

Studier over forskellige Fosfaters Gødningsværdi.

1. Om nogle Thomasfosfaters Gødningsværdi.

Ved J. Find Poulsen.

397. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Formaalet med de Undersøgelser, der er beskrevet i nærværende Beretning, har været gennem Karforsøg at sammenligne nogle Thomasfosfaters og andre Fosfaters Gødningsværdi med Superfosfats og i Tilslutning hertil at undersøge de anvendte Fosfatgødningers Opløselighedsforhold i Laboratoriet.

Forsøgene er Led i et Arbejde over den laboratoriemæssigt-analytiske Bestemmelse af en Række Fosfaters Gødningsværdi. Undersøgelserne er udførte i 1944 ved Statens Panteavls-Laboratorium, Kgs. Lyngby, og Beretningen er udarbejdet af Afdelingsbestyrer J. Find Poulsen.

Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Karforsøgene.

Forsøgene er udførte i Standardkar, der rummer 21.75 kg Jord. Jordoverfladen er 500 cm². Afgrøden var Keniabyg, 25 Planter pr. Kar. Jorden var en let, fosforsyrefattig Sandmuld, der blev analyseret med følgende Resultat: Rt 5.9, Ft 1.4, Tk 6.7 og TM_n 3.8. For at udelukke den Favorisering af Thomasfosfaterne, som en lav Jordreaktion eventuelt kunde medføre, blev Jorden blandet med saa meget Kalciumkarbonat, at den fik Reaktionstallet 6.8.

De anvendte Gødninger var 3 forskellige Thomasfosfater, indkøbt i forskellige Aar, et Ferrifosfat (det almindelige Handelspræparat) sekundært Kalciumfosfat og som Maalegødning

Tabel 1. Totalfosforsyre m. m. i de anvendte Fosforsyre-gødninger i pCt.

Gødning	Total P ₂ O ₅	Si O ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Mn
Thomasfosfat, 1923.....	12.23	16.41	39.87	4.48	19.84	5.8
do. 1943.....	17.03	10.01	47.78	3.03	15.40	2.9
do. 1944.....	16.26	10.33	49.60	2.23	12.77	2.9
Ferrifosfat	37.64	—	—	—	38.12	—
Sek. Kalciumfosfat	40.56	—	—	—	—	—
Superfosfat	19.16	—	—	—	—	—

Superfosfat. Gødningerne blev analyseret for Totalfosforsyre m. m., som det fremgaar af Tabel 1.

Thomasfosfatet fra 1923 har et mindre Indhold af Totalfosforsyre og Kalk, men et større Indhold af Kiselsyre, Magnium, Jern og Mangan end de to andre Thomasfosfater.

Fosforsyre-gødningerne anvendtes i 4 Mængder, henholdsvis 0.40, 0.80, 1.20 og 2.00 g P₂O₅ pr. Kar. Mængden beregnedes af det totale Indhold undtagen for Superfosfat, hvor det vandopløselige Indhold, 18.56 pCt. P₂O₅, blev lagt til Grund.

Karrene blev grundgødet med 3.0 g Kvælstof (N) i Ammoniumnitrat, 3.0 g Kaliumsulfat, 1.0 g Kaliumklorid, 1.0 g Natriumklorid, 1.5 g Magniumsulfat, 0.3 g Ferriklorid og 0.5 g Mangansulfat pr. Kar. Der anvendtes 5 Fælleskar, for Grundgødet dog 10. Saaningen fandt Sted med afsvampet Byg den 3. og 4. April 1944. Vandindholdet i Karrene blev under Vækstperioden holdt paa 60 pCt. af Jordens Vandkapacitet.

Den 20. og 21. April var alle Spirerne brudt frem af Jorden. Udtyndingen af Plantebestanden til 25 Planter pr. Kar fandt Sted den 12. Maj.

Den 16. Maj var der en tydelig Forskel paa Planterne i de forskellige Forsøgsled, idet Udviklingen var tydeligt afhængig af den anvendte Fosforsyremængde. Nogen Forskel mellem Virkningen af Superfosfat, sek. Kalciumfosfat og Thomasfosfaterne — ved samme Fosforsyremængde — kunde ikke iagttages.

Derimod var Planterne i de med Ferrifosfat gødede Kar — ligesom i de ikke fosforsyre-gødede — tydeligt tilbage i Udviklingen.

Den 27. Maj blev Planternes Vækst karakteriseret ved følgende Rækkefølge: Sek. Kalciumfosfat, Superfosfat, Thomasfosfat 1943, Thomasfosfat 1944, og Thomasfosfat 1923. Der var her en ret betydelig Forskel mellem Afgrøderne tilført forskellige Fosforsyremængder. Dette var derimod ikke Tilfældet i de med Ferrifosfat gødede Kar, hvor Afgrøden ikke var meget bedre end i de grundgødede

Kar. Forskellen i Væksten er vist paa hosstaaende Figur 1 og Figur 2. Rækkefølgen er fra venstre i Figur 1.

