfat og Reno-Fosfat. Sidstnævnte Gødning, der er ret ny, stammer fra Tunis og maa betegnes som et stærkt finmalet Raafosfat. Det er prøvet til Rodfrugter i de lokale Forsøg 1946 og har her vist halv Virkning i Sammenligning med Superfosfat. — Der blev af disse Gødninger anvendt een Mængde, beregnet af det totale Indhold af Fosfor, og svarende til 0.50 g P (1.144 g P_2O_5) pr. Kar.

Der tilførtes Karrene Grundgødning i det væsentlige af samme Art og i samme Mængde som i 1945. Kvælstoffet blev dog her tilført som Ammoniumnitrat mod Kaliumnitrat i 1945. Fælleskarrenes Antal var 5. I Vækstperioden tilførtes Karrene Vand — om fornødent dagligt — indtil 60 pCt. af Jordens Vandkapacitet.

Karrene blev tilsaaet den 15. April med 35 Kærner pr. Kar. Spiringen forløb i enkelte Tilfælde lidt uregelmæssigt, og først den 1. Maj var alle Spirer brudt frem. Uddyndingen til 25 Planter pr. Kar fandt Sted den 8. Maj. Allerede den 10. Maj var Væksten synligt paa-virket af de prøvede Fosforgødninger. Saaledes var 3. Blad endnu ikke fremme i de grundgødede Kar og kun i faa Planter i Karrene tilført Reno-Fosfat og Aluminiumfosfater. I Karrene tilført 0.25 g P i Superfosfat var 3. Blad synligt i flere Planter og i alle Planter i Karrene, tilført 0.50 g P. I Karrene tilført 0.75 g P i Superfosfat, var det 3. Blad kraftigt udviklet. Disse Forskelligheder i Planternes Udvikling blev mere fremtrædende senere i Vækstperioden, dog blev Planterne ret hurtigt bedre udviklet i Karrene, tilført Aluminiumfosfat, frisk fældet, end i Karrene, tilført Reno-Fosfat og de øvrige Aluminiumfosfater. Ogsaa Afgrødernes Farve var ret tidligt i Vækstperioden forskelligt paa-virket af de prøvede Fosforgødninger. Den 18. Maj havde saaledes alle Afgrøder tilført Superfosfat, sekundært Kalciumfosfat og til Dels Aluminiumfosfat, frisk fældet, en ren grøn Farve, medens de øvrige Afgrøder var blaagrønne, ligesom Bladrandene var mere eller mindre rødbrune.

Skridningen fandt Sted i Tiden fra den 23. Juni til den 2. Juli. Den begyndte først og afsluttedes først i Afgrøderne, tilført Superfosfat, sekundært Kalciumfosfat og Aluminiumfosfat, frisk fældet.

Afgrøderne modnede ikke paa samme Tid. De blev derfor høstet paa følgende Tidspunkter:

6/8	Afgrøden	tilført	0.75 g P i Superfosfat.
7/8	»	»	0.50 » » » »
8/8	»	»	0.25 » » » »
8/8	»	»	0.50 » » » sekundært Kalciumfosfat.
12/8	»	»	0.50 » » » Aluminiumfosfat, frisk fældet.
15/8	»	»	0.50 » » » Aluminiumfosfat H.
20/8	»	»	0.50 » » » Reno-Fosfat.
22/8	»	»	0.50 » » » Aluminiumfosfat, tørret ved 100°
22/8	»	»	0.50 » » » do. glødet.
29/8	»	fra de grundgødede Kar.	

Høstresultaterne m. m. er anført i Tabel 5.

Det ses umiddelbart af Tabel 5, at Grundgødet kun har givet et lille Udbytte, og at Udbyttet stiger stærkt for stigende Tilførsel af Superfosfat. Sekundært Kalciumfosfat ligger i Virkning noget

Tabel 5. Karforsøget 1946.
Tilført Gødning og høstet Afgrøde. Gram pr. Kar.

