

Studier over forskellige fosfaters gødningsværdi.

Om stofproduktionen og optagelsen af fosfor
fra forskellige fosforgødninger. III.

Ved J. Find Poulsen.

428. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

I nærværende beretning redegøres for nogle undersøgelser, der tjener til belysning af, i hvilken grad fosforgødningers forskellige virkning kan antages at bero på en forskellig tidsmæssig optagelse af fosforet. Undersøgelsen omfatter vækstofforsøg i kar og kemiske analyser af de på forskellige tidspunkter i vækstperioden høstede afgrøder. De er efter samme princip gennemført to år i træk, 1946 og 1947, og jorden, en fosforfattig sandmuld, til karrene er hvert år taget fra samme mark og inden for samme område. Undersøgelserne er udført ved Statens Planteavlslaboratorium, og beretningen er udarbejdet af afdelingsbestyrer J. Find Poulsen.

Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Indledning.

Kan virkningen af forskellige fosforgødninger også tænkes at bero på en forskellig tidsmæssig optagelse af fosforet? Spørgsmålet er afledet af de resultater, der fremgik af et i 1944 (1) udført karforsøg med dels bedre og dels dårligere virkende fosforgødninger, og hvor udnyttelsen i stofproduktionen af optaget fosfor fra ferrifosfat, det almindelige handelspræparat, og fra den grundgødede jord, der var stærkt fosformanglende, måtte henføres til et andet og lavere plan end udnyttelsen af det optagne fosfor fra de forsøgsled, der var tilført bedre virkende fosforgødninger.

Da næringsoptagelsen i begyndelsen af vækstperioden normalt er stor i sammenligning med tørstofproduktionen i samme tidsrum, var det nærliggende at antage, at årsagen til den forskel-

lige udnyttelse af det optagne fosfor måtte søges i den tidsmæssige optagelse, der ganske naturligt kan være afhængig af arten af de fosforforbindelser, afgrøden har haft til rådighed.

Der foreligger ikke i litteraturen fuldgyltige eksempler på, at udnyttelsen i stofproduktionen af et optaget makronæringsstof er afhængig af, om det har været tilført i den ene eller den anden gødning, men et klart billede heraf vil man heller ikke kunne vente at få, med mindre disse gødninger er så forskellige som vel muligt i deres virkning på afgrøden. Jo større forskel i denne henseende, desto større forskel må man vente i forløbet af den tidsmæssige optagelse af det pågældende næringsstof.

Sådanne forsøg er allerede udførte (men endnu ikke offentliggjorte) ved Statens Planteavls-Laboratorium, hvor man i karforsøg med forskellig omsat staldgødning og med havre som afgrøde har bestemt optagelseskurverne for kvælstof, idet man har høstet og analyseret afgrøden på forskellige tidspunkter i vækstperioden.

Man fandt ved disse forsøg optagelser, der i deres tidsmæssige forløb var yderst forskellige. Fra den uomsatte staldgødning med kulstof-kvælstofforholdet (C:N) ca. 23 skete ingen kvælstofoptagelse før ret sent i vækstperioden, antagelig da omsætningen af gødningen i jorden havde ført til et mere snævert C:N, men det sent i vækstperioden optagne kvælstof fra denne gødning udnyttedes i stofproduktionen langt dårligere end kvælstoffet fra de gødninger, hvis kvælstof straks kunne optages af afgrøden.

Også forskellige fosforgødninger, f. eks. superfosfat og råfosfat og ikke mindst et fosfat som ferrifosfat, der ganske vist ikke henregnes til handelsgødningerne, men dog kan forekomme i mange jorder enten som ferrifosfat eller mere sammensatte jernholdige fosforforbindelser, udnyttes mere eller mindre let af afgrøden. Råfosfater og ferrifosfater kan man derimod ikke tænke sig blive lettere optagelige for afgrøden i den sidste end i den første halvdel af vækstperioden, således som det kan være tilfældet med kvælstof fra en uomsat staldgødning, men da planternes evne til udnyttelse af svært optagelige fosforforbindelser formentlig stiger med udviklingen af planterne, kan alene dette forhold være årsagen til en tidsmæssig optagelse, der er afvigende fra den tidsmæssige optagelse af lettere optagelige fosforforbindelser.

Der er i tidens løb, navnlig i udlandet, udført mange forsøg til sammenligning af næringsstofoptagelsens og stofproduktionens tidsmæssige forløb, men som allerede nævnt, finder man ikke for makronæringsstofferne vedkommende forsøg, hvor det i undersøgelsen inddragne næringsstof har været tilført i gødninger af så forskellig beskaffenhed, som de her nævnte. Dels af denne grund og dels for at efterspore årsagen til de omtalte resultater af karforsøget i 1944, blev de i forordet nævnte forsøg planlagt.

	Side
Den følgende beretning omfatter afsnittene:	
1. Almindelige oplysninger om forsøgene.....	415
a. Journaler 1946 og 1947.....	416
b. Vejrforhold.....	417
c. Jordbundsanalyser.....	418
2. Karforsøgene 1946 og 1947.....	420
a. Optagelseskurver for fosfor.....	421
b. Fosformeroptagelse og merudbytte.....	423
c. Udnyttelseskoefficienter.....	425
3. Vejrlig og udnyttelseskoefficienter for fosfor i forskellige år.....	430
Oversigt.....	437

1. Almindelige oplysninger om forsøgene.

Forsøgene er udførte i årene 1946 og 1947 i standardkar, der rummer 20—22 kg jord — jordoverfladen er 500 cm². Jorden, en let, fosforfattig sandmuld, blev i begge år taget fra samme mark og blandet med så meget kulsur kalk, at den fik reaktionstallet 6.5. Jordens oprindelige reaktions- og fosforsyretil og de efter hver høst fundne værdier er anført under afsnittet: Jordbundsanalyser.

De anvendte fosforgødninger var i 1946: superfosfat, thomasfosfat, ferrifosfat H. (det almindelige handelspræparat), som blev prøvet med såvel enkelt som dobbelt kvælstofmængde, samt et i laboratoriet året før udfældet ferrifosfat, der er betegnet »frisk fældet«. Det er anvendt i fældet, ikke indtørret tilstand. Af disse gødninger anvendtes kun een mængde, beregnet af det totale indhold af fosfor (P) og svarende til 0.5 g P pr. kar.

I 1947 var de anvendte fosforgødninger superfosfat og ferrifosfat H., og der anvendtes to mængder svarende til henholdsvis 0.2 og 0.4 g P pr. kar. I såvel dette forsøg, som i forsøget

året før, var der en serie grundgødede kar uden tilskud af fosforgødninger.

Karrene blev i begge år grundgødede med 2.5 g kvælstof (N) i ammoniumnitrat, 3 g kaliumsulfat, 1 g kaliumklorid, 1 g natriumklorid, 1.5 g magniumsulfat, 0.3 g ferriklorid og 0.5 g mangano-sulfat.

Antallet af kar i 1946 var 198. Fælleskarrenes antal 30—36. Heraf høstede 10 ved første høst og 5—8 ved de senere, i hovedtabellen, anførte høsttider.

I 1947 var karrenes antal 180. Fælleskarrenes antal 30—40. Heraf blev høstet et passende antal på de tidspunkter i vækstperioden, som er anført i hovedtabellen for dette forsøg.

Karrene, der blev tilsået med keniabyg, var ikke beskyttet mod regn, men vandindholdet blev daglig kontrolleret, og om fornødent tilførtes der vand indtil 60 pct. af jordens vandkapacitet.

a. Journaler.

1946. Såning 15. og 8. maj. Spiring 28.—29. april. Udynding til 25 planter pr. kar 7. og 8. maj. Den 10. maj iagttoges en tydelig forskel i planternes udvikling i de forskellige serier. I serjerne grundgødet, ferrifosfat H, enkelt og dobbelt kvælstofmængde, var 3. blad endnu ikke synligt, medens det var fremme i serierne med superfosfat og thomasfosfat og i de fleste planter i serien med ferrifosfat »frisk fældet«.

Forskellen mellem planternes udvikling i de forskellige serier blev stedse tydeligere. Rækkefølgen fra god til dårlig udvikling var: Superfosfat, thomasfosfat, ferrifosfat »frisk fældet«, ferrifosfat H., grundgødet og ferrifosfat H. med dobbelt kvælstofmængde. Planterne i de to førstnævnte serier havde langt hen i vækstperioden en ren grøn farve. Dette gjaldt til dels også den tredje serie, medens planterne i de øvrige serier, grundgødet og ferrifosfat H., enkelt og dobbelt kvælstofmængde, havde en blågrøn farve og rødgule bladrande. — At en forholdsvis sen tilførsel af superfosfat til afgrøder, der er utilstrækkeligt forsynet med fosfor, kan rette betydeligt på væksten, blev vist ved tilførsel af 0.25 g P i superfosfat til et af karrene, gødet med ferrifosfat H. Superfosfatet blev opløst i vand og tildryppet foroven i karret den 24. maj. Der blev yderligere tildryppet 100 cm³ vand. Allerede først i juni var væksten synligt bedre og omkring midten af juni betydeligt bedre end i de øvrige kar, tilført ferrifosfat H. Den blågrønne farve og de rødgule bladrande var allerede på dette tidspunkt forsvundet og afløst af den grønne farve, som var typisk for afgrøderne, der allerede fra starten var tilført superfosfat eller thomasfosfat. Afgrøden blev høstet 6. juli samtidig med afgrøderne i de kar, tilført ferrifosfat H., som var bestemt til denne høstdato, og udbyttet, omregnet til g tørstof pr. kar, udgjorde henholdsvis 38.0 og 13.9.

