

Om Bestemmelse af Fosforsyre i Jordprøver.

Ved Laboratorieforstander P. Christensen.

Det er et glædeligt Tidens Tegn, at man nu omkring paa vore Forsøgsstationer for Planteavl indretter sig paa at kunne supplere de praktiske Forsøg med kemiske Undersøgelser. Næsten paa ethvert Omraade inden for Forsøgsvæsenet til Plantekulturens Fremme vil der, i større eller mindre Grad, være Brug for kemiske Analyser, og dette har ført til, at vi nu rundt omkring i Landet har en Del mindre, lokale Planteavlslaboratorier, medens vi endnu mangler det som Centralinstitut virkende Laboratorium, der skulde gennemføre de større og mere videnskabelige, kemiske Undersøgelser, som der maatte frembyde sig inden for Planteavlsforsøgene. Oprettelsen af de nævnte Planteavlslaboratorier har medført, at der flere Gange er indløbet Forespørgsel om Bestemmelsen af et eller andet vigtigt Plantenæringsstof og om, hvilken Metode der specielt egnede sig bedst for Jordbundsundersøgelser. Disse Forespørgsler tillige med andre Grunde har bevirket, at jeg har udført nogle sammenlignende Forsøg over Bestemmelsen af Indholdet af Fosforsyre i en Jordprøve, ligesom det er min Agt senere at iværksætte lignende Undersøgelser for enkelte andre Plantenæringsstoffers Vedkommende.

**Efter hvilken Metode bestemmes Fosforsyreindholdet
i en Jordprøve nøjagtigst?**

Naar Fosforsyre skulde bestemmes, har man hidtil særlig benyttet enten Citratmetoden eller den fuldstændige Molybdænmetode. Efter at jeg imidlertid i min Afhandling »Om

Metoder til Bestemmelse af Fosforsyre i Kunstgødning*) har vist, hvor unøjagtig Citratmetoden er, er denne Metode aldeles udelukket, naar Talen er om Bestemmelse af Fosforsyre i en Jordprøve. I min Afhandling gjorde jeg Rede for nogle Forsøg med en ny Modifikation af Molybdænmetoden, nemlig en direkte Glødning af det gule Molybdænbundfald. Denne Metode gav saa gode Resultater, at jeg besluttede, naar Tid og Lejlighed var dertil, at prøve dens Anvendelighed ved Jordbundsundersøgelse sammenlignet med den fuldstændige Molybdænmetode. Det er denne sammenlignende Undersøgelse, som jeg nu har foretaget og her vil berette om. Først vil jeg dog nedenfor hidsætte de Tal, som findes i min første Afhandling, om den direkte Molybdænmetode.

25 Ccm. Natriumfosfatopløsning indeholdt:

Analyse Nr.	Gr. Fosforsyre (P ₂ O ₅):	
	Efter Beregning:	Efter den direkte Molybdænmetode:
1	0.0876	0.0877
2	0.0725	0.0724
3	0.0912	0.0911
4	0.0912	0.0911
5	0.0912	0.0911
6	0.1200	0.1196
7	0.1200	0.1203
8	0.1200	0.1198
9	0.1824	0.1815
10	0.1824	0.1816

25 Ccm. kunstig Superfosfatopløsning indeholdt:

Analyse Nr.	Gr. Fosforsyre (P ₂ O ₅):	
	Efter Beregning:	Efter den direkte Molybdænmetode:
11	0.0912	0.0915
12	0.0912	0.0914
13	0.1200	0.1198

Endvidere følgende Bestemmelser (Nr. 14—23):

	pCt. Fosforsyre (P ₂ O ₅):	
	Efter den direkte Metode:	Efter den fuldstændige Metode:
Thomasslagge	14.75	14.66
do.	13.80	13.90
Superfosfat . .	14.38	14.89
do.	15.66	15.81
Benmel	30.20	30.26

Jeg skal derefter gaa over til at berette om de nye Forsøg. Naar jeg netop nu har foretaget disse nye Forsøg, ligger Grunden til Dels i, at en af Landbrugsministeriet nedsat Kommission har vedtaget at bruge den fuldstændige Molybdænmetode ved Undersøgelse af Gødningsstoffer. Man vil maaske derfor mene, at denne Metode ogsaa kan bruges ved Jordbundsundersøgelser; jeg ansaa det dog for hensigtsmæssigt

*) Udgivet af Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. København 1906.

først at sammenligne den med den direkte Metode, da man paa Forhaand intet kunde vide om Anvendeligheden af de 2 væsensforskellige Former af Molybdænmetoden til Jordbunds-analyse.