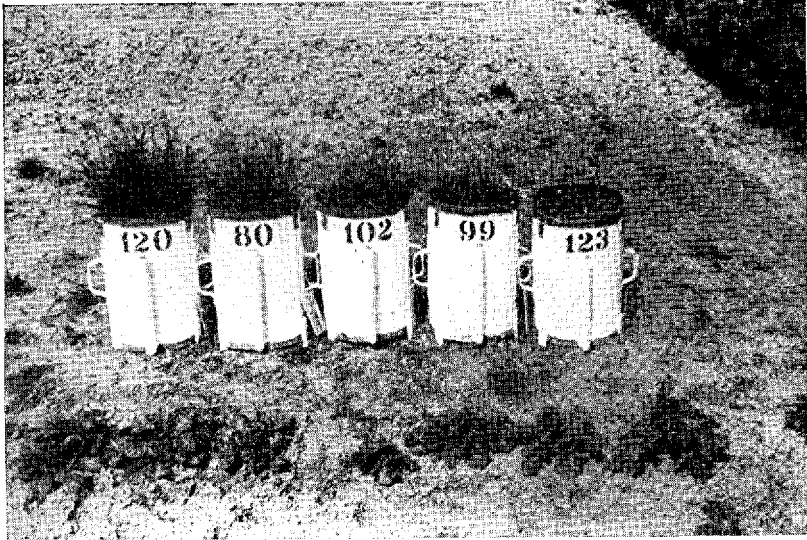


Fig. 1. Sek. Kalciumfosfat, 2.0 g, Thomasfosfat, 1944, 2.0 g, Sek. Kalciumfosfat, 0.4 g, Ferrifosfat, 2.0 g P_2O_5 pr. Kar. Grundgødet uden Fosforsyre.

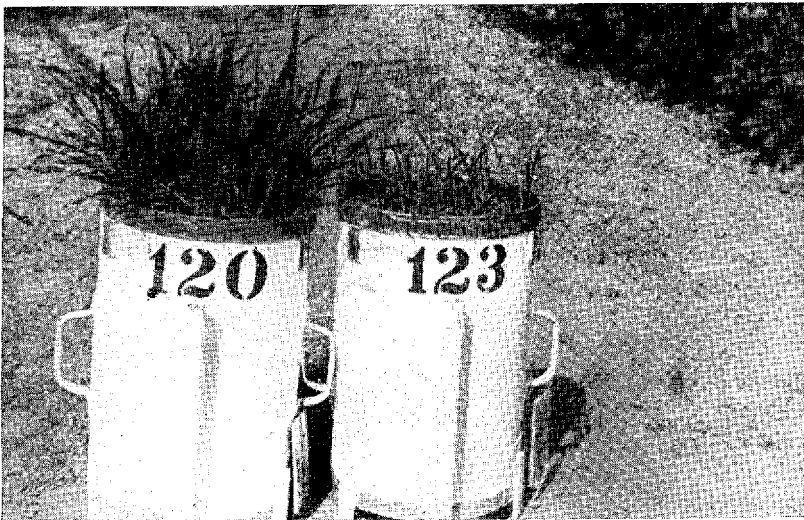


Fig. 2. De to yderste Kar i Fig. 1 med henholdsvis den største og den mindste Afgrøde er her stillet sammen.

Den 21. Juni blev Afgrøderne karakteriseret paa samme Maade som den 27. Maj.

Den 26. Juni var Byggets Skridning i Gang i de fleste Kar. Saavel de forskellige Gødninger som Gødningsmængderne bevirkede en udpræget Forskel i Skridningens Forløb. Gødningernes Rækkefølge efter Skridningen var: Sek. Kalciumfosfat, Thomasfosfat 1943, Superfosfat, Thomasfosfat 1944 og Thomasfosfat 1923. Skridningen begyndte og afsluttedes først i Karrene med de største Fosforsyremængder og var for Afgrøderne tilført de nævnte Gødninger, afsluttet den 29. Juni.

Skridningen i Karrene tilført Ferrifosfat begyndte først den 2. Juli og for den grundgødede Afgrøde den 4. Juli. Gennemskridningen for disse Afgrøder blev afsluttet omkring den 8. Juli.

Afgrødernes Modning var paavirket af Tidspunktet for Gennemskridning. Høsten blev begyndt den 7. August af Afgrøderne tilført de to største Fosforsyremængder, 1.20 og 2.00 g P_2O_5 pr. Kar, i Gødningerne sek. Kalciumfosfat, Superfosfat og Thomasfosfaterne. Den 11. og 12. August høstedes Afgrøderne tilført den mindste Fosforsyremængde 0.80 og 0.40 g P_2O_5 . Afgrøderne i de grundgødede Kar og i Karrene med Ferrifosfat blev høstet den 21. August. Modningen af disse Afgrøder var meget uens; nogle Aks var stærkt modne, medens andre endnu havde et grønligt Skær.

Høstresultaterne m. m. er anført i Tabel 2.

At den anvendte Jord var stærkt fosforsyretrængende, fremgaar af Udbyttetallene, der for Grundgødet er mindre end en Fjerdedel af Udbyttet ved de største Fosforsyremængder, givet i Superfosfat og i sek. Kalciumfosfat. Ogsaa den stærke Stigning i Udbyttet for stigende Fosforsyremængder i disse Gødninger og i Thomasfosfaterne viser det samme. I Afgrøderne, tilført Ferrifosfat, er Stigningen i Udbyttet for stigende Fosforsyremængder langt mindre. For de mindste tilførte Fosforsyremængder, 0.40 og 0.80 g P_2O_5 pr. Kar, er Udbyttet ikke væsentligt større end Udbyttet af Grundgødet. Fosforsyren i det anvendte Ferrifosfat, der som tidligere nævnt er det almindelige Handelspræparat, har saaledes kun i meget begrænset Omfang paavirket Udbyttets Størrelse.

Ved en Betragtning af Afgrødernes procentiske Indhold af Fosforsyre finder man en betydelig Forskel mellem det grundgødede og de med Ferrifosfat gødede Forsøgsled paa den ene Side og de øvrige Forsøgsled paa den anden Side. Forskellen er navnlig fremtrædende for Halmens Vedkommende. Da Jorden var stærkt fosforsyretrængende, skulde man i Forsøgsleddene med stigende Fosforsyremængder (jfr. K. A. Bondorff (1) og F. Steenbjerg (2)) først vente et Fald og derefter en Stigning i

Tabel 2. Karforsøg 1944.
Tilført Gødning og høstet Afgrøde, Gram pr. Kar.