Skridningen begyndte den 23. juni og var i serierne med superfosfat og thomasfosfat afsluttet den 29. og 30. juni. I de øvrige serier blev skridningen først tilendebragt i tiden fra 2. til 8. juli.

På følgende tidspunkter: 11. maj, 25. maj, 15. juni og 6. juli høstedes et passende antal af fælleskarrene i hver serie. Den sidste høst foretoges ved modningen, der for afgrøderne i de forskellige serier bedømtes til følgende tidspunkter: Superfosfat 5. august, thomasfosfat 8. august, ferrifosfat »frisk fældet« 20. august, ferrifosfat H. 26. august og ferrifosfat H. med dobbelt kvælstofmængde samt grundgødet den 29. august. I afgrøderne bestemtes tørstofudbyttet og indholdet af fosfor. Resultatet er anført i hovedtabellerne 1 a og 1 b.

1947. På grund af den langvarige vinter fandt såning først sted den 1. og 2. maj. Springen foregik ret uensartet omkring den 11. maj. Virkningen på afgrøden af de prøvede fosforgødninger var allerede kendelig den 19. maj, hvor det 3. blad endnu ikke var fremme i de grundgødede og de ferrifosfatgødede kar, mens det var under udvikling i karrene tilført superfosfat.

Den 21. maj blev planteantallet i de kar, der var bestemt til 1. høst, reduceret til 30 mod normalt 25 planter. Der blev herved mere stof til analyse, og såvel høstet tørstof som optaget fosfor er korrigeret herfor.

Planternes udvikling og udseende i løbet af vækstperioden var i alt væsentligt, som beskrevet i journalen for forsøget i 1946, hvor der med hensyn til arten af gødningen fandtes tilsvarende serier.

Skridningen begyndte den 22. juni på samme tid — trods den sene såning — som i året før. Den var afsluttet i serierne med superfosfat 29. juni og i de øvrige serier, grundgødet og serierne med ferrifosfat H., 3. juli. Den 5. juli konstateredes angreb af lus på afgrøden, som derfor blev sprøjtet med en nikotinopløsning.

På følgende tidspunkter: 23. maj, 2. juni, 17. juni og 8. juli høstedes et passende antal af fælleskarrene i hver serie. Den sidste høst foretoges ved modning af afgrøden, således 6. og 13. august, hvor der var tilført henholdsvis 0.40 P og 0.20 P i superfosfat, og 18. august for afgrøden i de grundgødede kar og karrene tilført ferrifosfat. Af de 5 høsttider er de 4 første således sammenfaldende, og kun ved 5. høst er afgrøderne høstet på samme udviklingsstrin, nemlig på modningsstadiet. Bedømmelsen heraf kan naturligvis kun være skønsmæssig dels fordi modningen indtræffer på forskellig tid i vækstperioden og senest for de afgrøder, der har lidt af mangel på fosfor, og dels fordi der i alle forsøgsled, såvel i 1946 som i 1947, fandtes en del grønskud. Særlige mange grønskud fandtes i 1947 i et enkelt forsøgsled, betegnet superfosfat 0.20 g P pr. kar.

b. Vejrforhold.

Til nærmere karakterisering af vækstmånederne i 1946 og 1947 er i tabel 1 anført nogle meteorologiske data. I sidste halvdel af tabellen er lignende data anført for årene 1944 og 1945, idet også disse år vil blive omtalt under afsnit 3: Vejr og udnyttelses-koefficienter for fosfor i forskellige år. Tabellen omfatter de

Tabel 1. Vejrforhold i vækstmånederne 1944—1947.

Måned og år	Middeltemperatur, C°		Nedbør mm		Solskinstimer	
	for hele måneden	normal	for hele måneden	normal	for hele måneden	normal
April 1946	8.2	5.8	29	40	200	182
Maj —	11.8	10.9	33	41	297	269
Juni —	13.7	14.3	142	57	177	271
Juli —	17.8	16.7	42	66	338	258
August —	15.8	15.9	70	83	188	225
April 1947	6.2	5.8	41	40	174	182
Maj —	13.5	10.9	20	41	380	269
Juni —	16.7	14.3	50	57	285	271
Juli —	17.3	16.7	59	66	246	258
August —	19.0	15.9	15	83	333	225
April 1944	5.9	5.8	21	40	178	182
Maj —	9.9	10.9	53	41	228	269
Juni —	13.9	14.3	50	57	242	271
Juli —	17.9	16.7	55	66	267	258
August —	19.0	15.9	33	83	310	225
April 1945	7.5	5.8	40	40	183	182
Maj —	11.2	10.9	36	41	248	269
Juni —	14.8	14.3	111	57	258	271
Juli —	17.4	16.7	74	66	261	258
August —	17.1	15.9	112	83	208	225

enkelte måneders middeltemperatur og nedbør samt antallet af solskinstimer, som de er registreret på forsøgsstationen ved Lyngby.

Ved karforsøg udsættes afgrøderne ikke for tørke, idet der vandes — om fornødent daglig — indtil 60 pct. af jordens vandkapacitet. Da karrene ikke er overdækkede, kan rigelig nedbør derimod i perioder medføre et for stort vandindhold i karrene. Dette var således tilfældet i juni måned 1946 og i mindre grad i juni 1945. Tabellen vil blive nærmere omtalt i afsnit 3.

c. Jordbundsanalyser.

Jorden til karrene var en fosforfattig sandmuld, udtaget fra samme mark i begge år, 1946 og 1947. Fosforsyretallet var henholdsvis 1.3 og 1.5 og reaktionstallet 5.5 og 5.8. Der blev indblandet så meget kulsur kalk i jorden, at den fik reaktionstallet 6.5.

Efter hver høst udtoges jordprøver fra karrene. De blev taget med et jordbor i 20 cm's dybde og med 5 stik fra hvert kar. Alle prøver fra fælleskarrene blev slået sammen til en prøve,

Tabel 2. Rt og Ft i jordprøver fra karrene efter hver høst.

Forsøgsled		g P tilført	11/6		25/5		15/6		6/7		Ved modning	
			Rt	Ft	Rt	Ft	Rt	Ft	Rt	Ft	Rt	Ft
Grundgødet	1946.....	—	5.5	0.9	5.2	1.1	5.5	1.0	5.5	1.1	4.9	1.0
Superfosfat	—	0.5	5.8	1.8	5.2	2.2	5.5	1.5	5.8	1.8	5.4	1.9
Thomasfosfat	—	»	5.6	2.7	5.1	4.0	5.6	1.8	5.8	2.3	5.5	3.1
Ferrifosf. H.	—	»	5.5	1.0	4.9	1.1	5.5	0.9	5.1	1.4	5.0	1.5
do. dobb. N	—	»	5.4	1.0	4.7	1.1	5.2	1.0	4.8	1.3	4.6	1.8
do. frisk fældet	—	»	5.5	1.1	4.9	1.3	5.5	0.9	5.2	1.4	5.0	1.3
			25/5		3/6		17/6		8/7		Ved modning	
Grundgødet	1947.....	—	6.1	1.6	6.0	1.8	6.2	1.8	5.9	1.8	5.9	1.8
Superfosfat	—	0.2	6.1	2.2	5.9	2.3	6.0	2.1	6.1	1.9	6.2	1.9
do.	—	0.4	6.2	2.9	6.0	3.3	6.1	2.4	6.3	2.4	6.5	2.9
Ferrifosf. H	—	0.2	6.1	1.6	6.0	1.9	6.0	1.8	6.0	1.8	6.0	2.0
do.	—	0.4	6.1	1.6	6.0	1.8	6.1	1.8	5.9	1.8	5.9	1.9

hvori bestemtes reaktionstal og fosforsyretal (salpetersyremetoden), Resultaterne er anførte i tabel 2.

Der er i 1946 fra 11. maj til 25. maj et fald i reaktionstallene på indtil 0.7 enheder, derefter forekommer en mindre stigning, som gennemgående holder sig i juni og juli. I august forekommer atter et mindre fald. I øvrigt varierer de i vækstperioden fundne reaktionstal omkring den værdi, jorden havde før tilsætningen af kulsur kalk, og dette skyldes antagelig, at den tilsatte kalkmængde i alt væsentligt kun var tilstrækkelig til mætning af den ved nitrifikationen af ammoniumnitratet dannede salpetersyre ($\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3 + 2\text{O}_2 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$). Det er da også forklarligt, at man finder de laveste reaktionstal i forsøgsleddet, ferrifosfat H. med dobbelt kvælstofmængde.

Det oprindelige fosforsyretal i jorden var 1.3. Variationen omkring denne værdi var i løbet af vækstperioden kun ringe for den grundgødede serie og serierne tilført ferrifosfater, selv det som »frisk fældet« betegnede ferrifosfat har ikke kunnet påvirke fosforsyretallet, således som det var tilfældet med de til karforsøget i 1945 (2) anvendte frisk fældede ferrifosfater. Disse fosfater blev imidlertid anvendt umiddelbart efter fældningen, medens det i dette forsøg anvendte fosfat, som det er omtalt side 415, var en rest fra det året før udfældede ferrifosfat. Der er sandsyn-

ligvis ved henstand dannet basiske ferrifosfater. I hvert fald var også virkningen på afgrøden stærkt formindsket.

I serierne tilført superfosfat og thomasfosfat, er fosforsyre-tallene tydeligt påvirket af de tilførte gødninger og navnlig af thomasfosfat. Denne gødning og de ikke vandopløselige kalkfosfater (råfosfater) påvirker fosforsyretallet i langt stærkere grad end deres virkning på afgrøden svarer til. De i sammenligning med thomasfosfat lavere fosforsyretal i serien, tilført superfosfat, skyldes sandsynligvis flere forhold. Således er fosforoptagelsen fra superfosfat i den første del af vækstperioden mere end det dobbelte af optagelsen fra thomasfosfat. Ligeledes er det vandopløselige superfosfat udsat for i jorden at blive overført til forbindelser (med jern og aluminium), som slet ikke eller i hvert fald i ringere grad end thomasfosfat påvirkes af det ekstraktionsmiddel, som benyttes ved fosforsyretalbestemmelsen.