1. Forsøgsrække (Analyse Nr. 24—41). De under denne Forsøgsrække opførte Analyser er sammenlignende Fosforsyrebestemmelser, udførte efter de 2 Molybdænmetoder i et Antal forskellige Jordprøver*). Den nærmere Beskrivelse af Fremgangsmaaden vil senere blive fremført.

		pCt. Fosforsyre ($P_2 O_5$) i Jorden:	
		Efter den direkte Molybdænmetode:	Efter den fuldstændige Molybdænmetode:
Jordprøve Nr.			
—	— 21	0.056	0.068
—	— 30	0.056	0.061
—	— 36	0.080	0.085
—	— 49	0.087	0.041
—	— 54	0.054	0.075
—	— 65	0.081	0.045
—	— 65 A	0.050	0.070
—	— 68 A	0.056	0.059
—	— 71	0.056	0.050

Det turde af disse Tal fremgaa, at en sammenlignende Undersøgelse af Forholdet mellem de 2 Molybdænmetoder, i Henseende til deres Anvendelighed ved Jordbundsundersøgelse, er paa sin Plads. Det synes, som om den fuldstændige Molybdænmetode altid giver et højere Resultat end den direkte Metode. I nogle Tilfælde er der en betydelig Forskel paa Tallene, men i de fleste Tilfælde er det dog kun ca. 0.005 pCt. $P_2 O_5$, der er fundet mere efter den fuldstændige Metode. Dette er tilsyneladende ikke nogen stor Forskel, og dog kan man godt tænke sig Tilfælde, hvor den kan faa nogen Betydning. Er det saaledes en paa Fosforsyre fattig Jord, der foreligger, og skal man omregne det procentiske Indhold til Pd. Fosforsyre pr. Td. Ld. til f. Eks. 1 Fods Dybde, vil en Forskel af 0.005 pCt. blive over 200 Pd. pr. Td. Ld. Det er det store Tal, man multiplicerer med, der bevirker dette. Og 200 Pd. Fosforsyre er, naar der i det hele maaske kun er 5—600 Pd. pr. Td. Ld., ikke uden Betydning.

*) Jordprøverne blev af Assistent ved Statens Forsøgsvirksomhed, *Harald R. Christensen*, stillet til min Raadighed, ligesom Hr. Christensen ogsaa har udført en Del af de under 1. Forsøgsrække nævnte Analyser.

En anden Omstændighed, som ogsaa straks kan nævnes, og som taler til Gunst for den direkte Molybdænmetode, er den, at jeg, ved at opløse Magniumpyrofosfatet fra de forskellige Analyser efter den fuldstændige Metode i Saltsyre og i Opløsningen prøve for Jern, altid kunde paavise dette Stof. Det vil altsaa sige, at Magniumpyrofosfat er forurenat af fremmede Stoffer. Nu er det klart, at de dog selvfølgelig kun smaa Mængder af andre Stoffer, der findes i Magniumpyrofosfatet, ogsaa maa findes i det gule Bundfald og vel endog i en større Grad, og det vil altsaa atter sige, at den efter den direkte Molybdænmetode værende Glødningsrest, der bestaar af $P_2 O_5$, $Mo_{24} O_{72}$, rimeligvis heller ikke er fri for Urenheder. Imidlertid har den direkte Metode her et stort Fortrin deri, at medens Glødningsresten efter denne Metode kun indeholder 3.94 pCt. Fosforsyre ($P_2 O_5$), indeholder Glødningsresten efter den fuldstændige Metode, Magniumpyrofosfatet, 63.80 pCt. $P_2 O_5$, altsaa ca. 16 Gange saa meget. Heraf følger, at den Vægtforøgelse, som Glødningsresten som saadan faar ved Tilstedeværelse af en vis bestemt Mængde af andre Stoffer, for Fosforsyreindholdets Vedkommende vil bevirke en Forøgelse, der er 16 Gange saa stor ved den fuldstændige som ved den direkte Molybdænmetode. Noget neutraliseres jo dog Forholdet, idet man maa forudsætte, at ved den samme Analyse vil Mængden af Urenheder i Glødningsresten efter den direkte Metode, absolut set, altid være noget større end i Glødningsresten efter den fuldstændige Metode.