Forsøgsled	Tilført g P_2O_5	Afgrøde g Tørstof			pCt. P_2O_5 i Tørstof		Optaget g P_2O_5	Opt. P_2O_5 ; Tilført P_2O_5	g Tørstof; g P_2O_5
		Kærne	Halm	Ialt	Kærne	Halm			
Ugødet	—	26.1	21.1	47.2	0.516	0.158	0.168	—	281
Ferrifosfat	0.40	28.5	22.5	51.0	0.539	0.149	0.188	0.050	271
do.	0.80	30.2	23.5	53.7	0.577	0.137	0.205	0.048	261
do.	1.20	33.4	25.1	58.5	0.581	0.139	0.220	0.051	255
do.	2.00	37.3	29.2	66.5	0.591	0.128	0.257	0.045	259
Thomasfosfat 1923	0.40	52.2	43.4	95.6	0.506	0.079	0.298	0.525	321
do.	0.80	67.6	62.4	130.0	0.487	0.072	0.374	0.258	348
do.	1.20	79.0	77.2	156.2	0.471	0.061	0.419	0.209	373
do.	2.00	92.6	78.8	171.4	0.469	0.048	0.472	0.152	363
Thomasfosfat 1943	0.40	55.7	46.8	102.5	0.519	0.099	0.335	0.418	306
do.	0.80	74.2	63.5	137.7	0.515	0.061	0.421	0.316	327
do.	1.20	82.6	70.6	153.2	0.498	0.055	0.450	0.235	340
do.	2.00	86.7	80.3	167.0	0.496	0.069	0.485	0.159	344
Thomasfosfat 1944	0.40	51.2	42.5	93.7	0.521	0.077	0.300	0.330	312
do.	0.80	66.7	57.9	124.6	0.502	0.064	0.372	0.255	335
do.	1.20	77.9	67.7	145.6	0.491	0.062	0.424	0.213	343
do.	2.00	84.2	77.3	161.5	0.474	0.056	0.442	0.137	365
Sek. Kalciumfosfat	0.40	58.3	53.0	111.3	0.490	0.068	0.322	0.335	346
do.	0.80	83.5	74.0	157.5	0.468	0.065	0.439	0.339	359
do.	1.20	90.6	83.5	174.1	0.467	0.051	0.466	0.248	374
do.	2.00	102.3	93.2	196.0	0.509	0.048	0.568	0.200	345
Superfosfat	0.40	57.2	50.9	108.1	0.454	0.061	0.291	0.308	372
do.	0.80	87.4	73.9	161.3	0.461	0.049	0.439	0.339	367
do.	1.20	96.2	86.4	182.6	0.472	0.054	0.501	0.278	364
do.	2.00	106.5	94.4	200.9	0.512	0.049	0.591	0.212	340

Afgrødernes relative Indhold af Fosforsyre, forudsat, at der er anvendt en Gødning, hvorved Jorden med det største Fosforsyretilkud er mere end rigelig forsynet. Det største relative Indhold af Fosforsyre i Halmen finder man i det grundgødede Forsøgsled, se Tabel 2. I Forsøgsleddene, tilført det tungt tilgængelige Ferrifosfat, er det relative Indhold i Kærnen større end for Grundgødet og stigende med stigende Fosforsyremængder, medens det for Halmens Vedkommende gennemgaaende er faldende. Dette i Forbindelse med Udnyttelseskoefficienterne (anført i Tabel 2, sidste Rubrik), der er mindre end for

den grundgødede Afgrøde og gennemgaaende aftagende, lader formode, at det navnlig er i Begyndelsen af Vækstperioden, at Afgrøderne, tilført Ferrifosfat, har lidt af Mangel paa Fosforsyre. Hvis Fosforsyren nemlig først bliver til Raadighed — og optages — paa et sent Stadium af Plantens Udvikling, vil den ikke kunne udnyttes effektivt i Stofproduktionen. Man faar en relativ lille Stofproduktion i Forhold til den optagne Fosforsyremængde, d. v. s. en lav Udnyttelseskoefficient. Beviset for, at Ferrifosfatets Fosforsyre først optages paa et sent Udviklingsstadium, maa naturligvis føres gennem Forsøg, hvor Afgrøden høstes og analyseres paa forskellige Udviklingstrin. Men fra endnu ikke offentliggjorte Forsøg med forskellig behandlet Staldgødning er det paavist, at en sen Optagelse af Kvælstoffet giver en lav Udnyttelseskoefficient.

Den daarlige Udnyttelse af Ferrifosfatets Fosforsyre kunde ogsaa tænkes at bero paa, at der her forekom en uforholdsmæssig stor Optagelse af Jern, og at Fosforsyren i Plantecellerne inaktiveredes gennem Udfældning som Ferrifosfat. Resultaterne af Karforsøg i 1945, hvor frisk fældet Ferrifosfat har vist god Fosforsyrevirkning, støtter imidlertid ikke denne Hypotese.