Fosforsyretallene, der er bestemt efter hver høst i forsøget i 1947, viser i hovedsagen det samme billede som forsøget i 1946. Reaktionstallene er noget højere end i forsøget året før, men dog lavere end beregnet efter den tilførte kalkmængde, der også skulle kunne mætte den af ammoniumnitratet dannede salpetersyre. Den af grundgødningen i jorden betingede saltvirkning, der på grund af den ringe nedbør i vækstperioden og den stærke fordampning fra karrene i særlig grad har gjort sig gældende i den øverste halvdel af karrene, har influeret uforholdsmæssigt stærkt på jordreaktionen, der som nævnt var beregnet til 6.5.

2. Karforsøgene 1946 og 1947.

Høstresultaterne m. m. er for hver høsttid anført i hovedtabellerne 1 a og 1 b samt 2 a og 2 b for henholdsvis 1946 og 1947. Se side 441.

Ved disse forsøg, der er udført i to fortløbende år med jord af samme oprindelse, en grundgødning, der i art og mængde var den samme, samme slags afgrøde, ligesom prøvegødningerne i nogle tilfælde var af samme oprindelse, kan det være af interesse også at se på vejrligets indflydelse på fosforvirkningen. Ikke mindst derfor findes det betimeligt at behandle forsøgene sideordnet.

a. Optagelseskurver for fosfor.

Det var hovedformålet med forsøgene at undersøge, i hvilken grad fosforgødningernes forskellige virkning kunne antages at bero på en forskellig tidsmæssig optagelse af fosforet. Det er derfor naturligt at se på optagelseskurverne for fosfor, således som de har formet sig i løbet af vækstperioden for de forskellige forsøgsled, på meroptagelsen eller det fra gødningerne optagne fosfor, på merudbytterne, og på hvorledes det optagne fosfor er udnyttet i stofproduktionen, ikke alene på modningsstadiet, men også på de forudgående tider i vækstperioden, hvor høst er foretaget.

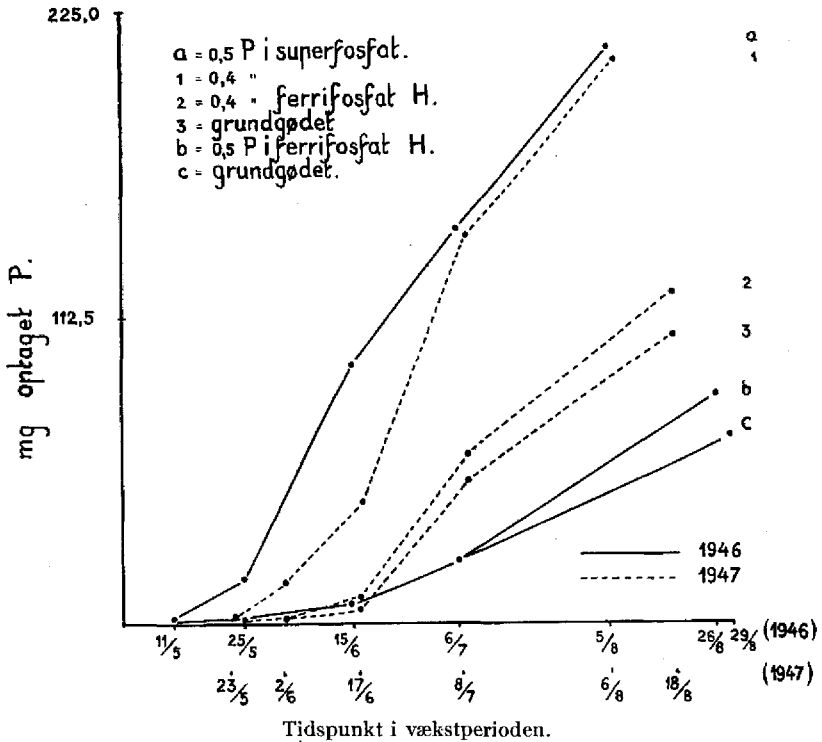
I tabel 3 er anført optagelsen af fosfor samt udbyttet af de grundgødede forsøgsled og de forsøgsled, hvor den anvendte fosforgødning i begge år var af samme oprindelse.

Tabel 3. Optaget fosfor og udbytte fra repræsentative forsøgsled i forsøgene 1946 og 1947.

Forsøgsled	Så-dato	11/5		25/5		15/6		6/7		Ved modn.		Høst-dato
		Tørst. g/kar	P mg/k.	Tørst. g/kar	P mg/k.	Tørst. g/kar	P mg/k.	Tørst. g/kar	P mg/k.	Tørst. g/kar	P mg/k.	
1946												
Grundgødet	15/4	0.62	1.3	1.2	1.6	4.6	6.5	13.1	23.6	48.1	70.0	29/8
Superfosfat 0.5 g P pr. kar.	»	0.74	2.2	3.7	17.1	43.7	96.1	125.7	145.8	164.9	213.0	5/8
Ferrifosfat H. 0.5 g P pr. kar.	»	0.68	1.4	1.3	1.8	5.1	7.1	13.9	23.6	62.2	85.0	26/8
1947												
Grundgødet	1/5	0.84	1.5	1.6	2.3	3.7	6.6	23.2	52.9	73.8	108.0	18/8
Superfosfat 0.4 g P pr. kar.	»	1.1	3.3	5.1	15.5	22.3	45.8	97.2	143.9	135.3	208.0	6/8
Ferrifosfat H. 0.4 g P pr. pr. kar.	»	0.87	1.6	1.8	2.8	5.3	10.2	28.7	63.5	77.9	120.0	16/8

Det fremgår umiddelbart af udbyttetallene og tallene for optaget fosfor, at den anvendte jord var stærkt fosformanglende, hvad jo også kommer til udtryk i de forskellige fosforgødningers indbyrdes virkning, navnlig i 1946. Vejrligets eventuelle indflydelse vil senere blive omtalt.

Figur 1. Optagelseskurver for fosfor.
Karforsøgene 1946 og 1947.



Optagelsen af fosfor fra de i tabel 3 anførte forsøgsled er illustreret i figur 1.

Kurverne er indtegnet i samme koordinatsystem med 1. høsttid 11. maj 1946 mod 23. maj i 1947. Såning foregik henholdsvis 15. april og 1. maj.

I den øverste gruppe, de superfosfatgødede forsøgsled, har optagelsen af fosfor nået et betydeligt omfang i den første halvdel af vækstperioden, medens optagelsen for den nederste gruppes vedkommende, leddene med ferrifosfat og de grundgødede led, i denne periode er ret minimal. Fosforoptagelsen er her først af væsentlig betydning i den sidste halvdel af vækstperioden. Forskellen mellem grupperne er mest udpræget i 1946, hvor optagelsen fra det grundgødede forsøgsled var lavt i sammenligning med optagelsen fra det tilsvarende forsøgsled i 1947.

b. Fosformeroptagelse og merudbytte.

Hvor meget af det optagne fosfor, der på de valgte forskellige tidspunkter i vækstperioden stammer fra de tilførte fosforgødninger, har man et brugbart udtryk for i meroptagelsen af fosfor. Disse tal er sammen med de tilsvarende merudbytter anført i tabel 4 for alle forsøgsled med undtagelse af forsøgsleddet, ferrifosfat H. med dobbelt kvælstofmængde, i 1946. Dette led var taget med for at se, om et større tilskud af kvælstof end de 2.5 g pr. kar ville forøge ferrifosfatets virkning, hvad der på forhånd kunne tænkes ud fra kendskabet til vekselvirkningerne mellem næringsstofferne i de tilførte gødninger. Den store kvælstofmængde, 5 g N i ammoniumnitrat pr. kar, har imidlertid, som det fremgår af hovedtabellerne 1 a og 1 b, haft en skadelig virkning (antagelig på grund af en for stor saltvirkning) på afgrøden og fosforoptagelsen både i sam-

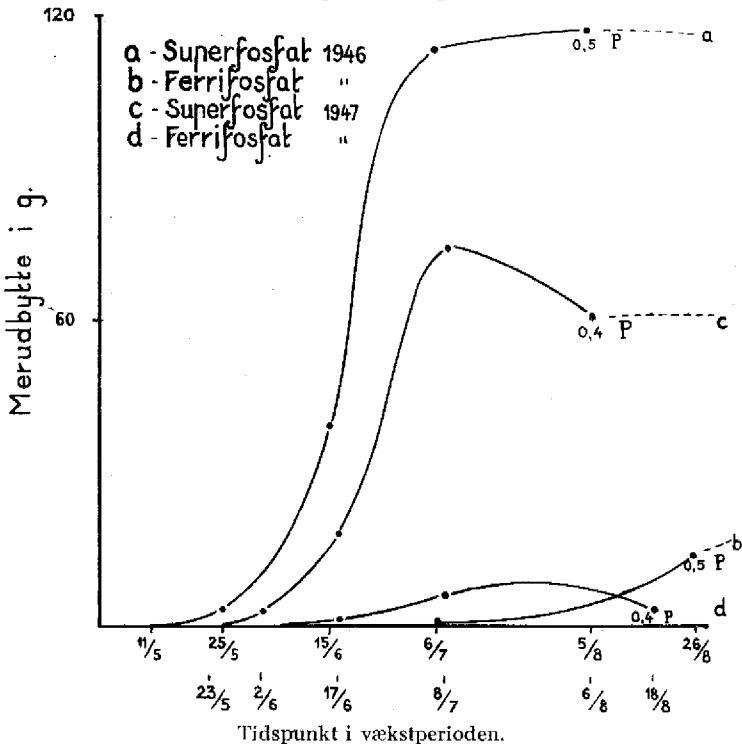
Tabel 4. Merudbytte og fosformeroptagelse på forskellige tidspunkter i vækstperioden. Karforsøgene 1946 og 1947.