Forsøgsled	Tilført P ₂ O ₅ g	Afgøde, g Tørstof			P ₂ O ₅ i Tør- stof pCt.		Optaget P ₂ O ₅ g	Optaget P ₂ O ₅ : Tilført P ₂ O ₅	g Tørstof g P ₂ O
		Kerne	Halm	Ialt	Kerne	Halm			
Grundgødet.....	»	19.5	19.3	38.8	0.489	0.107	0.116	»	334
Superfosfat	0.572	57.4	64.4	121.8	0.463	0.056	0.302	0.325	403
do.	1.144	79.8	81.5	161.3	0.522	0.057	0.463	0.303	348
do.	1.716	92.0	92.7	184.7	0.546	0.066	0.563	0.260	328
Sekundært Kalciumfosfat	1.144	71.0	71.7	142.7	0.495	0.056	0.391	0.240	365
Reno-Fosfat.....	1.144	39.8	34.8	74.4	0.465	0.075	0.203	0.076	367
Aluminiumfosfat H	1.144	41.7	38.3	80.0	0.450	0.079	0.218	0.089	367
Aluminiumfosfat, frisk fældet..	1.144	45.1	46.7	91.8	0.470	0.067	0.243	0.111	378
do. tørret ved 100°	1.144	39.8	32.4	72.2	0.470	0.084	0.214	0.086	337
do. glødet.....	1.144	35.9	30.2	66.1	0.464	0.086	0.193	0.067	342

under Superfosfat, derefter kommer de øvrige Fosfater, Reno-Fosfat og Aluminiumfosfaterne, med en betydelig ringere Virkning. Som det var Tilfældet med Ferrifosfaterne, hvor det frisk fældede havde en betydelig bedre Virkning end det tørrede og glødede Ferrifosfat, har ogsaa det frisk fældede Aluminiumfosfat en langt bedre Virkning end samme Fosfat, anvendt i tørret eller glødet Tilstand.

Forinden en nærmere Udredning af Fosforgødningernes indbyrdes Værdiforhold foretages, skal forskellige af Resultaterne i Tabel 5 omtales i Forbindelse med tilsvarende Resultater (anført i Tabel 2, Side 626) fra Forsøget i 1945.

Udbyttet af det grundgødede Forsøgsled er betydeligt mindre i 1946 end i 1945, nemlig 38.8 g Tørstof mod 56.0. Som allerede nævnt var den benyttede Jord til Karrene i begge Aar fra samme Mark og Ft var henholdsvis 1.3 og 0.7. Her er det imidlertid aabenbart Jordens Reaktion, der har paavirket Jordfosforforbindelserne i ugunstig Retning, og som derved er den egentlige Aarsag til det mindre Udbytte af Grundgødet i 1946. I begge Aar tilførtes Jorden kulsur Kalk for at hæve Reaktionen til 6.5, og denne Reaktion fandtes ogsaa i de udtagne Jordprøver fra Karrene efter Høsten i 1945, medens Reaktionen i de tilsvarende Jordprøver fra Forsøget i 1946 varierede fra 4.8 til 5.5. Disse lave Reaktionstal skyldes formentlig Grundgødningen, der som tidligere nævnt indeholdt Ammoniumnitrat mod Kaliumnitrat Aaret før, og at der ikke ved Tilførslen af Kalk til Jorden blev taget Hensyn til Ammoniakgødningens basebindende Evne.

Virkningen af samme anvendte Fosforgødning i de to Aar var meget forskellig og betydeligt bedre i 1946 end i 1945. I dette Aar var Merudbyttet af 1.15 g P_2O_5 i sekundært Kalciumfosfat kun 53 g Tørstofmasse mod 104 i 1946. Grunden til den ringere Virkning i 1945 kan næppe søges i den lige omtalte Forskel i Jordens Reaktion, idet Kalciumioner i Jordvædsken ikke formindsker Virkningen af det sekundære Kalciumfosfat nævneværdigt eller blot tilnærmelsesvis i samme Grad, som det er Tilfældet med det tertiære Fosfat.