Blandt de anvendte Fosforsyregødninger staar, hvad Fosforsyreoptagelsen angaar, Thomasfosfaterne mellem Ferrifosfat og Maalegødningen Superfosfat eller sek. Kalciumfosfat, der maa anses for jævnbyrdige. I Afgrøderne, tilført Thomasfosfater, er det relative Indhold af Fosforsyre, fra regnet en enkelt Undtagelse, faldende i saavel Kærne som Halm med stigende Tilskud af Fosforsyre. Man skulde aabenbart have anvendt endnu større Fosforsyretilskud, før Faldet i Afgrødernes relative Indhold af Fosforsyre blev afløst af en Stigning. Fald og Stigning i det relative Indhold forekommer derimod i Afgrøderne, der er tilført de lettest tilgængelige Fosforsyregødninger, Superfosfat og sek. Kalciumfosfat, dog kun for Kærnenes Vedkommende. Nedenfor er anført de forskellige Forsøgsled, ordnet efter Ud-

Gødning	Udbytte g Tørstof	P_2O_5 pCt. i Tørstof	Udnyttelses- koefficienter
Grundgødet	47.2	0.356	281
Ferrifosfat	57.4	0.382	262
Thomasfosfat 1923	138.8	0.285	351
do. 1943	140.1	0.304	329
do. 1944 .. .	131.4	0.295	339
Sek. Kalciumfosfat	159.7	0.281	356
Superfosfat	163.2	0.277	361

136.6

161.5

0.295

0.279

340

359

byttets Størrelse, samt Tørstoffets relative Indhold af Fosforsyre og Udnyttelseskoefficienterne (g Tørstof: g P_2O_5). Tallene er Gennemsnitstal af Afgrøderne tilført de 4 Fosforsyremængder.

Ogsaa denne Sammenstilling, hvor Ferrifosfat, Thomasfosfaterne samt sek. Kalciumfosfat og Superfosfat er betragtet som 3 Gødninger, hvis Fosforsyreforbindelser er tilgængelige i stigende Grad, tyder paa, at Variationen i det procentiske Indhold af Fosforsyre og i Udnyttelseskoefficienterne er nær forbunden med den Lethed, hvormed Gødningernes Fosforsyreforbindelser kan optages af Planterne.

Den optagne Fosforsyremængde og Stofproduktionen.

De paaviste Ejendommeligheder i Afgrødernes relative Indhold af Fosforsyre giver Anledning til en Undersøgelse af Forholdet mellem optaget Fosforsyre og Stofproduktionen. Under de givne Forsøgsbetingelser er Fosforsyre det Næringsstof, som er i Minimum. Jo mere Fosforsyre, der er tilført, desto mere er der optaget og jo større er Stofproduktionen.

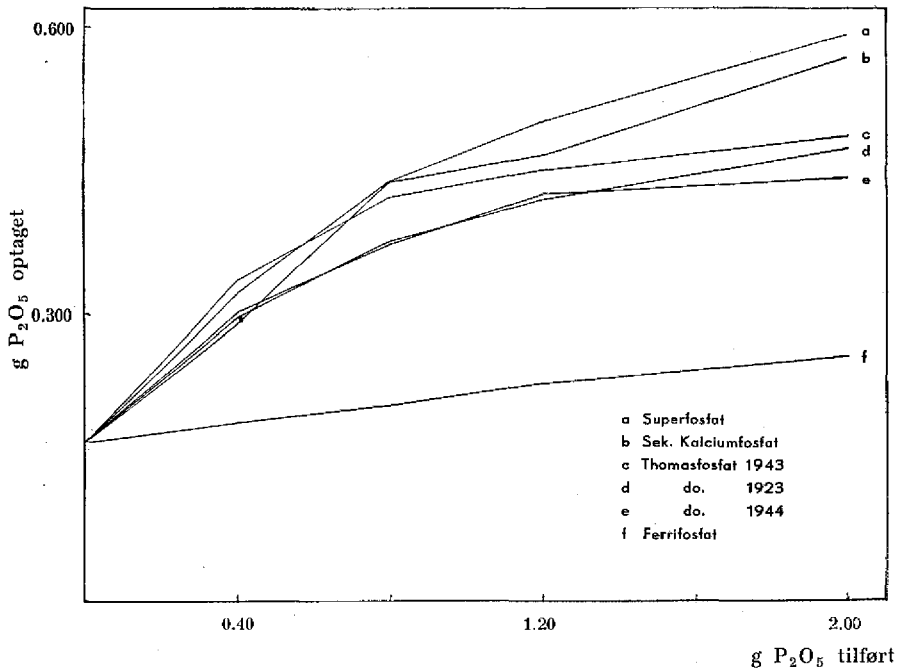


Fig. 3. Forholdet mellem tilført og optaget Fosforsyre.

Som det ses af Figur 3, kan Forholdet mellem tilført og optaget Fosforsyre ikke gengives ved en ret Linie. En enkelt Optagelseskoefficient for Fosforsyre for hver Gødning kan derfor ikke beregnes, idet der ikke er Proportionalitet mellem tilført og optaget Fosforsyre. Ejendommelig nok er der, hvor den mindste Fosforsyremængde er tilført, optaget mindre Fosforsyre fra Superfosfat end fra Thomasfosfat og sek. Kalciumfosfat. Ved de større Mængder er Optagelsen fra Superfosfat størst.

Udnyttelseskoefficienterne, der er defineret som g produceret Tørstof pr. g optaget Fosforsyre, fremgaar af den følgende Oversigt.

Gødning	Udnyttelseskoefficienter			
	g P_2O_5 pr. Kar			
	0.40	0.80	1.20	2.00
Superfosfat.....	372	367	364	340
Sek. Kalciumfosfat....	346	359	374	345
Thomasfosfat 1923....	321	348	373	363
do. 1943....	306	327	340	344
do. 1944....	312	335	343	365
Ferrifosfat	271	261	255	259

Det ses, at »Gangen« i Udnyttelseskoefficienterne ikke er den samme for de forskellige Gødninger. For Superfosfat er de faldende fra det mindste til det største Tilskud af Fosforsyre, hvad der hænger sammen med den stærke Stigning i Fosforsyreoptagelsen. Som det fremgaar af Tabel 2, er Stigningen i optaget Fosforsyre fra Superfosfat større end for sek. Kalciumfosfat og betydelig større end for Thomasfosfaterne. Man kan om Udnyttelseskoefficienterne for Superfosfat anvende Reglen om den aftagende Udnyttelse.