Fosforgødning	Så- dato	11/5		23/5		15/6		6/7		Ved modn.		Høst- dato
		Tørst. g/kar	P mg/k.	Tørst. g/kar	P mg/k.	Tørst. g/kar	P mg/k.	Tørst. g/kar	P mg/k.	Tørst. g/kar	P mg/k.	
1946												
Superfosfat 0.5 g P pr. kar	15/4	0.12	0.9	2.5	15.5	39.1	89.8	112.8	122.2	116.8	143.0	5/8
Tomasfosfat 0.5 g P pr. kar	»	0.08	0.5	1.3	6.5	24.2	44.8	71.8	84.8	88.0	113.0	8/8
Ferrifosfat H. 0.5 g P pr. kar	»	0.06	0.1	0.12	0.2	0.50	0.8	0.80	0.0	14.1	15.0	26/8
Ferrifosfat, frisk fældet, 0.5 g P pr. kar	»	0.08	0.1	0.29	0.7	2.8	3.4	6.7	7.1	17.8	16.0	23/8
1947												
Superfosfat 0.3 g P pr. kar	1/5	0.14	0.7	2.3	7.3	7.9	16.8	40.4	56.8	34.5	84.0	13/8
Superfosfat 0.4 g P pr. kar	»	0.28	1.8	3.5	13.2	18.7	39.2	74.0	91.0	61.5	100.0	6/8
Ferrifosfat H. 0.3 g P pr. kar	»	0.01	0.0	0.12	0.4	0.5	1.2	1.9	0.7	1.7	2.0	18/8
Ferrifosfat H. 0.4 g P pr. kar	»	0.03	0.1	0.14	0.5	1.8	3.8	5.5	10.8	3.5	12.0	18/8

menligning med den halve kvælstofmængde til ferrifosfat H. og med det grundgødede forsøgsled. Dette forsøgsled vil derfor ikke yderligere blive omtalt.

Næringsstofoptagelsen og stofproduktionen i forsøgsledet med superfosfat 1946 viser, som det fremgår af tabellerne 3 og 4, det sædvanlige karakteristiske billede for normalt voksende afgrøder, at næringsstofoptagelsen i den første del af vækstperioden foregår langt hurtigere end stofproduktionen. Der optages tilsyneladende i denne periode mere end til dækning af det øjeblikkelige behov, men »overskudsoptagelsen« synes nødvendig for den efterfølgende stærke vækst indtil afgrødens gennemskridning. Ved en betragtning af dette og de øvrige forsøgsled i forsøget i 1946 ses det da også tydeligt, at næringsstofoptagelsen og stofproduktionen ved modning i høj grad har relation til forårstidens næringsstofoptagelse og stofproduktion.

Figur 2. Merudbyttekurver.
Karforsøgene 1946 og 1947.



Optagelsen af fosfor fra thomasfosfat er i sammenligning med superfosfat forholdsvis lille i den første og forholdsvis stor i den sidste halvdel af vækstperioden. Ved høsten 15. juni er der kun optaget ca. 39 pct. af ialt optaget fosfor fra thomasfosfat mod ca. 63 pct. fra superfosfat.

Optagelsen af fosfor fra ferrifosfaterne er forskubbet endnu stærkere end fra thomasfosfat mod den sidste del af vækstperioden. I jo højere grad dette finder sted, desto mere fosfor i disse gødninger skal der til for at erstatte virkningen af en vis mængde fosfor i superfosfat. Det ses også, at planterne må opnå en vis udvikling, før de kan udnytte en dårlig virkende fosforgødning.

Medens merudbytterne i forsøget i 1946 viser en fortsat stigning gennem hele vækstperioden, er de aftagende fra næstsidste til sidste høst i forsøget i 1947. Grunden hertil må søges i det grundgødede forsøgsled, hvor der i 1947 i sidste halvdel af vækstperioden forekom en langt stærkere fosforoptagelse og et tilsvarende større udbytte end af grundgødet for samme periode i 1946.

Merudbyttekurverne for henholdsvis superfosfat og ferrifosfat H. i forsøgene 1946 og 1947 er illustreret i figur 2.

c. Udnyttelseskoefficienter.

Ved udnyttelseskoefficienten forstås den af en enhed optaget fosfor producerede tørstofmængde. Udnyttelseskoefficient og afgrødens procentiske indhold af fosfor er således forbundne stør-

Tabel 5. Udnyttelseskoefficienter.

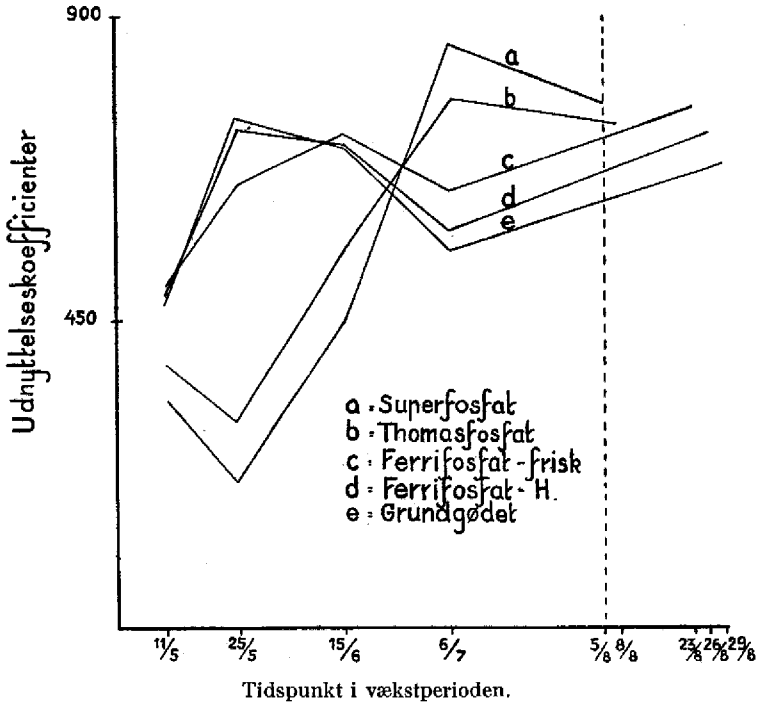
Forsøgsled	År	Høstdato				Modn. stadiet	Høstdato
		11/5	25/5	15/6	6/7		
Grundgødet	1946	477	756	708	555	685	29/8
Ferrifosfat H.	»	486	739	718	589	735	26/8
Ferrifosfat »frisk fældet«	»	500	652	727	645	762	23/8
Thomasfosfat	»	389	305	561	781	746	8/8
Superfosfat	»	336	216	455	862	775	5/8
Forsøgsled	År	23/5	2/6	17/6	8/7	Modn. stadiet	Høstdato
Grundgødet	1947	560	700	556	439	683	18/8
Ferrifosfat H 0.20 P.	»	567	641	530	467	686	18/8
do. » 0.40 P.	»	544	625	518	452	644	18/8
Superfosfat 0.20 P.	»	445	388	495	(581)	(564)	13/8
do. 0.40 P.	»	339	330	488	676	650	6/8

relser, idet det procentiske indhold kan udtrykkes ved udnyttelses-koefficientens reciprokke værdi.

Udnyttelseskoefficienterne, som de er fundne i forsøgene 1946 og 1947 på de forskellige tidspunkter i vækstperioden, er anførte i tabel 5.

Udnyttelseskoefficienterne ved næstsidste og sidste høst for forsøgsleddet, tilført 0.20 P i superfosfat, i 1947 er anført i parentes. Der var her, som omtalt i journalen, forholdsvis mange grønne basalskud, hvad der giver forklaringen på de lave koefficienter. Tages dette i betragtning vil det ses af tabellen, at udnyttelseskoefficienterne grupperer sig indbyrdes principielt på samme måde i begge forsøgsår. En grafisk fremstilling, der bedre end tabellen giver et indtryk af, hvorledes det optagne fosfor er udnyttet i stofproduktionen gennem vækstperioden, omfatter derfor kun det ene år, 1946.

Figur 3. Udnyttelseskoefficienter for fosfor på forskellige tidspunkter i vækstperioden. Karforsøget 1946.



I de forsøgsled, der er tilført superfosfat og thomasfosfat, de ikke fosformanglende forsøgsled, er bevægelsen i udnyttelses-koefficienterne ganske modsat den, der har fundet sted for de stærkt fosformanglende forsøgsled, det grundgødede og de ferri-fosfatgødede forsøgsled.

Hvor der er fosfor nok, bliver optagelsen i forhold til stofproduktionen stærkt dominerende i begyndelsen af vækstperioden, derefter følger en forholdsvis stærk stigning i stofproduktionen, som vedvarer, indtil gennemskridning har fundet sted.

I de stærkt fosformanglende forsøgsled er fosforoptagelsen ganske naturligt stærkt hæmmet i den første del af vækstperioden. En omregning af tørstofudbytte og fosforoptagelse på de forskellige høstdata til relative værdier, idet dels det højeste tørstofudbytte, dels den højest optagne mængde af fosfor sættes lig 100, vil vise, at den relative fosforoptagelse og tørstofproduktion følges ad i denne periode. I den ikke fosformanglende gruppe er den relative fosforoptagelse i denne periode stærkt forud for den relative tørstofproduktion.