Det ses altsaa, at hvad der ved Analyser, hvor der arbejdes med store Fosforsyremængder, kan være en Gene ved den direkte Metode, nemlig Glødningsrestens ringe procentiske Indhold af Fosforsyre, det bliver ved Analyser, hvor der arbejdes med smaa Fosforsyremængder i meget urene Opløsninger, altsaa særlig ved Jordbundsundersøgelser, et Fortrin.

Det ovenfor udviklede kunde saaledes tyde paa, at de laveste Tal i 1. Forsøgsrække, d. v. s. Tallene efter den direkte Metode, er de rigtigste, og at Tallene efter den fuldstændige Metode altsaa ikke blot er for høje i Forhold til den direkte Metodes, men ogsaa i Forhold til Virkeligheden. Noget sikkert herom kan dog kun siges ved f. Eks. at lave en kunstig Jordopløsning med et kendt Indhold af Fosforsyre og saa prøve Metoderne derpaa. Dog bliver det vel ikke helt det

samme Forhold, som hvor man har med et virkeligt Jordudtræk at gøre. Man kan nok lave en kunstig Opløsning med det samme Indhold af Jern, Lerjord, Kalk, Fosforsyre og de forskellige andre Stoffer, som findes i et virkeligt Jordudtræk; men i dette er maaske Stofferne til Stede i en eller anden kompleks Forbindelse, som man ikke kender og ikke kan fremstille. Ikke desto mindre vil en Prøvelse af Metoderne paa en saadan kunstig Jordopløsning selvfølgelig kunne give vigtige Oplysninger til Bedømmelse af Metodernes Nøjagtighed.

2. Forsøgsrække (Analyse Nr. 42—51). Det Jordudtræk, som blev anvendt til de i 1. Forsøgsrække omtalte Analyser, blev fremstillet ved at opvarme Jorden i nogen Tid med konc. Saltsyre. Vi maa derfor ved Fremstilling af en kunstig Jordopløsning regne med de Mængder, der gaar i Opløsning ved Behandling af Jorden med denne Syre. For ikke at gøre Forholdet for Metoderne gunstigere end de kan forekomme i Praksis, maa vi endvidere regne med de Mængder af de respektive Stoffer, der gaar i Opløsning, naar det er en god og indholdsrig Jord, der foreligger. Efter hvad man ved fra tidligere Undersøgelser*), vil en saadan Jord kunne indeholde ca. 0.060 pCt. Fosforsyre ($P_2 O_5$), 4—5 pCt. Jerntveiltte + Lerjord ($Fe_2 O_3 + Al_2 O_3$), 0.500 pCt. Kalk ($Ca O$), 0.050 pCt. Svovlsyre ($S O_3$), 0.500 pCt. Magnesia ($Mg O$) og 0.250 pCt. Kali ($K_2 O$) opløselig i varm konc. Saltsyre. Tager vi 100 Gram af en saadan Jord og behandler med Syre og derefter fylder op med Vand til et bestemt Rumfang, kan vi tænke os, at den til selve Fosforsyrebestemmelsen afmaalte Portion udgør $\frac{1}{3}$ af hele Opløsningen (den uopløste Jords Rumfang maa fradrages) og altsaa svarer til 33.33 Gr. Jord, eller til 0.020 Gr. Fosforsyre, 1.670 Gr. Jerntveiltte + Lerjord, 0.167 Gr. Kalk, 0.0167 Gr. Svovlsyre, 0.167 Gr. Magnesia og 0.083 Gr. Kali. Den kunstige Jordopløsning, hvoraf der blev lavet 1 Liter, blev nu givet en saadan Styrke, at der i 50 Ccm., d. v. s. den Portion, der blev afmaalt til hver Bestemmelse, netop fandtes de nys nævnte, til 33.33 Gr. Jord svarende Mængder af de respektive Stoffer. Jerntveiltet blev afvejet som saadan, de

*) Se f. Eks. *T. Westermann*: »Typer af danske Jorder«, eller en Afhandling af nærværende Forfatter i Ugeskrift for Landmænd, 1905, Side 497 og 512.