Ganske modsat Superfosfat forholder Udnyttelseskoefficienterne sig for Thomasfosfaterne, idet de fraregnet en enkelt Undtagelse er stigende med Stigningen i Fosforsyretilskuddene. En lignende Stigning finder man i Udnyttelseskoefficienterne for Kvælstof, der stammer fra en tungt omsættelig og en let omsættelig Staldgødning, hvad der er paavist i de Side 622 omtalte endnu ikke offentliggjorte Forsøg med forskellig behandlet Staldgødning. Det viser sig her, at Udnyttelseskoefficienterne er stigende fra den tungest til den lettest tilgængelige Forbindelse. Analogt hermed vil Udnyttelseskoefficienten for et Plante-næringsstof, der gives i en og samme forholdsvis vanskelig tilgængelig Forbindelse, stige med Størrelsen af Gødningstilskud-

dene indtil et vist Tilskud, der kan betegnes som det, der netop er tilstrækkeligt i fysiologisk Henseende til en normal Udvikling af Planterne — allerede i den første Del af Vækstperioden var Afrøderne tilført Thomasfosfaterne, tilbage i Udvikling for Afrøderne tilført Superfosfat (Side 618 Journal 27. Maj) — hvorefter Udnyttelseskoefficienten, ved yderligere Tilskud, vil falde. Det er disse Forhold, der gør sig gældende vedrørende Udnyttelseskoefficienterne for Thomasfosfaterne. Ser man paa den lodrette Talkolonne under 0.40 g P_2O_5 pr. Kar finder man lave Udnyttelseskoefficienter for Thomasfosfaterne i Sammenligning med Udnyttelseskoefficienten for Superfosfat. Forskellen udlignes efterhaanden, som Tilskudene af Fosforsyre bliver større, idet Udnyttelseskoefficienterne stiger for Thomasfosfaterne, medens de falder for Superfosfat. Et Fald i Udnyttelseskoefficienterne for Thomasfosfaterne vil først kunne ventes ved større Tilskud af Fosforsyre end anvendt i dette Forsøg.

Det ses af Udnyttelseskoefficienterne for sek. Kalciumfosfat, at denne Gødning staar mellem Thomasfosfaterne og Superfosfat og nærmest sidstnævnte, hvad ogsaa fremgaar af Udbyttetallene i Tabel 2.

Udnyttelseskoefficienterne for Ferrifosfat er meget lave og i det store og hele faldende fra det mindste til det største Fosforsyretilskud. Denne »Gang« i Udnyttelseskoefficienterne kan muligvis forklares ved, at Planterne, uanset Gødningstilskudets Størrelse, er hemmet lige meget i Væksten i Begyndelsen af Vækstperioden, hvad der fremgaar af Journalen 27. Maj, Side 618. Denne Hemning af Væksten gaar senere i højere Grad ud over Udnyttelsen af den optagne Fosforsyre end selve Optagelsen. Da der staar mere Fosforsyre til Raadighed for Afrøden i Løbet af Vækstperioden fra de største end fra de mindste Tilskud af Ferrifosfat, bliver Udnyttelsen forholdsvis daarligere og altsaa Udnyttelseskoefficienterne mindst for de største Tilskud.

Det vil fremgaa af foranstaaende om Udnyttelseskoefficienterne, at Udnyttelsen i Stofproduktionen af den optagne Fosforsyre er paavirket af saavel Gødningens Natur som Mængden, hvormed den er tilført, og at Udnyttelseskoefficienterne for de prøvede Fosforsyregødninger med Undtagelse af Ferrifosfat nærmer sig hinanden ved de størst tilførte Fosforsyremængder. Disse Forhold afspejler sig ogsaa i Figur 4, hvor Forholdet mellem Udbytte og optaget Fosforsyre er fremstillet grafisk.

Forsøgsleddene med Ferrifosfat danner en Gruppe for sig, medens de øvrige Forsøgsled kan henføres til en anden samlet

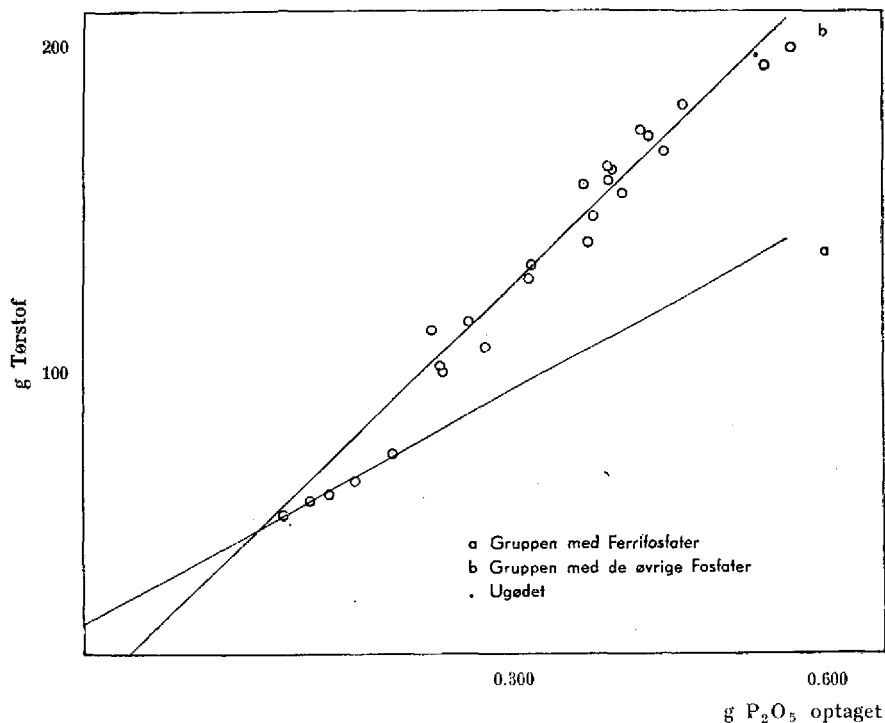


Fig. 4. Forholdet mellem Udbytte og optaget Fosforsyre.