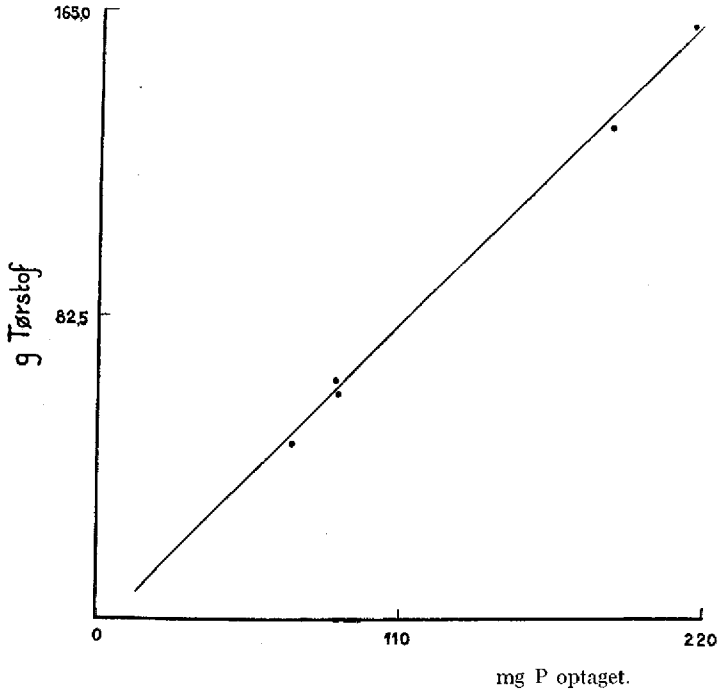
Den sidstnævnte gruppe er således kendetegnet ved små og den stærkt fosformanglende gruppe ved høje udnyttelseskoefficienter indtil lidt over midten af juni måned.

Noget før gennemskridningen begynder eller midt i sidste halvdel af juni måned bliver udnyttelseskoefficienterne af samme størrelsesorden for begge grupper, men allerede under og kort efter gennemskridning forekommer atter en betydelig forskel, kendetegnet ved høje udnyttelseskoefficienter for den ikke fosformanglende og lave udnyttelseskoefficienter for den stærkt fosformanglende gruppe.

På et så sent tidspunkt i vækstperioden, hvor gennemskridning har fundet sted, forekommer altså en højst forskellig udnyttelse i stofproduktionen af det optagne fosfor, som resultat af en forskellig tidsmæssig optagelse af fosforet i den her omtalte del af vækstperioden.

Fra gennemskridningsstadiet til modningsstadiet udlignes imidlertid forskellen mellem udnyttelseskoefficienterne næsten fuldstændigt i forsøget i 1946 (og 1947), idet udnyttelseskoefficienterne for den ikke fosformanglende gruppe aftager, medens de for den stærkt fosformanglende gruppe tiltager. Der forekom-

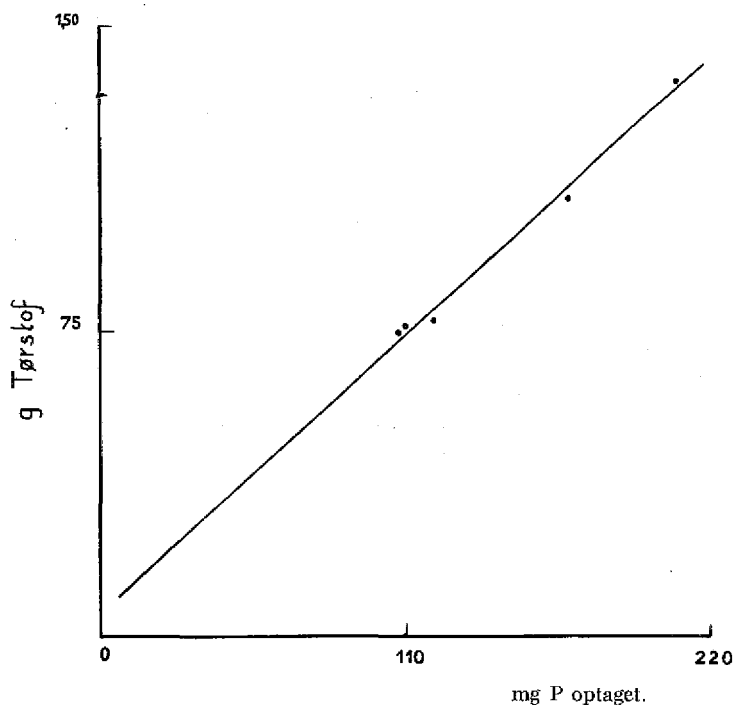
Figur 4. Forholdet mellem udbytte og optaget fosfor.
Karforsøget 1946.



mer nemlig i denne sidste del af vækstperioden, som jo af grunde, der tidligere er nævnt, er ulige lang for de to grupper, en i forhold til stofproduktionen lidt stærkere optagelse af fosfor i den førstnævnte gruppe, medens det omvendte finder sted for den sidstnævnte gruppe. En lignende »gang« i udnyttelseskoefficienterne vækstperioden igennem er konstateret af Steenbjerg (3).

Det fremgår da af de i 1946 og 1947 udførte forsøg over stofproduktionen og optagelsen af fosfor fra forskellige fosforgødninger, at den tidsmæssige optagelse i høj grad var afhængig af gødningens art, men at udnyttelsen i stofproduktionen på modningsstadiet alt i alt synes ret uafhængig af, om de fosforbindelser, afgrøden har haft til rådighed, var mere eller mindre let optagelige. Dette fremgår også af figurerne 4 og 5, hvor forholdet mellem udbytte og optaget fosfor er grafisk fremstillet.

Figur 5. Forholdet mellem udbytte og optaget fosfor.
Karforsøget 1947.



Da forholdet mellem udbytte og optaget fosfor kan betragtes som retlinet, får de til beregningen benyttede ligninger formen:

$$y = 787.47 x - 4.92 \text{ (forsøget i 1946)}$$

$$y = 614.23 x + 6.21 \text{ (forsøget i 1947)}$$

hvor y er udbyttet og x den optagne fosformængde. Som det fremgår af figurerne og de anvendte ligninger, går den rette linie ikke gennem koordinatets nulpunkt, hvad heller ikke kan ventes, når der ses hen til den usikkerhed, man må regne med ved forsøg af denne art.

Som omtalt side 423 og som det iøvrigt fremgår af tabellerne 3 og 4, er forskellen i udbyttet af de grundgødede forsøgsled og i virkningen af de anvendte fosforgødninger større i de to år, end den eventuelle forskel i jordens beskaffenhed kan begrunde.

Det ses også af koefficienterne til x i ovennævnte ligninger, at det optagne fosfor er udnyttet bedre i stofproduktionen i 1946 end i 1947.

Da der nu foreligger 4 års forsøg med forskellige fosforgødninger, nemlig foruden de her beskrevne, karforsøgene i 1944 (1) og i 1945 (2), kan de på modningsstadiet fundne udnyttelses-koefficienter for fosfor m. fl. forhold ses i belysning af årenes vejrlig. Det bliver i denne forbindelse kun temperaturen og antallet af solskinstimer, idet der må ses bort fra nedbøren, da planternes vandforsyning som sædvanlig ved karforsøg var holdt konstant.

En mere samlet udredning af de her omtalte forhold er foretaget i det følgende afsnit.

3. Vejrlig og udnyttelseskoefficienter for fosfor i forskellige år.

Da forsøgene i de 4 år er udført under så ensartede forhold som muligt med hensyn til voksemedie, grundgødning, udsæd m. m., må de betydelige forskelle mellem de i forskellige år fundne resultater i hovedsagen tilskrives vejrliget, og det kan i og for sig ikke gøre denne udredning mindre værdifuld, at vejrliget, som nævnt, kun omfatter to af de tre vejrelementer, der sædvanligvis regnes med.

Variationen i udnyttelseskoefficienterne fremkommer dels ved forskel i afgrødens procentiske indhold af fosfor og dels ved et varierende forhold mellem kærne og halm. Det procentiske indhold spiller i denne henseende den største rolle. Forekommer samtidigt et ret højt procentisk indhold af fosfor og en høj kærneprocent (kærne i pct. af kærne + halm) bliver udnyttelses-koefficienten særlig lav, idet begge forhold virker i samme retning.

Hvad betinger iøvrigt variationen i afgrødernes procentiske indhold af fosfor? Idet der foreløbig ses bort fra årsvariationen, der skyldes vejrliget, og spørgsmålet begrænses til et enkelt års forsøg, kan der være tale om mængden og arten af de fosforforbindelser, som er til rådighed for afgrøden.

Forekommer som i dette tilfælde en stærk fosformanglende jord, antages det procentiske indhold af fosfor i planterne først

at falde for derpå ved stigende tilskud af fosfor til jorden at stige. (K. A. Bondorff (4) og F. Steenbjerg (5)). Ser man imidlertid på resultaterne af det i 1944 udførte karforsøg (1) med forskellige fosforgødninger, hvor der anvendtes stigende tilskud, 4 mængder, af følgende gødninger: Superfosfat, sek. kalciumfosfat, ferrifosfat, det almindelige handelspræparat, og 3 forskellige thomasfosfater, kommer man til følgende procenttal:

Forsøgsled, tilført:	pct. P_2O_5 i byg (kærne + halm) for tilført g P_2O_5 pr. kar			
	0.40	0.80	1.20	2.00
Superfosfat.....	0.289	0.272	0.275	0.284
Sek. kalciumfosfat.....	0.289	0.279	0.287	0.290
Ferrifosfat.....	0.369	0.383	0.392	0.386
Thomasfosfat 1923.....	0.312	0.287	0.288	0.275
do. 1943.....	0.327	0.306	0.294	0.281
do. 1944.....	0.321	0.299	0.292	0.274
Grundgødet ÷ fosfor.....	0.356			

Sammenholdes det procentiske indhold af fosfor i afgrøden fra grundgødet minus fosfor med det procentiske indhold i afgrøderne fra de øvrige forsøgsled ses, at der i afgrøden, tilført superfosfat, forekommer fald og stigning med minimum allerede ved første tilskud, men tilført sek. kalciumfosfat først ved tredje tilskud. Hvor der er tilført ferrifosfat, er der nærmest tale om en fortsat stigning, medens der for alle thomasfosfaternes vedkommende gennemgående er et fortsat fald i afgrødernes procentiske indhold af fosfor.