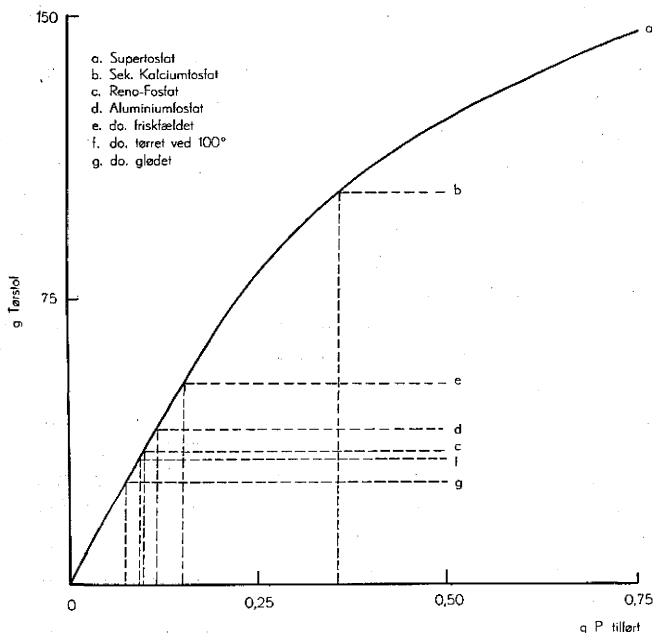
Det er endvidere iøjnefaldende, at Afgrøderne i 1945, hvor Virkningen af tilført Fosforgødning var ringe, havde et højt procentisk Indhold af Fosfor, medens det var betydeligt lavere i 1946 med den langt bedre Virkning af den tilførte Fosforgødning. Dette fremgaar ogsaa af den sidste Rubrik i Tabellerne 2 og 5, hvor det ses, at Udnyttelsen af optaget Fosfor i Stofproduktionen ligger i et helt andet og højere Plan i 1946 end i 1945. Det er muligt, Vejrforholdene her maa tillægges en vis Betydning. Der skal blot gøres opmærksom paa, at i de egentlige Vækstmaaneder var Antallet af Solskinstimer over Middel i 1946, men under Middel i 1945.

Optagelseskoefficienterne for Fosfor er for Superfosfat og sekundært Kalciumfosfat af den Størrelsesorden, man sædvanligvis finder ved Karforsøg under lignende Forhold og med Byg som Afgrøde. I Sammenligning hermed falder Optagelseskoefficienten for Aluminiumfosfat, frisk fældet, til ca. en Trediedel og for de øvrige Fosforgødninger, Reno-Fosfat og Aluminiumfosfaterne, tørret og glødet, til ca. en Fjerdedel.

I Tabel 5, sidste Rubrik, er anført Udnyttelseskoefficienterne for optaget Fosfor. Ser man bort fra det Forsøgsled, hvor den mindste Mængde P_2O_5 er givet i Superfosfat, er der ingen principiel Forskel i Udnyttelseskoefficienterne. I denne Henseende falder Resultaterne sammen med dem, der fremgik af det foran omtalte Karforsøg i 1945, men er afvigende fra Forsøgets Resultater i 1944 (1), hvor Udnyttelseskoefficienterne for Ferrifosfat, det almindelige Handelspræparat, var af en anden og lavere Størrelsesorden, end for de øvrige i Forsøget prøvede Fosforgødninger. Om der her foreligger en Realitet, det vil sige, om der under visse Vækstkaar faas en relativ lille Stofproduktion af optaget Fosfor fra daarligt virkende Fosforgødninger, hvad der kan hænge sammen med den tidsmæssige Optagelse, vil blive behandlet i en Beretning om Karforsøg, der afsluttes i 1947, over Planternes Optagelse af Fosfor fra forskellige Fosforgødninger.

Fosforsyregødningernes indbyrdes Værdiforhold.

Gødningernes indbyrdes Værdiforhold er udtrykt ved Værditallene, der er fundne grafisk ved Hjælp af Merudbyttekurven for Standardgødningen, Superfosfat. Denne Gødning var anvendt i 3 Mængder, og Merudbyttekurven er indtegnet i Figur 3.



Figur 3. Merudbyttekurven for Superfosfat.

Værditallene samt Merudbyttet for Anvendelsen af 0.50 g P eller 1.144 g P_2O_5 i de enkelte Gødninger er anført i Tabel 6. Værditallet for Superfosfat er sat lig 1.00.

Tabel 6. Værdital m. m.