Gruppe. Beregnes Sammenhængen mellem Udbytte og optaget Fosforsyre ud fra en retliniet Regressionsligning faas:

$$y = 217.3 x + 9.8 \text{ (Gruppen med Ferrifosfater)}$$

$$y = 390.9 x + 13.7 \text{ (Gruppen med de øvrige Fosfater)}$$

hvor y er Udbyttet og x den optagne Fosforsyremængde. Teoretisk skulde y være 0 for $x=0$. Naar dette ikke er Tilfældet, skyldes det bl. a. den forsøgmæssige Usikkerhed, der knytter sig til Udbyttetallene og i endnu højere Grad til Tallene for optaget Fosforsyre, der ogsaa er behæftet med Fosforsyreanalysets Usikkerhed.

Det fremgaar af Regressionsligningerne, at Udnyttelsesværdien af den optagne Fosforsyre i Gruppen med de øvrige Fosfater er ca. 1,6 Gange større end den Værdi, der er beregnet for Gruppen med Ferrifosfater.

Fosforsyre-gødningernes indbyrdes Værdiforhold.

Gødningernes indbyrdes Værdiforhold er udtrykt ved saavel Værditallet som Virkningsforholdet. En Bestemmelse af Værditallet kræver, som det er Tilfældet her, Forsøg med aftrappede Gødningsmængder, idet man bestemmer, hvor stor en Mængde af det ene Gødningsstof, der skal anvendes for at faa samme Udbytte som efter en given Mængde af det andet. Værditalleens Bestemmelse er her foretaget grafisk, idet Merudbyttekurven for Standardgødningen Superfosfat er indtegnet i Figur 5. Ogsaa de andre Gødningers Merudbyttekurver er indtegnet i Figuren.

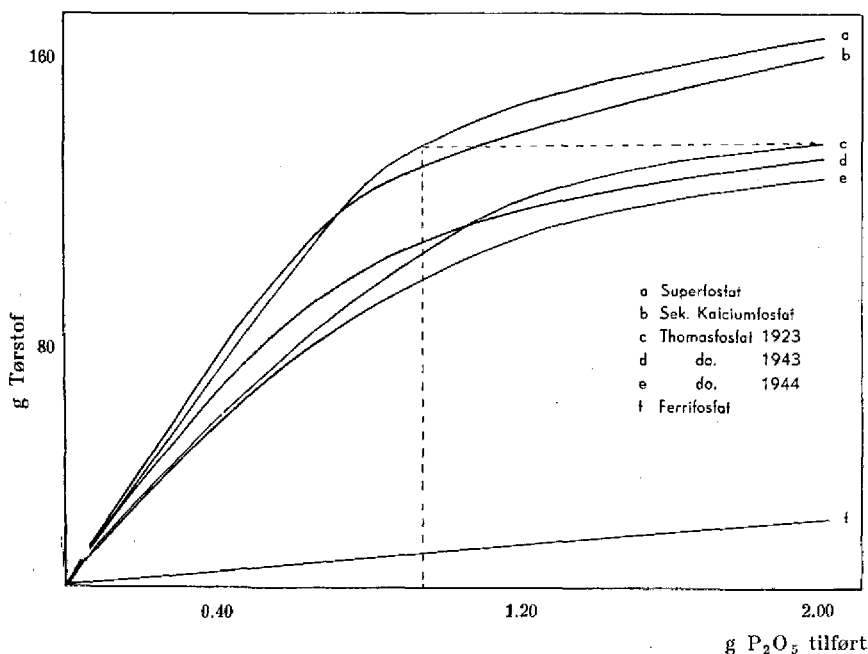


Fig. 5. Merudbyttekurver for de forskellige Fosfater.

For Thomasfosfat 1923 skal eksempelvis anføres: Den vandrette Linie gaar gennem Punktet, der svarer til Merudbyttet af 2.00 g P_2O_5 . Skæringspunktet i Standardkurven svarer til Abscisseværdien 0.94 g P_2O_5 . Det vil altsaa sige, at Merudbyttet af 2.00 g P_2O_5 i Thomasfosfat 1923 kan frembringes af 0.94 g P_2O_5 i Superfosfat. Sættes Værditallet for Superfosfat lig 1 og Prøvegødningen lig x, fremgaar dennes Værdital af Proportionen,

$$\frac{1}{x} = \frac{2}{0.94}, \text{ og udgør } 0.47.$$

Det er iøjnefaldende, at Værditallene i saa høj Grad er afhængig af den givne Fosforsyremængde. En Undtagelse herfra danner dog Ferrifosfat, hvor Værditallene i Hovedsagen ligger i samme Plan, uanset de givne Fosforsyremængder, og kun udgør ca. 6 pCt. af Superfosfatets. For den mindste prøvede Mængde, 0.40 g P_2O_5 pr. Kar, er Værditallet for sek. Kalciumfosfat omtrent sammenfaldende med, medens det for Thomasfosfaterne udgør fra 76 til 90 pCt. af Superfosfatets. Ved stigende Tilskud af Fosforsyre falder Værditallene indtil 84 for sek. Kalciumfosfat og for Thomasfosfaterne til 40 à 47 pCt. af Værditallet for Superfosfat.