Alle afgrøder har været påvirket af samme »vejrlig«. Det er altså her fosforforbindelsernes art, der er årsag til den fundne højest forskellige »bevægelse« i afgrødernes procentiske indhold af fosfor.

Ser man bort fra afgrøden, tilført ferrifosfat, der principielt skiller sig ud fra de øvrige afgrøder, er variationen i procenttallene størst, hvor det mindste tilskud af de forskellige fosforgødninger er givet. Jo mindre fosfor, der forekommer i jorden, desto større betydning har arten af de tilførte fosforforbindelser for afgrødens procentiske indhold af fosfor. Procenttallene vil

nemlig ligge på den første, stærkt faldende gren af den kurve, der ifølge Steenbjerg (5) er typisk for afgrødernes procentiske indhold af et næringsstof, når de dyrkes under forhold, hvor det pågældende næringsstof gradvis kan tilføres fra meget lidt til meget rigeligt. Dette kan også udtrykkes således, at jo lettere optagelig den forbindelse er, hvormed næringsstoffet gradvis er tilført, desto hurtigere vil faldet i afgrødens procentiske indhold af dette næringsstof afløses af en stigning.

Det procentiske indhold af fosfor i afgrøderne tilført ferrifosfat ligger i et andet og højere plan end procenttallene for afgrøderne tilført de øvrige fosforforbindelser. Der er her tale om en principiel forskellig udnyttelse i stofproduktionen af det optagne fosfor, således som det er omtalt i beretningen for det i 1944 (1) udførte karforsøg, og som det iøvrigt senere vil blive omtalt.

Det er almindelig erkendt, at vejrliget har en ikke ringe indflydelse på planternes kemiske sammensætning. Fra det ene år til det andet kan man derfor i samme slags afgrøde finde en ret betydelig variation i det procentiske indhold af fosfor og andre næringsstoffer og dermed i udnyttelseskoefficienterne. Denne årsvariation giver sig også udslag i udbytte, merudbytte m. fl. forhold.

Det materiale, som kan benyttes til en nærmere påvisning af disse forhold, refererer sig alene til fosfor og stammer fra 4 års karforsøg, udførte med forskellige fosforgødninger i årene 1944—1947. Materialet er ret spinkelt. På den anden side er udslagene så store, at en omtale af dem kan findes forsvarlig.

Der må, som allerede omtalt, ses bort fra nedbøren. De vejrelementer, som kommer i betragtning, bliver således kun temperatur og solskin i de respektive vækstperioder.

I to af de fire år, nemlig i 1944 og 1946, forekom en betydelig bedre virkning af henholdsvis superfosfat og ferrifosfat, som var benyttet i alle fire år, end i 1945 og 1947. I de to sidstnævnte år var udbyttet af grundgødet størst, hvad der formentlig må tages som udtryk for forholdsvist gunstige meteorologiske vækstbetingelser. Det her konstaterede sammenspil mellem udbyttet af grundgødet og merudbyttets størrelse, altså virkningen af tilført fosfor, er i overensstemmelse med, hvad L. Rasmussen (6) tidligere har konstateret for markforsøgenes vedkommende, og

er naturligvis en ikke uvæsentlig faktor ved alle sammenligninger mellem fosforsyretil og udbytte eller ikke udbytte af tilførte fosforgødninger. Men var disse årsgrupper, henholdsvis 1944 og 1946, og 1945 og 1947, nu også væsensforskellige med hensyn til temperatur og solskin i den egentlige væksttid, eller var der andre årsager til den forskellige fosforvirkning i disse årsgrupper?

Som det fremgår af tabel 1, side 418, må de to år, 1945 og 1947, med størst udbytte af grundgødet og mindst virkning af tilført fosfor, karakteriseres således: 1945, middeltemperatur for april til og med august over den normale, antallet af solskinstimer lidt over det normale i april og juli, i de øvrige måneder noget, men dog ikke væsentligt under det normale. 1947, middeltemperaturen ligeledes over den normale i hele vækstperioden. Antallet af solskinstimer betydeligt over det normale i maj og august, noget over i juni og lidt under det normale i juli måned. Navnlig for temperaturens vedkommende, men også med hensyn til antallet af solskinstimer, må de to år, 1945 og 1947 karakteriseres som særdeles gode.

De to år, 1944 og 1946, med mindst udbytte af grundgødet og størst virkning af tilført fosfor, må karakteriseres således: 1944, middeltemperaturen for april lig den normale, for maj og juni under og for juli og august over den normale. Antallet af solskinstimer under det normale i april, maj og juni, lidt over i juli og meget væsentlig over i august måned. 1946, middeltemperaturen i april, maj og juli over den normale, i juni under og i august lig den normale. Antallet af solskinstimer over det normale i april, maj og juli, men meget væsentligt under det normale, navnlig i juni og august måned.

Årene 1944 og 1946 var således mindre gunstige med hensyn til temperatur og solskin end årene 1945 og 1947, hvad der jo stemmer meget godt med det omtalte sammenspil mellem fosforvirkning og de meteorologiske vækstbetingelser.

Med hensyn til eventuelle andre årsager til den forskellige fosforvirkning i de nævnte årsgrupper skal bemærkes, at den anvendte jord i alle år var af samme oprindelse og stærkt fosformanglende. Der blev i tre af de fire års forsøg med forskellige fosforgødninger benyttet superfosfat og ferrifosfat (handelspræparatet). I det ene år, 1945, sek. kalciumfosfat, der i virkning regnes lig med superfosfat, samt et i laboratoriet fremstillet ferrifosfat, der blev tørret ved 100°C, og som i virkning ret nøje svarer til handelspræparatet. Grundgødningen var med hensyn til kvælstof lidt forskellig, idet der i 1945 blev benyttet kaliumnitrat mod ammoniumnitrat i de øvrige år, endvidere blev der i 1944 og 1945 anvendt 3 g N/kar mod 2.5 g i 1946 og 1947. I hver af de omtalte årsgrupper korresponderer grundgødningerne således også med hensyn til de anvendte kvælstofmængder.

De benyttede fosformængder ved denne sammenligning var 0.5 g P/kar. I 1947 blev dog kun anvendt 0.2 og 0.4 g P/kar, men ud fra disse mængder er såvel udbyttet som den optagne fosformængde beregnet for 0.5 g P og anført i tabel 6.

Udbyttet af de grundgødede forsøgsled i de 4 år kan naturligvis i nogen grad, foruden af vejrliget, være påvirket af de nævnte uligheder i jord og grundgødning. Det må dog fremhæves, at udbyttet i denne henseende først og fremmest har været afhængig af jordens optagelige fosfor. Middeltallet af fosforsyre-tallene i årsgruppen, 1945 og 1947, med størst udbytte af grundgødet, var 1.1 mod 1.4 i den anden årsgruppe, 1944 og 1946, med mindst udbytte af grundgødet. Såvel udbyttet af grundgødet som virkningen af tilført fosfor må derfor også ud fra disse betragtninger anses for stærkt påvirket af vejrliget.

Foruden udbytte og merudbytte i de 2 årsgrupper af de forhåndenværende fosforforbindelser er der også andre forhold af interesse, som det vil fremgå af tabel 6.

Tabel 6. Merudbytte m. m. af anvendt superfosfat og ferrifosfat til byg i årene 1944—1947.

Merudbytte	Udbytte af grundgødet	År	mg P optaget ialt	pct. P i samlet udbytte	Udnyttelses-koefficient	Kærneprocent	
Superfosfat (i 1945 sek. kalciumfosfat)							
53.8	56.0	1945	218	0.189	502	53.2	
72.9	73.8	1947	228	0.155	645	56.2	
116.8	48.1	1946	213	0.129	775	49.5	
135.4	47.2	1944	219	0.120	833	52.7	
Ferrifosfat (i 1945 et i laboratoriet fremstillet ferrifosfat).							
1.8	56.0	1945	117	0.203	0.180	492	51.7
4.4	73.8	1947	122	0.156		641	58.2
11.8	47.2	1944	100	0.171	0.154	585	57.1
14.1	48.1	1946	85	0.137		730	54.7

I tabel 6 er årene ordnet efter merudbyttets størrelse. For superfosfat er det samlede udbytte ret stærkt stigende med rækkefølgen, skønt den optagne fosformængde i alle årene må siges at være af samme størrelsesorden. Stigningen i udbyttet giver sig derfor udslag i et betydeligt fald i afgrødernes procentiske indhold af fosfor og en dermed forbunden stigning i udnyttelses-koefficienterne.

Såvel faldet i procenttallene som stigningen i udnyttelses-koefficienterne har relation til udbytte og merudbytte således, at høje procenttal og lave udnyttelseskoefficienter forekommer, hvor

udbyttet af grundgødet er størst og merudbyttet mindst, medens lave procenttal og høje udnyttelseskoefficienter ses at være forbundne med lavt udbytte af grundgødet og et stort merudbytte.

En god virkning af tilført superfosfat, som det er tilfældet i 1944 og 1946, synes således at være ensbetydende med en god udnyttelse i stofproduktionen af det optagne fosfor.