Gødning	Værdital	Merudbytte
Superfosfat	1.00	122.5
Sekundært Kalciumfosfat	0.71	103.9
Reno-Fosfat	0.20	35.6
Aluminiumfosfat H	0.23	41.2
Aluminiumfosfat, frisk fældet	0.30	53.0
do. tørret ved 100°	0.18	33.4
do. glødet	0.15	27.3

I Overensstemmelse med Væksten i Karrene i Sommerens Løb viser Værditallene en tydelig Forskel mellem Aluminiumfosfat, frisk fældet, og det samme Fosfat udsat for Indtørring, dels ved 100° og dels ved Glødning. De forskellige behandlede Aluminiumfosfater viser saaledes i den forskellige Virkning paa Afgrøden stor Lighed med de tilsvarende behandlede Ferrifosfater (se Side 624). Værditallene for disse Gødninger kan naturligvis ikke uden videre sammenlignes. De er fundne i to forskellige Aar, ligesom Maalegødningen var forskellig.

Aluminiumfosfater har utvivlsomt en større Gødningsvirkning end Ferrifosfater, som ogsaa fremhævet af *Marais* (6). Aluminiumfosfat hydrolyseres lettere end Ferrifosfat, dels fordi Aluminium er en svagere Base end Jern, og dels fordi Kalken i Jorden fremmer Hydrolysen ved Udfældning af det dannede Aluminiumhydrat som Kalciumaluminat, medens en lignende Udfældning af det ved Hydrolysen af Ferrifosfat dannede Ferrihydrat ikke finder Sted.

Reno-Fosfat har, som tidligere nævnt, været prøvet i de lokale Forsøg til Rodfrugter og viste her ca. halv Virkning i Sammenligning med Superfosfat. Som det fremgaar af Tabel 6, har det i Karforsøget vist en Værdi til Byg, som udgør ca. 20 pCt. af Superfosfatets. Det svarer i Virkning paa det nærmeste til Aluminiumfosfaterne, fra regnet det frisk fældede.

Værditallet for sekundært Kalciumfosfat er forholdsvis lavt, idet det kun udgør 71 pCt. af Superfosfatets. Som det fremgaar af Figur 3, er Merudbyttekurven for Superfosfat meget stejl. For sekundært Kalciumfosfat vilde den ved stigende Mængder hurtigere flades ud. Dette betyder, at Værditallet for sekundært Kalciumfosfat, og det gælder ogsaa for andre ikke vandopløselige Fosfater, bliver afhængige af den Mængde, hvormed det sammenlignes med Superfosfat. Ved smaa prøvede Mængder bliver Værditallene forholdsvis høje, ved større prøvede Mængder forholdsvis smaa i Sammenligning med Værditallet for Superfosfat. Dette fremgik særdeles tydeligt af Forsøget i 1944 (1), hvor de ikke vandopløselige Fosfater, sekundært Kalciumfosfat og nogle Thomasfosfater, blev sammenlignet med Superfosfat i Mængder, der varierede fra 0.40 til 2.00 g P_2O_5 pr. Kar. Faldet i Værditallene udgjorde her fra den mindste til den største Gødningsmængde ca. 20 pCt. for sekundært Kalciumfosfat og ca. 50 pCt. for Thomasfosfaterne. Merudbyttekurven for sekundært Kalciumfosfat laa ved dette Forsøg over Kurven for Superfosfat ved de smaa Tilskud, men under ved de større Tilskud.

Værditallenes Afhængighed af Mængden af de prøvede Fosforgødninger synes forklarlige, naar det er Superfosfat, der anvendes som Maalegødning, og hvor Voksemediet, som det har været Tilfældet med disse Forsøg, har været en stærkt fosforfattig Jord. I en saadan Jord er en hurtig Fosforvirkning straks fra Vækstens Begyndelse af Betydning for det endelige Udbytte, men da Superfosfat ved Indblanding i Jorden efterhaanden gaar over fra vandopløselige til ikke vandopløselige Forbindelser, stiger Virkningen — ved stigende Mængder — af Superfosfat forholdsvis stærkere end Virkningen af det ikke vandopløselige Fosfat.