Tabel 3. Værdital.

g P_2O_5 pr. Kar	Super- fosfat	Sek. Kalcium- fosfat	Thomas- fosfat 1923	Thomas- fosfat 1943	Thomas- fosfat 1944	Ferri- fosfat
0.40	1.00	1.06	0.80	0.90	0.76	0.063
0.80	1.00	0.95	0.69	0.76	0.64	0.056
1.20	1.00	0.93	0.63	0.60	0.55	0.063
2.00	1.00	0.84	0.47	0.44	0.40	0.063

Værditalleens stærke Afhængighed af de givne Fosforsyremængder maa ses i Belysning af Merudbyttekurvernes Forløb, Som det fremgaar af Figur 5 er Merudbyttekurven for Superfosfat mere stejl end for sek. Kalciumfosfat og betydelig mere stejl end for Thomasfosfaterne. Dette betyder, at jo længere man kommer op ad Merudbyttekurven, desto mere Fosforsyre skal der til i Thomasfosfaterne for at erstatte den Fosforsyre i Superfosfat, der kræves for en vis yderlig Stigning i Merudbyttet. En Bestemmelse af Forholdet mellem Værditallene for Superfosfat og Thomasfosfater under Markforhold maa saaledes i særlig Grad blive i Thomasfosfaternes Disfavør, hvis Forsøget udføres paa en Jord med et forholdsvis højt Fosforsyretil. Et Værdital for Thomasfosfater, gældende under alle Forhold, eksisterer ikke, idet mange Faktorer, Jordtype, Reaktion, Afrøde m. m. er af Betydning for Thomasfosfaternes Virkning.

Virkningsforholdet er udtrykt ved Forholdet mellem Merudbyttetallene for samme Tilførsel af Fosforsyre i de forskellige

Gødninger. Merudbyttet for Superfosfat er sat lig 100. En Oversigt over Virkningsforholdet følger nedenstaaende:

Gødning	Virkningsforhold.		
	P ₂ O ₅ , g pr. Kar	Merudbytte, g	Forholdstal
Superfosfat.....	2.00	153.7	100
Sek. Kalciumfosfat.....	—	148.8	97
Thomasfosfat 1923.....	—	124.2	81
do. 1943.....	—	119.8	78
do. 1944.....	—	114.3	74
			} 77
Superfosfat.....	1.20	135.4	100
Sek. Kalciumfosfat.....	—	126.9	94
Thomasfosfat 1923.....	—	109.0	81
do. 1943.....	—	106.0	78
do. 1944.....	—	98.4	73
			} 77
Superfosfat.....	0.80	114.1	100
Sek. Kalciumfosfat.....	—	110.3	97
Thomasfosfat 1923.....	—	82.8	73
do. 1943.....	—	90.5	79
do. 1944.....	—	77.4	68
			} 73
Superfosfat.....	0.40	60.9	100
Sek. Kalciumfosfat.....	—	64.1	105
Thomasfosfat 1923.....	—	48.4	80
do. 1943.....	—	55.3	91
do. 1944.....	—	46.5	76
			} 82

Som det fremgaar af Oversigten, er Virkningsforholdet ikke i særlig Grad paavirket af, om der er anvendt en større eller mindre Mængde Fosforsyre. Nogen Forklaring herpaa er vanskelig at give, idet man jo nærmest maatte vente, at Virkningsforholdet for de prøvede Fosforsyregødninger, Ferrifosfat undtaget, vilde stige med Mængden af anvendt Fosforsyre.

Ved Markforsøg er Virkningsforholdet mellem Superfosfat og Thomasfosfater, givet til Vaarsæd, af *K. A. Bondorff* (3)-anført med Forholdstallet 81. Nogen væsentlig Forskel mellem dette og det ved Karforsøget fundne Virkningsforhold er der altsaa ikke, selv om det maa fremhæves, at der bag disse Tal saavel ved Markforsøg som Karforsøg kun ligger faa Forsøg.

Laboratorieforsøgene.

De i Karforsøgene anvendte Fosforsyregødninger er i Laboratoriet undersøgt dels efter Petermanns Citratmetode (4), og dels efter Citronsyremetoden (5). Disse to Metoder er valgt,

Tabel 4.
Vækstforsøgets og Laboratorieundersøgelsens Resultater.

Fosfatets Art	Værdital (g P ₂ O ₅ pr. Kar)				Virknings- forholdet (Gennems. for alle Fosfatmængder)	Total P ₂ O ₅ pCt.	Fosforsyre i citrat- opløselige Forbindelser		Fosforsyre i citronsyre- opløselige Forbindelser	
	0.40	0.80	1.20	2.00			P ₂ O ₅ pCt.	I pCt. af Total	P ₂ O ₅ pCt.	I pCt. af Total
Superfosfat	1.00	1.00	1.00	1.00	100.0	19.16	18.61	97.1	18.70	97.6
Sek. Kalciumfosfat	1.06	0.95	0.93	0.84	98.3	40.56	35.82	88.3	40.50	99.9
Thomasfosfat 1923	0.80	0.69	0.63	0.47	78.8	12.23	8.02	65.6	10.68	87.3
Thomasfosfat 1943	0.90	0.76	0.60	0.44	83.5	17.03	9.09	53.4	16.69	97.4
Thomasfosfat 1944	0.76	0.61	0.55	0.40	72.8	16.26	5.71	35.1	14.59	89.7
Ferrifosfat	0.063	0.058	0.063	0.063	8.2	37.64	37.11	98.6	5.91	15.7

fordi Thomasfosfater og andre ikke vandopløselige Fosfater her i Landet forhandles paa Basis af Indholdet af citratopløselige Fosforsyreforbindelser, medens det f. Eks. i Tyskland er Indholdet af citronsyreopløselige Forbindelser, der er lagt til Grund.