Som omtalt side 430 kan størrelsen af udnyttelseskoefficienterne også være afhængig af forholdet mellem kærne og halm. Dette er også tilfældet her, som det fremgår af sidste rubrik i tabel 6, men dette forhold har dog langt mindre betydning end den forskel, der fra det ene år til det andet kan være mellem afgrødernes procentiske indhold af fosfor.

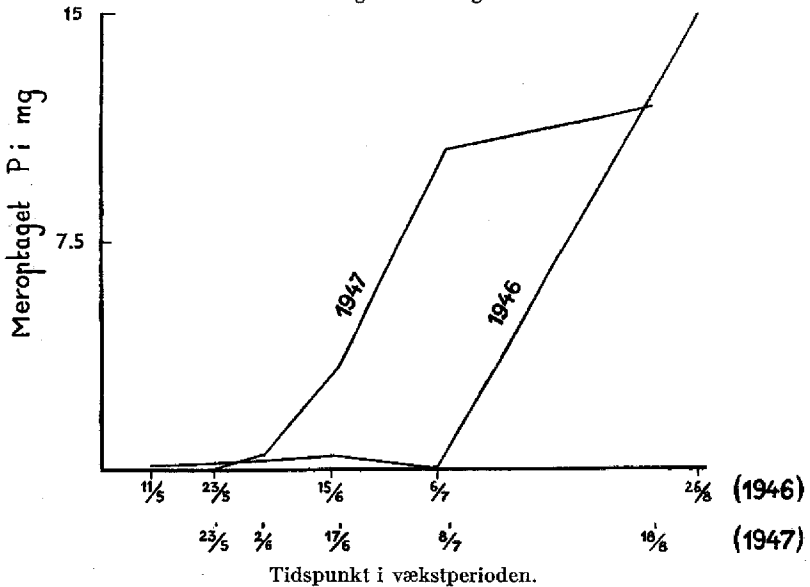
Hvor der er tilført ferrifosfat, viser merudbytteerne i forhold til udbyttet af grundgødet det samme billede, som omtalt for superfosfat. Merudbytteerne for ferrifosfat står dog i et ganske andet forhold til udbyttet af grundgødet, end det var tilfældet med merudbytteerne af superfosfat. Der forekommer da heller ikke her en med stigningen i merudbytteerne sideløbende stigning i det samlede udbytte. Lignende uregelmæssigheder forekommer også i fosforoptagelsen og i kærneprocenterne.

Medens udnyttelseskoefficienterne for fosfor, som det fremgår af tabel 6, varierer stærkt fra det ene år til det andet (i sammenligning hermed er variationen i udnyttelseskoefficienterne for stigende mængder tilført fosfor ganske underordnet), skønt de vækstbetingelser, man har indflydelse på, i disse år i hovedsagen har været ens, forekommer i 1945 (2) udnyttelseskoefficienter af samme størrelsesorden, uanset om det optagne fosfor har været til stede i jorden i mere eller mindre let optagelige forbindelser. Det samme er tilfældet i 1947 (hovedtabel 2 b) og til dels i 1946 (hovedtabel 1 b). Man kan da heller ikke af resultaterne af disse forsøg finde sikre holdepunkter for, at udnyttelseskoefficienterne, der jo er udtryk for det optagne fosfors udnyttelse i stofproduktionen, for de forskellige fosforgødninger kan være påvirket af den tidsmæssige optagelse, skønt denne, som påvist i 1946 og 1947, er stærkt afhængig af fosforforbindelsernes art.

I forsøget i 1944 (1) forekom imidlertid en så betydelig forskel mellem udnyttelseskoefficienterne for optaget fosfor fra henholdsvis superfosfat og ferrifosfat, givet i 4 forskellige mængder, at denne

vanskeligt kan forklares på anden måde end ud fra den forskellige tidsmæssige optagelse af fosforet. Forklaringen kan også til en vis grad underbygges, dels ud fra meroptagelsen fra de ferrifosfatgødede forsøgsled i de 4 år, og dels ud fra den noget forskellige tidsmæssige optagelse af fosfor fra ferrifosfaterne i 1946 og 1947, som det vil fremgå af tabel 4 og af den grafiske fremstilling i hosstående figur.

Figur 6. Meroptagelsen af fosfor fra de ferrifosfatgødede forsøgsled i løbet af vækstperioden.
Karforsøgene 1946 og 1947.



Meroptagelsen af fosfor på modningsstadiet udgjorde i 1945 og 1947 henholdsvis 13 og 12 mg P pr. kar mod 15 mg i 1946 og 27 mg i 1944, men også forskellen mellem ferrifosfaterne i den tidsmæssige optagelse kan være betydelig, som det fremgår af figur 6. Tyngdepunktet for meroptagelsen er i 1946, hvor udligningen mellem udnyttelseskoeficienterne kun var delvis, i langt højere grad, end det var tilfældet i 1947, forskubbet mod den sidste del af vækstperioden. Dette kan også være sket i 1944, der hører til samme årsgruppe som 1946, men hvor meroptagelsen var betydelig større. I størrelsen af meroptagelsen og det sene

tidspunkt i vækstperioden for optagelsen, må man da søge årsagen til den forholdsvis ringe udnyttelse i stofproduktionen af optaget fosfor fra ferrifosfat, som fandt sted dette år. Spørgsmålet om, i hvilken grad fosforgødningers forskellige virkning kan antages at bero på en forskellig tidsmæssig optagelse af fosforet, det vil sige, om den tidsmæssige optagelse kan give anledning til en forholdsvis ringe udnyttelse i stofproduktionen af det optagne fosfor, må da ud fra forsøgenes resultater besvares således, at der i samme år kan forekomme en principiel forskellig udnyttelse af optaget fosfor fra forskellige fosforgødninger, når optagelsen fra de fosforbindelser, der er særlig vanskeligt optagelige, på modningsstadiet er forholdsvis stor, og optagelsen i hovedsagen har fundet sted under og efter afgrødens gennemskridning, altså sent i vækstperioden. En så ulige fordeling i vækstperioden af optaget fosfor fra en svært optagelig fosforgødning synes at finde sted i de år, hvor der opnås en særlig god virkning af tilført fosfor, og det har i disse forsøg været tilfældet i den af de 2 årsgrupper, hvor de meteorologiske vækstbetingelser (her antal solskinstimer og temperatur) har været mindst gunstige. I denne årsgruppe var udbyttet af grundgødet minus fosfor også særlig lavt. Stagnationen i planternes udvikling i de grundgødede forsøgsled gør sig under disse forhold stærkt gældende langt hen i vækstperioden, men, som det fremgår af tabel 3 (grundgødet 1946), bliver tilvæksten i udbyttet forholdsvis stor i den sidste del af vækstperioden, og heri ligger jo en naturlig forklaring på, at fosforet i en så vanskelig tilgængelig forbindelse som ferrifosfat, når det gives til grundgødet, i nogle år først optages i væsentlig grad sent i vækstperioden, hvormed udnyttelsen i stofproduktionen bliver forholdsvis lav.

Oversigt.

Forsøgene er udførte som karforsøg i 1946 og 1947 med byg som afgrøde og en meget fosforfattig sandmuld som voksemedie. Prøvegødningerne var forskellige fosforgødninger, og det var formålet at belyse, i hvilken grad fosforgødningers forskellige virkning kan antages at bero på en forskellig tidsmæssig optagelse af fosforet. Afgrøderne blev derfor høstet på forskellige tidspunkter

i vækstperioden og analyseret for fosfor. På grundlag af disse værdier og de tilsvarende høstdata er fosforets optagelseskurver tegnet.

Da forskellighederne i årenes vejrlig er af væsentlig betydning for virkningen af tilført fosfor, er disse forsøgsresultater og de resultater, der fremgik af forsøgene i 1944 (1) og 1945 (2) ligeledes med forskellige fosforgødninger, kommenteret i forbindelse med vejrforholdene i disse år.

Forsøgenes resultater kan sammenfattes således:

1. Blandt de 4 år, forsøgene er udførte, kan de 2 år, 1945 og 1947, udskilles med særdeles gunstige, og de 2 år, 1944 og 1946, med noget mindre gunstige meteorologiske vækstfaktorer. Disse omfatter, som omtalt, kun antal solskinstimer og temperatur.
2. I årene med de mindst gunstige meteorologiske vækstfaktorer forekom lavest udbytte af grundgødet, en betydelig virkning af tilført fosfor, navnlig i 1944, og høje udnyttelses-koefficienter for optaget fosfor. For det ferrifosfatgødede forsøgsled, 1944, var udnyttelseskoefficienten dog meget lav i sammenligning med koefficienten for det superfosfatgødede forsøgsled.

I årene 1945 og 1947, hvor de meteorologiske vækstfaktorer var gunstigst, forekom højest udbytte af grundgødet, mindst virkning af tilført fosfor og forholdsvis lave udnyttelses-koefficienter for optaget fosfor, hvad der er ensbetydende med ret høje procenttal for afgrødens fosforindhold.

3. Afgrødens procentiske indhold af fosfor, som funktion af stigende mængder fosfor i forskellige fosforgødninger til en fosforfattig jord, er belyst i et enkelt år, 1944, hvor der blev benyttet 4 forskellige mængder. Med udgangspunkt i procenttallet for den grundgødede afgrøde forekom for superfosfat fald og stigning i afgrødernes procentiske indhold af fosfor med minimum ved 1. tilskud, og for sek. kalciumfosfat ved 3. tilskud. For ferrifosfaternes vedkommende var der nærmest tale om en fortsat stigning, medens der for 3 forskellige thomasfosfater konstateredes et fortsat fald i afgrødernes procentiske indhold af fosfor.