I Forbindelse med Værditallene for de forskellige Fosfater er det af Interesse at se paa Fosforsyretallene i de efter Høst udtagne Jordprøver fra Karrene.

Som omtalt foran søgtes Jordens Reaktion ved Tilsætning af kulsur Kalk hævet fra 5.5 til 6.5. Ved Udtagningen af Jordprøver efter Høst viste Reaktionstillene sig i de forskellige Forsøgsled gennemgaaende lavere end i den oprindelige Jord, hvad der er gjort Rede for Side 630.

Fosforsyretallet i den oprindelige Jord var 1.3. Efter at Afgrøden var fjernet fra Karrene, fandtes i de udtagne Jordprøver fra de forskellige Forsøgsled følgende Rt og Ft.

Forsøgsled (Gødning)	Rt	Ft
Grundgødet.....	4.8	1.3
Superfosfat.....	5.5	1.9
Sekundært Kalciumfosfat.....	5.5	1.9
Reno-Fosfat.....	5.0	2.3
Aluminiumfosfat H.....	5.1	1.4
Aluminiumfosfat, frisk fældet..	5.0	1.9
do. tørret ved 100°.....	5.0	1.4
do. glødet.....	5.2	1.5

Det ses, at ogsaa det frisk fældede Aluminiumfosfat har paa- virket Fosforsyretallet, ligesom det var Tilfældet med det frisk fældede Ferrifosfat. De øvrige Aluminiumfosfater synes derimod at være ganske upaavirkede af det Ekstraktionsmiddel, der anvendes ved Fosforsyretalbestemmelsen. Reno-Fosfat, der i Virkning omtrent har svaret til de sidstnævnte Aluminiumfosfater, er i særlig Grad kommet til Udtryk i Fosforsyretallet, hvad der falder godt nok sammen med de Erfaringer, man har med andre Raafosfater. De paavirker Fosforsyretallet langt stærkere, end deres Virkning i Marken svarer til.

De højere Reaktionsstal i Jorden, tilført Superfosfat og sekundært Kalciumfosfat, skyldes antageligt, at Prøverne her udtoges tidligere paa Sommeren end i de øvrige Forsøgsled, idet Afgrøderne her modnede først.

Laboratorieforsøgene.

Den analytiske Vurdering af ikke vandopløselige Fosfaters Værdi foretages her i Landet ved Hjælp af Petermann's Citratmetode (3), medens man f. Eks. i Tyskland benytter Citronsyremetoden (4). Da begge Metoder er empiriske, idet det fremkomne Resultat grunder sig paa en ufuldstændig Reaktion, er der foreskrevet Arbejdsforskrifter, der nøje maa overholdes, saafremt man skal opnaa reproducerbare Resultater. Det maa være et naturligt Krav til de autoriserede Analysemetoder, at man ved deres Hjælp kan opstille Gødningerne nogenlunde i den Rækkefølge, der svarer til deres Virkning paa Afgrøderne.

Det almindelige Handelspræparat af Ferrifosfat har kun ringe Gødningsvirkning, men bedømmes ud fra de to Metoder, Citratmetoden og Citronsyremetoden, meget forskellig (1), idet ca. 98 pt. af Totalfosforsyren er opløselig i Ammoniumcitrat mod ca. 16 pCt. i Citronsyre.

Laboratorieundersøgelsens Resultater af de til Karforsøget i 1945 anvendte Gødninger, Sek. Kalciumfosfat og de paa for-

Tabel 7. Vækstforsøgets og Laboratorieundersøgelsens Resultater.