Øvrige Stoffer afvejedes henholdsvis som Lerjordhydrat ($\text{Al}(\text{OH})_3$), Kalciumkarbonat (Ca CO_3), konc. Svovlsyre ($\text{H}_2 \text{SO}_4$), Magniumkarbonat (Mg CO_3) og Kaliumklorid (K Cl). Disse Stoffer blev opløste i den nødvendige Mængde Saltsyre, og dertil sattes saa 0.400 Gr. Fosforsyre i Form af en Opløsning af sekundært Natriumfosfat ($\text{Na}_2 \text{H PO}_4 + 12 \text{H}_2 \text{O}$). Derefter fyldtes op til 1 Liter med Vand, og efter Omrystning var den kunstige Jordopløsning færdig. Med denne Opløsning blev der nu udført 5 Bestemmelser efter hver af de 2 Metoder. Til hver Bestemmelse blev afmaalt 50 Ccm. Om Resultatet se nedenfor. De i Parentes opførte Tal er Vægten af Glødningsresten.

I 50 Ccm. kunstig Jordopløsning fandtes Gram Fosforsyre ($\text{P}_2 \text{O}_5$):

	Efter Beregning:	Efter den direkte Metode:	Efter den fuldstændige Metode:
Analyse Nr. 1	0.0200	0.0207 (0.5260)	0.0227 (0.0857)
— - 2	—	0.0217 (0.5510)	0.0210 (0.0830)
— - 3	—	0.0207 (0.5250)	0.0228 (0.0850)
— - 4	—	0.0216 (0.5400)	0.0227 (0.0855)
— - 5	—	0.0217 (0.5500)	0.0214 (0.0835)

Det synes at fremgaa af Tallene, at begge Metoder giver for højt Resultat, dog at den direkte Metode afviger mindst fra Virkeligheden. Vi skal imidlertid først se nærmere paa Variationen mellem de efter samme Metode udførte 5 Fællesbestemmelser. Forinden vil vi dog omregne ovenstaaende Tal til pCt. af en tænkt Jordprøve, idet vi i Henhold til det tidligere bemærkede sætter de i Arbejde tagne 50 Ccm. kunstig Jordopløsning lig med 33.33 Gr. Jord. Ovenstaaende Tal skal herefter multipliceres med 3. Fosforsyreprocenten bliver da:

	Efter Beregning:	Efter den direkte Metode:	Efter den fuldstæn- dige Metode:
Analyse Nr. 1	0.060 pCt. $\text{P}_2 \text{O}_5$	0.062 pCt. $\text{P}_2 \text{O}_5$	0.068 pCt. $\text{P}_2 \text{O}_5$
— - 2	—	0.065 — —	0.068 — —
— - 3	—	0.062 — —	0.067 — —
— - 4	—	0.065 — —	0.068 — —
— - 5	—	0.065 — —	0.064 — —
Middel	0.060 pCt. $\text{P}_2 \text{O}_5$	0.064 pCt. $\text{P}_2 \text{O}_5$	0.068 pCt. $\text{P}_2 \text{O}_5$
Største Afvigelse (højest ÷ lavest)		0.008 — —	0.005 — —

Ser vi paa Gennemsnitsresultatet af ovenstaaende Analyser, vil vi se, at der er bedre Overensstemmelse mellem de 2 Metoder end i 1. Forsøgsrække, hvad der maaske skyldes den