4. I de i 1946 og 1947 udførte forsøg var fosforoptagelsen fra alle forsøgsled stigende gennem hele vækstperioden. Fra de grundgødede og de ferrifosfatgødede forsøgsled var optagelsen i den første del af vækstperioden særdeles ringe.
5. Meroptagelsen af fosfor eller den fra fosforgødningerne optagne mængde var ganske naturligt påvirket af gødnin- gernes art, men også den tidsmæssige optagelse var stærkt påvirket heraf. Jo vanskeligere optagelig gødningen er, desto længere hen i vækstperioden forskubbes tyngdepunktet for fosforoptagelsen. I 1946 var der således pr. 15. juni optaget 63 pct. af ialt optaget fosfor fra superfosfat, mod 39 pct. fra thomasfosfat og 4 pct. fra ferrifosfat. Dette var imidlertid et år med god fosforvirkning og lavt udbytte af grundgødet. I 1947, der hører til den anden årsgruppe med højest udbytte af grundgødet og mindst virkning af tilført fosfor, var den relative meroptagelse på meget nær samme tidspunkt i af- grødens udvikling som i 1946 forholdsvis lille for superfosfat, men forholdsvis stor for ferrifosfat.
6. Forskellen mellem gødningerne i den tidsmæssige op- tagelse af fosforet gav sig stærke udslag i størrelsen af ud- nyttelseskoefficienterne gennem vækstperioden. Variationen i disse værdier var for henholdsvis den let optagelige og den tungt optagelige fosforgødning modsat rettet fra høstdato til høstdato. På et så sent tidspunkt i afgrødernes udvikling, som umiddelbart efter gennemskridningen, var forskellen mellem udnyttelseskoefficienterne betydelig og kendetegnet ved høje værdier for afgrøden, tilført den let optagelige fos- forgødning. Fra gennemskridningsstadiet til modningsstadiet forekom imidlertid i 1947 en fuldstændig og i 1946 en delvis udligning mellem udnyttelseskoefficienterne, idet de for af- grøderne, tilført de respektive gødninger, var henholdsvis faldende og stigende i denne periode.
7. Forskellen mellem forskellige fosforgødninger i den tidsmæssige optagelse af fosforet kan være mere udpræget i det ene år end i det andet, og den synes at være særlig stor i år, hvor de meteorologiske vækstbetingelser er mindst gun- stige. Man må i disse forhold, som det er udførligt omtalt, søge årsagen til den principielt forskellige udnyttelse i stof-

produktionen af optaget fosfor fra superfosfat og andre fosforgødninger på den ene side og fra ferrifosfaterne på den anden, som den var konstateret ved karforsøget i 1944 (1).

Litteratur.

1. *Poulsen, J. Find*: I. Om nogle Thomasfosfaters Gødningsværdi. Tidsskrift for Planteavl, 50. bind, side 617.
 2. *Poulsen, J. Find*: II. Om nogle Ferri- og Aluminiumfosfaters Gødningsværdi. Tidsskrift for Planteavl, 51. bind, side 616.
 3. *Steenbjerg, F.* og *Else Boken*: Mangan, Kobber og Bor i Vaarsæd paa forskellige Udviklingsstadier. Tidsskrift for Planteavl, 47. bind, side 100.
 4. *Bondorff, K. A.*: Landbrugets Jorddyrkning II, 1939, siderne 261—265.
 5. *Steenbjerg, F.*: Om kemiske Planteanalyser og deres Anvendelse. Tidsskrift for Planteavl, 48. bind, side 170.
 6. *Rasmussen, L.*: Oversigt over de sjællandske Landboforeningers Virksomhed for Planteavlens Fremme indtil Aaret 1923 (specielt siderne 96 og 97).
-

Hovedtabel 1 a. Tilført gødning og høstet afgrøde.
Gram pr. kar.
Karforsøget 1946.

Gødning	Tilført P g	Afgrøde tørstof g	P i tørstof pct.	P optaget g/kar	Optaget P: tilført P	g tørstof g P optaget
1. høstetid $11/5$.						
Grundgødet	—	0.82	0.217	0.0013	—	477
Superfosfat	0.50	0.74	0.297	0.0022	0.0018	336
Thomasfosfat	«	0.70	0.252	0.0018	0.0010	389
Ferrifosfat H	«	0.88	0.207	0.0014	0.0002	486
do. d. N	«	0.83	0.232	0.0015	0.0004	420
do. frisk fældet	«	0.70	0.200	0.0014	0.0002	500
2. høstetid $25/5$.						
Grundgødet	—	1.21	0.133	0.0016	—	756
Superfosfat	0.50	3.70	0.461	0.0171	0.0310	216
Thomasfosfat	«	2.47	0.326	0.0081	0.0130	305
Ferrifosfat H	«	1.33	0.138	0.0018	0.0004	739
do. d. N	«	1.25	0.128	0.0018	0.0000	781
do. frisk fældet	«	1.50	0.150	0.0023	0.0014	652
3. høstetid $15/6$.						
Grundgødet	—	4.8	0.141	0.0065	—	708
Superfosfat	0.50	43.7	0.220	0.0061	0.1792	455
Thomasfosfat	«	28.8	0.178	0.0013	0.0896	561
Ferrifosfat H	«	5.1	0.139	0.0071	0.0012	718
do. d. N	«	3.3	0.131	0.0050	÷ 0.0030	760
do. frisk fældet	«	7.2	0.137	0.0099	0.0048	727
4. høstetid $6/7$.						
Grundgødet	—	13.1	0.180	0.0236	—	555
Superfosfat	0.50	125.7	0.116	0.1458	0.244	862
Thomasfosfat	«	84.7	0.128	0.1084	0.170	781
Ferrifosfat H	«	13.9	0.170	0.0236	0.000	589
do. d. N	«	9.2	0.140	0.0129	÷ 0.021	713
do. frisk fældet	«	19.8	0.155	0.0307	0.014	645

Hovedtabel 1 b. Tilført gødning og høstet
afgrøde. Gram pr. kar.
Karforsøget 1946.

Gødning	Tilført P g	Høst- dato	Afgrøde g tørstof			P pct. i tørst.		P optaget g/kar	Optaget P: tilført P	g tørstof: g P optaget
			kærne	halm	ialt	kærne	halm			
Grundgødet	—	$29/8$	25.6	22.5	48.1	0.228	0.052	0.070	—	687
Superfosfat	0.50	$5/8$	81.6	83.3	164.9	0.233	0.027	0.213	0.286	774
Thomasfosfat	«	$8/8$	69.4	66.7	136.1	0.238	0.027	0.183	0.226	744
Ferrifosfat H	«	$26/8$	34.0	28.2	62.2	0.215	0.041	0.065	0.030	732
do. d. N	«	$29/8$	20.6	21.6	42.2	0.209	0.051	0.054	÷ 0.032	781
do. frisk fældet	«	$22/9$	35.7	30.0	65.7	0.208	0.040	0.066	0.032	764

Hovedtabel 2 a. Tilført gødning og høstet afgrøde.
Gram pr. kar.
Karforsøget 1947.

Gødning	Tilført P g	Afgrøde tørstof g	P i tørstof		Poptaget g/kar	Optaget P: tilført P	g tørstof: g P optaget
			pct.				
1. høsttid ²³ / ₅ .							
Grundgødet	—	0.84	0.179	0.0015	—	—	560
Superfosfat	0.20	0.98	0.227	0.0022	0.0035	—	445
do.	0.40	1.12	0.293	0.0033	0.0045	—	339
Ferrifosfat	0.20	0.85	0.176	0.0015	0.0000	—	567
do.	0.40	0.87	0.180	0.0016	0.0003	—	544
2. høsttid ² / ₆ .							
Grundgødet	—	1.41	0.143	0.0023	—	—	700
Superfosfat	0.20	3.92	0.258	0.0101	0.0390	—	388
do.	0.40	5.11	0.304	0.0155	0.0390	—	330
Ferrifosfat	0.20	1.73	0.157	0.0027	0.0020	—	641
do.	0.40	1.75	0.160	0.0028	0.0013	—	625
3. høsttid ¹⁷ / ₆ .							
Grundgødet	—	3.67	0.180	0.0066	—	—	556
Superfosfat	0.20	11.58	0.202	0.0234	0.0840	—	495
do.	0.40	22.34	0.205	0.0458	0.0980	—	488
Ferrifosfat	0.20	4.13	0.188	0.0078	0.0060	—	530
do.	0.40	5.28	0.194	0.0102	0.0090	—	518
4. høsttid ⁸ / ₇ .							
Grundgødet	—	23.22	0.228	0.0529	—	—	439
Superfosfat	0.20	63.64	0.178	0.1095	0.2830	—	(581)
do.	0.40	97.23	0.148	0.1439	0.2275	—	676
Ferrifosfat	0.20	25.05	0.214	0.0636	0.0035	—	467
do.	0.40	28.72	0.221	0.0635	0.0265	—	452

Hovedtabel 2 b. Tilført gødning og høstet afgrøde.
Gram pr. kar.
Karforsøget 1947.

Gødning	Tilført P g	Høst- dato	Afgrøde g tørstof			pct. i tørstof		P optaget g/kar	Optaget P: tilført P	g tørstof: g P optaget
			kærne	halm	ialt	kærne	halm			
Grundgødet	—	18/8	41.5	32.3	73.8	0.231	0.038	0.108	—	633
Superfosfat	0.20	13/8	61.9	46.4	108.3	0.281	0.040	0.192	0.420	(564)
do.	0.40	6/8	76.0	59.3	135.3	0.254	0.025	0.208	0.260	650
Ferrifosfat H	0.20	18/8	43.0	32.5	75.5	0.329	0.034	0.110	0.010	636
do.	0.40	18/8	45.0	32.3	77.3	0.240	0.036	0.120	0.030	644