Gødningens Betegnelse	Fe P	Værdi- tal	Total- fosfor (P) pCt.	Fosfor (P) i citrat- opløselige Forbin- delse		Fosfor (P) i citronsyreopløse- lige Forbindelser	
				P pCt.	I pCt. af Total	P pCt.	I pCt. af Total
.. Kalciumfosfat	»	1.00	22.07	18.91	85.7	21.14	95.7
skfældet Rt 2.5—3	1.23	0.63	17.60	17.36	98.6	5.33	30.3
» » 6 —6.5	1.83	0.40	13.00	11.73	90.2	12.45	95.8
» » 7 —7.5	1.80	0.65	12.50	11.22	89.4	12.30	98.4
» » 8.5—9	2.31	0.68	11.40	10.70	93.9	10.85	95.2
ret v/100° Rt 2.5—3	1.22	0.17	17.80	14.71	82.6	1.35	7.6
» » 100° » 6 —6.5	1.84	0.08	12.60	11.92	94.6	5.84	46.3
» » 100° » 7 —7.5	1.79	0.15	12.75	11.18	87.7	7.92	62.1
» » 100° » 8.5—9	2.16	0.30	11.55	10.23	88.6	8.56	74.1
det Rt 2.5—3	1.24	0.21	21.25	5.64	26.5	0.55	2.6
» » 6 —6.5	1.82	0.17	15.20	2.80	18.4	2.27	14.9
» » 7 —7.5	1.78	0.18	14.65	2.59	17.7	2.60	17.7
» » 8.5—9	2.16	0.22	13.15	3.43	26.1	4.44	33.8

skellig Maade udfældede og behandlede Ferrifosfater, er sammen med de respektive Værdital anført i Tabel 7.

Sek. Kalciumfosfat, der i Virkning paa det nærmeste svarer til Superfosfatets, maa ud fra Citratmetoden bedømmes noget ringere end ud fra Citronsyremetoden, hvor ca. 96 pCt. af Totalfosforsyren er gaaet i Opløsning mod ca. 86 pCt. ved Citratmetoden.

Værditalene for frisk fældet Ferrifosfat varierer mellem 0.40 og 0.68. I Sammenligning hermed er Vurderingen efter Citratmetoden meget for gunstig, idet ca. 89—99 pCt. af Totalfosforsyren er opløselig i Ammoniumcitrat.

Ogsaa de tørrede Ferrifosfater er ret opløselige i Ammoniumcitrat, idet 83—95 pCt. af Totalfosforsyren gaar i Opløsning, og de er saaledes i Forhold til Vækstforsøgets Resultater altfor gunstigt bedømt i Laboratoriet, endnu mere end de frisk fældede Ferrifosfater.

En betydelig bedre Overensstemmelse mellem Værdital og Citratmetodens Resultater gør sig gældende for de glødede Ferrifosfater, der kun er forholdsvis lidt opløselige i Ammoniumcitrat. At en stærk Indtørring af fældede Fosfater formindsker Opløseligheden i Ammoniumcitrat er tidligere paavist af *O. Kellner* (5) for Dikalciumfosfatets Vedkommende. Tørringen af dette Fosfat maatte ikke ske ved Temperaturer over 60 °, saafremt det skulde benyttes som fosforsurt Foderkalk.

De frisk fældede Ferrifosfater er ogsaa ved Citronsyremetoden for gunstigt bedømt. En Undtagelse herfra danner dog det ved det laveste Reaktionstal udfældede Ferrifosfat, hvor Opløseligheden i Sammenligning med Værditallet er ret lav. Dette Forhold træder endnu tydeligere frem ved det tilsvarende tørrede og glødede Fosfat. Det er iøvrigt paafaldende, at den citronsyreopløselige Fosforsyre i de tørrede og glødede Fosfater i saa høj Grad er afhængig af Reaktionen, hvorved Fosfatet er udfældet. Opløseligheden stiger med Reaktionstallene fra 2.5—9, et Forhold, der slet ikke kan paavises ved Opløseligheden i Ammoniumcitrat.

Sammensætningen af de ved forskellige Reaktioner udfældede Ferrifosfater varierer ret betydeligt, som det fremgaar af Tabel 1, hvor det ses, at Indholdet af Fosfor aftager i samme Grad, som Reaktionen stiger, medens det forholder sig omvendt for Jernets Vedkommende. Dette fremgaar ogsaa af Forholdet, $\frac{Fe}{P}$, mellem Jern og Fosfor, der findes anført i Tabellens sidste Rubrik.

Den laboratoriemæssige Bedømmelse af de til Karforsøget i 1946 anvendte Aluminiumfosfater m. fl. Fosfater er sammen med de respektive Værdital anført i Tabel 8.

Tabel 8. Vækstforsøgets og Laboratorieundersøgelsens Resultater.