Laboratorieundersøgelsens Resultater ses af ovenstaaende Sammenstilling i Tabel 4, hvor Værditallet og Virkningsforholdet for de enkelte Fosforsyregødninger er sammenlignet med den Fosforsyremængde, der er gaet i Opløsning i henholdsvis 2 pCt. Citronsyre og i Petermanns Citratopløsning. Virkningsforholdet, der — som omtalt Side 629 — ikke i særlig Grad er paavirket af den anvendte Fosforsyremængde, er anført med Gennemsnittet af Værdierne for de 4 Fosfatmængder.

Vurderingen af Thomasfosfaternes Gødningsværdi ved de her nævnte officielle Laboratoriemetoder sker alene paa Basis af den Fosforsyremængde, der gaar i Opløsning i henholdsvis Petermanns Citratopløsning og i 2 pCt. Citronsyre. Der fordres ingen Oplysninger om det totale Indhold af Fosforsyre og altsaa heller ikke om den relative Opløselighed, der jo er oplysende med Hensyn til Kvaliteten af Thomasfosfaterne.

De tilførte Fosforsyremængder pr. Kar er beregnet ud fra Gødningernes totale Indhold af Fosforsyre med Undtagelse af Superfosfat, hvor Mængden er beregnet af det vandopløselige Indhold. Hvorvidt det totale Indhold eller Indholdet af citrat- eller citronsyreopløselig Fosforsyre skal lægges til Grund for Sammenligningen med Superfosfat er vel endnu et aabent Spørgsmaal. At dette imidlertid ikke er uden Betydning frem-

gaar af Værditallene (Tabel 3 og 4), der som omtalt Side 628 er stærkt paavirket af Mængden af anvendt Fosforsyre. I Praksis vil Landmanden naturligvis beregne Mængden af den Fosforsyre, der ønskes anvendt, ud fra det Indhold, der er funden ved den officielle Laboratoriemetode. Det vil fremgaa af nedenstaaende Oversigt, hvad der efter de 3 Beregningsmaader skulde tilføres af Thomasfosfater i g pr. Kar for at faa tilført 0.40 g P_2O_5 af henholdsvis Totalindholdet og Indholdet af citrat- og citronsyreopløselig Fosforsyre.

Gødning	Totalindholdet	Beregnet af	
		Citrat- opløselige Forbindelser	Citronsyre- opløselige Forbindelser
Thomasfosfat 1923	3.27	4.99	3.75
do. 1943	2.34	4.40	2.41
do. 1944	2.46	7.01	2.74

Det ses, at det ikke er principielt forskellige Mængder, der skal tilføres, enten Beregningen sker ud fra Totalindholdet eller citronsyreopløselig Fosforsyre, og at Rækkefølgen, hvad Mængden angaar, er den samme. En Beregning ud fra citratopløselig Fosforsyre giver en anden Rækkefølge end Beregningen ud fra Totalindholdet og betydelig større Stofmængder pr. Kar.

Mellem Thomasfosfaternes Værdital, fremgaaet af Udbyttet af 0.40 g P_2O_5 pr. Kar, og Virkningsforholdet, der er anført med Gennemsnittet for alle Fosfatmængder, er der, som det fremgaaer af Tabel 4, ingen større Forskel. Disse Værdier er sammen med Maalegødningens nedenstaaende sammenstillet med Laboratorieundersøgelsens Resultater.

Gødning	Værdital	Virk- nings- forhold	Citrat- opløselig P_2O_5 pCt.	Citronsyre- opløselig P_2O_5 pCt.
Superfosfat	1.00	100.0	18.61 (97.1)	18.70 (97.6)
Thomasfosfat 1943 ..	0.90	83.5	9.09 (53.4)	16.59 (97.4)
do. 1923 ..	0.80	78.8	8.02 (65.6)	10.68 (87.3)
do. 1944 ..	0.76	72.8	5.71 (35.1)	14.59 (89.7)

Tallene i Parentes angiver den relative Opløselighed. Da de givne Fosforsyremængder i Thomasfosfaterne er beregnet af Totalmængden, skulde man vente en vis Overensstemmelse mellem Tallene for relativ Opløselighed og Værditallene samt Tallene, der angiver Virkningsforholdet. Det ses, at det navnlig er Citratmetodens Resultater, der er afvigende fra Vækstforsøgets.

Ferrifosfatet, der efter Vækstforsøgets Resultater praktisk talt er værdiløst som Fosforsyregødning (se Tabel 4), maa efter Citratmetoden bedømmes som værende fuldt ud paa Højde med Superfosfat, medens det ud fra Citronsyremetodens Resultater maa henregnes til en ret værdiløs Gødning. — Der er saaledes god Grund til at fortsætte Undersøgelsen over den laboratoriemæssigt-analytiske Bestemmelse af Thomasfosfaters og andre ikke vandopløselige Fosfaters Gødningsværdi.

Litteratur.

1. *Bondorff K. A.*: Landbrugets Jorddyrkning II, Siderne 261—265.
2. *Steenbjerg, F.*: Om kemiske Planteanalyser og deres Anvendelse. Tidsskrift for Planteavl, 48. Bd., 1944, Side 170.
3. *Bondorff, K. A.*: Landbrugets Jorddyrkning II, Siderne 449—450.
4. Arbejdsmetoder for kemiske Undersøgelser af Mælk og Mejeriprodukter, Foderstoffer samt Gødningsstoffer og Grundforbedringsmidler.
5. *Wiessmann, H.*: Agrikulturchemisches Praktikum. Quantitative Analyse, 1926, Siderne 45—47.