Omstændighed, som jeg allerede har berørt, at en kunstig Jordopløsning jo ikke er det samme som et virkeligt Jordudtræk. I den saltsure Opløsning af Magniumpyrofosfatet fra ovenstaaende Analyser efter den fuldstændige Metode kunde ganske vist ligesom i 1. Forsøgsrække paavises Spor af Jern, men naar der dér ved nogle af Analyserne var en stor Forskel mellem Metoderne, saa kan det desuden ogsaa tænkes at skyldes Tilstedeværelse af Kiselsyre i Magniumpyrofosfatet; thi selv om man inddamper den afmaalte Portion af Jordudtrækket til Tørhed for at gøre den opløste Kiselsyre uopløselig, saa kan man dog ikke altid være sikker paa, at Kiselsyren virkelig gaar over i uopløselig Form. Dette Forhold kan selvfølgelig ogsaa finde Sted i de Portioner, der bliver analyserede efter den direkte Metode; men det spiller her, af Grunde, som jeg før har omtalt, ikke den Rolle som ved den fuldstændige Metode. Ser vi nu paa Overensstemmelsen, eller, om man vil, Variationen mellem de efter samme Metode udførte 5 Fællesbestemmelser, saa staar den direkte Metode med en »Største Afvigelse« paa 0.008 pCt. P_2O_5 , den fuldstændige Metode med 0.005 pCt. P_2O_5 . Det er ikke nogen stor Forskel, men dog ikke uden Betydning for Bedømmelsen af Metodens Nøjagtighed.

Det kunde jo imidlertid tænkes, at denne indbyrdes Overensstemmelse eller Variation mellem Fællesbestemmelser efter samme Metode vilde blive en anden, naar det var et virkeligt Jordudtræk, Fællesbestemmelserne blev udførte paa.

3. Forsøgsrække (Analyse Nr. 52—61). Af een og samme Jordprøve blev afvejet 2 lige store Portioner, der hver for sig blev opvarmede med Saltsyre i nogen Tid og derefter fyldt op til et bestemt Rumfang. Efter Henstand Natten over blev Opløsningen filtreret fra, og af hver af de 2 Filtrater afmaaltes 5 lige store Portioner (à 25 Gr. Jord) til hver Metode.

	pCt. Fosforsyre (P_2O_5) i Jorden:	
	Efter den direkte Metode:	Efter den fuldstændige Metode:
Analyse Nr. 1	0.046 (0.2930)	0.048 (0.0190)
— - 2	0.044 (0.2800)	0.042 (0.0165)
— - 3	0.047 (0.3000)	0.042 (0.0165)
— - 4	0.047 (0.2990)	0.047 (0.0185)
— - 5	0.044 (0.2800)	0.046 (0.0180)
Middel	0.046	0.045
Største Afvigelse	0.008	0.006

Det skal først bemærkes, at naar den fuldstændige Molybdænmetode ikke her, som den ellers plejer, har givet et højere Resultat end den direkte Metode, kan det skyldes, at de respektive Jordprøver, der ikke var særlig omhyggelig blandede, har indeholdt lidt forskellig Fosforsyremængde, eller ogsaa kan det være en Følge af, at Jordprøven, hvoraf Udtrækket blev benyttet til den fuldstændige Metode, faktisk henstod lidt kortere Tid med Saltsyre end den Prøve, hvoraf Udtrækket blev benyttet til den direkte Metode. For øvrigt er det ikke umuligt, at der kan forekomme Jordprøver, hvor den fuldstændige Molybdænmetode vil give et lidt lavere Resultat end direkte Metode og end det virkelige Indhold.

Hvad nu Variationerne mellem Fællesanalyserne angaar, saa gaar Forholdet mellem Metoderne i samme Retning som i 2. Forsøgsrække: den fuldstændige Metode har den største Afvigelse mellem højest og lavest, nemlig dobbelt saa stor som ved den direkte Metode. Absolut set er »Største Afvigelse« ved den direkte Metode her ved det virkelige Jordudtræk ikke større end ved den kunstige Jordopløsning, men i Forhold til den forekommende Fosforsyremængde bliver den jo altsaa lidt større ved denne Forsøgsrække. Nogen stor Indflydelse synes det virkelige Jordudtræk imidlertid ikke at udøve paa »Største Afvigelse« ved nogen af Metoderne.