Gødningens Betegnelse	Værdital	Total Fosfor (P) pCt.	Fosfor (P) i citratopløselige Forbindelser		Fosfor (P) i citronsyreopløselige Forbindelser	
			P pCt.	I pCt. af Total*	P pCt.	I pCt. af Total
Superfosfat	1.00	8.71	8.70	99.9	7.98	91.6
Sek. Kalciumfosfat	0.71	22.16	19.10	86.2	20.57	92.8
Reno-Fosfat	0.20	11.27	0.25	2.2	4.72	41.9
Aluminiumfosfat H	0.33	21.09	21.10	100.0	6.85	32.5
Aluminiumfosfat, frisk fældet	0.30	17.15	16.77	97.8	14.47	84.4
do. tørret ved 100°	0.18	17.15	16.60	96.8	3.25	19.0
do. glødet	0.15	18.55	18.40	99.2	3.53	19.0

Det ses af Tabel 8, at en Bedømmelse af Aluminiumfosfaternes Gødningsværdi ud fra Citratmetodens Resultater vilde være vildledende, idet Opløseligheden i Citrat svinger mellem 97 og 100 pCt., medens Værditalene — i Sammenligning med Superfosfat — ligger mellem 0.15 og 0.30. Mellem disse Værdital for Aluminiumfosfaterne og Citronsyremetodens Resultater er Overensstemmelsen ret god; det maa dog bemærkes, at det frisk fældede Fosfat ogsaa efter Citronsyremetoden er stærkt overvurderet.

For Reno-Fosfatets Vedkommende er der ligeledes en væsentlig Uoverensstemmelse mellem Citrat- og Citronsyremetodens Resultater. Som det er Tilfældet med Raafosfater i Almindelighed, er det kun meget lidt opløselig i Citrat, ogsaa i Sammenligning med det fundne Værdital, medens Opløseligheden i Citronsyre er forholdsvis stor, vel ikke mindst paa Grund af dette Fosfats stærke Findeling, der giver sig stærkere Udslag i Opløseligheden i Laboratorieforsøget end i Vækstforsøget.

Om en Vurdering af Gødningsværdien af Superfosfat og sekundært Kalciumfosfat sker efter Citrat- eller Citronsyremetoden synes ret ligegyldigt. Det sekundære Fosfats Opløselighed i Citrat er dog altid noget mindre end Superfosfatets, hvad der som Regel ogsaa svarer til Forskellen mellem disse Gødningers Værdital. Som omtalt Side 633 er Værditalet for sekundært Kalciumfosfat fundet usædvanligt lavt i Forsøget 1946.

Betragtes Citratmetodens og Citronsyremetodens Resultater under ét, er det tydeligt, at Citronsyremetoden har været mere fintmærkende over for Indgreb i de udfældede Ferri- og Aluminiumfosfater end Citratmetoden, men der kan naturligvis ikke paa Grundlag af disse Forsøg siges noget om Metodernes Fortrin og Mangler, naar det drejer sig om en analytisk Vurdering af de ikke vandopløselige Fosfater, der fortrinsvis anvendes i Landbruget. Der henvises i denne Forbindelse til 397. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur med Undertitlen: »Om nogle Thomasfosfaters Gødningsværdi«.

Oversigt.

De i frisk fældet Tilstand anvendte Ferri- og Aluminiumfosfater har haft en ret betydelig Gødningsvirkning og har kunnet paavises i Fosforsyretallet i de efter Høst udtagne Jordprøver fra Karrene. Denne Paavirkning af Fosforsyretallet er i Overensstemmelse med Virkningen, men i Uoverensstemmelse med den almindelige Antagelse, at Ferri- og Aluminiumfosfater ikke kommer til Udtryk i Fosforsyretallet.

Ferrifosfaterne, dels tørret ved 100° og dels glødet, har ikke paavirket Udbyttet af Betydning, og de har ikke kunnet paavises i Fosforsyretallet i de efter Høst udtagne Jordprøver. Det sidste kan siges om de tilsvarende Aluminiumfosfater (se Side 634), som dog — til Trods herfor — har haft en ikke ubetydelig Gødningsvirkning.

Saa vel Fosforoptagelsen som Udbyttetallene tyder paa, at Ferrifosfater, udfældet i Reaktionsintervallet 6—7, er vanskeligere tilgængelige for Planterne end de ved henholdsvis lavere og højere Reaktion (2.5—3 og 8.5—9) udfældede Ferrifosfater.

Reno-Fosfat, der i de lokale Forsøg er prøvet til Rodfrugter og her viste halv Virkning i Sammenligning med Superfosfat, har i Karforsøget vist en Værdi til Byg, som udgør ca. 20 pCt. af Superfosfatets.

Fosforvirkningen i de to Aars Karforsøg var for samme Gødning (sekundært Kalciumfosfat) forskellig og langt bedre i 1946 end i 1945. Ogsaa Virkningen af de andre prøvede Fosforgødninger gik i samme Retning. Det gav sig Udslag i en betydelig lavere Fosforprocent i Afgrøderne og en betydelig bedre Udnyttelse af optaget Fosfor i Stofproduktionen i 1946 end i 1945. Det er i denne Forbindelse nævnt, at i de egentlige Vækstmaaneder var Antallet af Solskinstimer over Middel i 1946, men under Middel i 1945.

De fundne Værdital for de i Forsøget 1946 anvendte Gødninger tyder paa, at Værditallene (som det fremgik af Forsøget i 1944 (1)) maalt mod Superfosfatets er ret stærkt afhængige af Størrelsen af den prøvede Gødningsmængde saaledes, at Værditallene bliver forholdsvis store ved smaa og forholdsvis smaa ved større Gødningsmængder. Det drejer sig her om Karforsøg, hvortil er benyttet en stærkt fosforfattig Jord. Det nævnte Forhold kan tænkes at bero paa den Ændring i Superfosfatets Opløselighed, som efterhaanden finder Sted, naar det er indblandet i Jorden. Med stigende Mængder af Maalegødningen og Prøvegødningen (et ikke vandopløseligt Fosfat) stiger Virkningen af en Enhed Fosfor forholdsvis stærkere i Superfosfat end i det ikke vandopløselige Fosfat.

Citronsyremetoden viste sig mere fintmærkende over for de foretagne Indgreb i de udfældede Ferri- og Aluminiumfosfater end Citratmetoden. Ferrifosfaterne er dog som Helhed overvurderet efter begge Metoder, medens der for Aluminiumfosfaterne, fraregnet det frisk fældede, fandtes en ret god Overensstemmelse mellem Værditallene og Citronsyremetodens Resultater.

Mængden af citronsyreopløselig Fosfor var paafaldende lav for alle Ferrifosfater, udfældet i det laveste Reaktionsinterval, 2.5—3, og for de tørrede og glødede Fosfaters Vedkommende steg Opløseligheden jævnsides med Reaktionen, hvorved Fosfaterne var udfældet. Tilsvarende Forhold fremkom ikke med Petermann's Citratmetode.

Reno-Fosfatet var — som andre Raafosfater — meget lidt opløselig i Citrat, medens Opløseligheden i Citronsyre var forholdsvis stor, vel ikke mindst paa Grund af dette Fosfats stærke Findeling.

Litteratur.

1. Poulsen, J. Find: I. Om nogle Thomasfosfaters Gødningsværdi. Tidsskrift for Planteavl, 50. Bd., 1946, Side 617.
 2. Gaarder, Torbjørn: Die Bindung der Phosphorsäure im Erdboden. Meddelelse Nr. 14 fra Vestlandets forstlige Forsøksstation.
 3. Arbejdsmetoder for kemiske Undersøgelser af Mælk og Mejeriprodukter, Foderstoffer samt Gødningsstoffer og Grundforbedringsmidler.
 4. Wiessmann, H.: Agrikulturchemisches Praktikum. Quantitative Analyse, 1926.
 5. Kellner, O.: Zur Untersuchung des phosphorsauren Futterkalkes. Landwirtschaftliche Versuchsstationen, 70, 1909, Side 471.
 6. Marais, J. S.: The comparative agricultural value of insoluble mineral phosphates of aluminium, iron and calcium. Soil Science Vol. XIII, 1922, Side 355.
-