Hidtil har vi beskæftiget os mest med Forholdet mellem de 2 Metoder og disses indbyrdes Overensstemmelse. Vi skal nu se lidt paa det Forhold, som hver af Metoderne staar i til den virkelig tilstedeværende Fosforsyremængde; men da vi foreløbig kun har prøvet Metoderne paa en enkelt Opløsning med et kendt Fosforsyreindhold, skal vi, forinden vi gaar nærmere ind paa dette Forhold, først gengive nogle Tal, der stammer fra Forsøg med et Par kunstige Jordopløsninger af en noget anden Sammensætning end den, der blev benyttet i 2. Forsøgsrække.

4. Forsøgsrække (Analyse Nr. 62—69). Den i 2. Forsøgsrække benyttede, kunstige Jordopløsning svarede til en god og rig Jord. Den kunstige Jordopløsning, der blev lavet til denne Forsøgsrække, skulde svare til en noget tarveligere Jord, og der fandtes derfor i samme Rumfang af denne Opløsning kun halvt saa meget af de respektive Stoffer. Jern-

mængden blev dog kun formindsket til $\frac{3}{4}$, og der er derfor i denne Opløsning et andet Forhold mellem Fosforsyre og Jernmængden.

Til hver Bestemmelse toges i Arbejde 50 Ccm. = 0.010 Gr. $P_2 O_5$.

• Der blev fundet Gram Fosforsyre ($P_2 O_5$):

	Efter den direkte Metode:	Efter den fuldstændige Metode:
Analyse Nr. 1	0.0109 (0.2770)	0.0128 (0.0198)
— - 2	0.0110 (0.2795)	0.0112 (0.0175)
— - 3	0.0106 (0.2700)	0.0109 (0.0170)
— - 4	0.0107 (0.2115)	—
— - 5	0.0110 (0.2800)	—

Udregner vi disse Tal i pCt. af en Jord, maa vi ligesom før sætte 50 Ccm. lig med 33.33 Gr. Jord. Vi faar da følgende:

	Efter Beregning:	Efter den direkte Metode:	Efter den fuldstændige Metode:
Analyse Nr. 1	0.080 pCt. $P_2 O_5$	0.088 pCt. $P_2 O_5$	0.087 pCt. $P_2 O_5$
— - 2	—	0.088 — —	0.084 — —
— - 3	—	0.082 — —	0.083 — —
— - 4	—	0.082 — —	—
— - 5	—	0.088 — —	—
Middel	0.080 pCt. $P_2 O_5$	0.088 pCt. $P_2 O_5$	0.085 pCt. $P_2 O_5$
Største Afvigelse	—	0.001 — —	0.004 — —

Der blev kun udført 3 Bestemmelser efter den fuldstændige Molybdænmetode, ikke desto mindre er »Største Afvigelse« mellem de 3 Resultater 4 Gange saa stor som ved den direkte Metode, hvor der er en fin Overensstemmelse mellem de 5 Resultater, til Trods for at Fældningsbetingelserne ikke var ens for alle 5 Bestemmelser. Saaledes blev en af Analyserne fældet med dobbelt saa meget Molybdænreagens som de andre, og ved 2 af Analyserne blev Molybdænopløsningen tildryppet hurtigere end ved de andre 3.

5. Forsøgsrække (Analyse Nr. 70—75). Til denne Forsøgsrække blev lavet en kunstig Jordopløsning, som skulde svare til en meget tarvelig og yderst fattig Jord. I 50 Ccm. var der derfor kun $\frac{1}{5}$ af de Stofmængder, der fandtes i den første kunstige Jordopløsning (2. Forsøgsrække); af Fosforsyre var der altsaa kun 0.0040 Gr. i 50 Ccm.

I 50 Ccm. af Opløsningen fandtes Gram Fosforsyre ($P_2 O_5$):

	Efter den direkte Metode:	Efter den fuldstændige Metode:
Analyse Nr. 1	0.00884 (0.1000)	0.0048 (0.0075)
— - 2	0.0044 (0.1120)	0.0048 (0.0075)
— - 3	0.0042 (0.1060)	0.0044 (0.0069)

Omregnet til pCt. (50 Ccm. = 33.33 Gr. Jord):

	Efter Beregning:	Efter den direkte Metode:	Efter den fuldstæn- dige Metode:
Analyse Nr. 1	0.012 pCt. $P_2 O_5$	0.012 pCt. $P_2 O_5$	0.014 pCt. $P_2 O_5$
— - 2	—	0.018 — —	0.014 — —
— - 3	—	0.018 — —	0.018 — —
Middel	0.012 pCt. $P_2 O_5$	0.013 pCt. $P_2 O_5$	0.014 pCt. $P_2 O_5$
Største Afvigelse	—	0.001 — —	0.001 — —

Vi kan nu opstille følgende Spørgsmaal:

I hvilket Forhold staar Resultaterne efter de 2 Molybdænmetoder til den i Arbejde tagne Fosforsyremængde?

Paa Grundlag af 2., 4. og 5. Forsøgsrække vil vi kunne besvare dette Spørgsmaal nogenlunde udtømmende. For imidlertid at gøre Forholdet mere overskueligt anføres følgende

Oversigt over Forholdet mellem den i Arbejde tagne Fosforsyremængde og de efter de 2 Molybdænmetoder fundne Mængder af Fosforsyre.

Forsøgs- række	Den i Arbejde tagne Fosforsyre- mængde lig:	Den fundne Fosforsyremængde lig:					
		Efter den direkte Molybdænmetode			Efter den fuldstændige Molybdænmetode		
		Middel	Lavest	Højst	Middel	Lavest	Højst
2.	100.0	106.8	103.8	108.8	110.0	105.0	113.8
4.	100.0	110.0	106.8	110.0	116.8	110.0	123.8
5.	100.0	108.8	100.0	108.8	116.8	108.8	116.8

Efter denne Oversigt at dømme, synes det, som Forholdet mellem den virkelige og den fundne Fosforsyremængde for den direkte Molybdænmetodes Vedkommende gennemsnitligt vil kunne udtrykkes ved Talforholdet 100 : 108, og det hvad enten man har at gøre med større eller mindre Fosfor-

syremængder; men dette sidste er jo en stor Fordel. Ved den fuldstændige Molybdænmetode er det vanskeligere at opgive noget bestemt Talforhold; thi dette synes her at rette sig noget efter den tilstedeværende Mængde Fosforsyre.

Vi kan nu opstille et nyt Spørgsmaal:

Kan man herefter bestemme Fosforsyre i en Jordprøve med tilstrækkelig Nøjagtighed?

Paa dette Spørgsmaal forekommer det mig, at der maa svares bekræftende; thi det maa udtrykkelig bemærkes, at man ved Jordbundsanalysen, naar man ser med virkelig Forstaaelse paa de vanskelige Forhold, her gør sig gældende, nu en Gang ikke kan opstille de samme Fordringer til Nøjagtighed, rent talmæssigt set, som ved f. Eks. en Analyse af kunstige Gødningsstoffer, eller et andet rent Stof, hvor man som Regel regner med det procentiske Indhold, og hvor man i alle Tilfælde aldrig kommer til at multiplicere det procentiske Indhold, hvis dette skal omregnes til en vis bestemt Vægtmængde, med et blot tilnærmelsesvis saa stort Tal som ved Jordbundsanalysen, naar man dér omregner det procentiske Indhold til Pd. pr. Td. Ld. til 1 Fods Dybde. Den samme Afvigelse i det procentiske Indhold kommer i sidste Tilfælde til at spille en, talmæssig set, langt større Rolle. Om den saa i Praksis maa tillægges en lige saa stor Betydning, er jo et andet Spørgsmaal. Vi skal forsøge at udføre en Beregning for Fosforsyreindholdets Vedkommende. Vi kan tænke os en omhyggelig blandet Jordprøve med et virkeligt Indhold af 0.050 pCt. Fosforsyre, den vil ved Undersøgelse efter den direkte Molybdænmetode vise et gennemsnitligt Indhold af 0.054 pCt. Fosforsyre — idet vi altsaa regner med ovennævnte Gennemsnitsforhold (100 : 108). Omregnes de 2 Tal til Pd. pr. Td. Ld. til 1 Fods Dybde, giver det første ca. 2500 Pd. og det sidste ca. 2700 Pd. Fosforsyre pr. Td. Ld. Man vil altsaa finde 200 Pd. Fosforsyre mere, end der i Virkeligheden er. Hvad betyder nu, praktisk set, dette i Forhold til den hele Mængde? Efter min Mening intet.*)

*) At man ved Undersøgelse af flere forskellige Prøver fra samme Jordstykke kan faa større Afvigelser mellem de forskellige Resultater, end den ovenfor nævnte, er en anden Sag.

Tager vi saa en paa Fosforsyre fattig Jordprøve, bliver Forholdet, naar man anvender den direkte Metode, relativt det samme som før. En Jord med et virkeligt Indhold af 0.010 pCt. Fosforsyre vil efter den direkte Metode vise 0.0108 pCt., og omregnet paa samme Maade til Pd. Fosforsyre pr. Td. Ld., vil disse 2 Tal svare til ca. 500 og 540 Pd. Fosforsyre. Det er en Nøjagtighed i den analytiske Bestemmelse, som er fuldt ud tilfredsstillende, og som for Øjeblikket rimeligvis ikke kan opnaas for noget andet Plantenæringsstofs Vedkommende.

Det forekommer mig da, at vi i den direkte Molybdænmetode, saaledes som jeg her har benyttet den og nedenfor beskrevet den, har en analytisk Metode, der, naar Fosforsyre i en Jordprøve skal bestemmes, formaar at gøre saa fortræffelig Tjeneste, saa den bør anvendes i udstrakt Grad.

Beskrivelse af den direkte Molybdænmetode:

Den til Fosforsyrebestemmelse afmaalte Portion af Jordudtrækket (= ca. 33 Gr. Jord) inddampes i en Porcelænsskaal efter Tilsætning af nogle faa Draaber konc. Salpetersyre til Tørhed paa Vandbad. Derefter befugtes den indtørrede Masse atter med nogle Draaber konc. Salpetersyre og inddampes paany til Tørhed. Efter at Skaalen i 15—20 Min. har staaet i et Tørreskab ved ca. 115° C., befugtes den tørre Masse med nogle Draaber konc. Salpetersyre, og efter nogen Tids Henstand paahældes 25 à 30 Ccm. kogende Vand. Naar alt, med Undtagelse af Kiselsyren, er opløst, filtreres gennem et Filter ned i et Bægerglas. Til Vaskning af Skaal og Filter bruges varmt Vand, men ikke gerne mere end i alt ca. 40 Ccm. Naar man hver Gang kun paasprøjer 3 à 4 Ccm., er det nævnte Rumfang tilstrækkeligt.

Filtrat og Vaskevand neutraliseres med Ammoniakvand (Vf. 0.01), og derefter tilsættes yderligere 8 Ccm. heraf. Derved fremkommer et betydeligt Bundfald af Ferrihydroxyd m. m., som atter opløses ved Tilsætning af 10 Ccm. konc. Salpetersyre (Vf. 1.4), hvorved Opløsningen tillige faar en for den efterfølgende Molybdænfældning gunstige Temperatur (ca. 50° C.) — dog kun for saa vidt som de opgivne Rumfangsforhold overholdes.

Naar alt atter er opløst, skrider man straks til Molybdænfældningen, der foregaar ved, at man for hvert Centigram P₂O₅, der kan antages at findes i Opløsningen, fra en Burette eller Pipette tildrypper under stadig Omrøring 10 Ccm. af nedennævnte Molybdænopløsning. Et passende Tempo for Tildrypningen af Molybdænopløsningen er det, naar Draaberne følger ret hurtigt efter hinanden, f. Eks. saaledes, at man har vanskeligt ved at tælle dem. Efter Tilsætningen af Molybdænopløsningen omrøres yderligere i 3 à 4 Minutter, og derefter henstilles Blandingen i 3 Timer.

Den klare Vædske filtreres fra, og Bundfaldet bringes paa Filtret og udvaskes med en salpetersyreholdig Ammoniumnitratopløsning (5 pCt. NH₄NO₃)

og 1 pCt. HNO_3). Der udvaskes, til Filtratet ikke giver nogen brun Farve, med lidt gult Cyanjernkalium. Efter Tørring i et Tørreskab skilles det gule Bundfald forsigtigt fra Filteret og anbringes paa et Stykke sort Glanspapir, medens det delvis tomme Filter sammenfoldes og bortbrændes i en iforvejen glødet og vejet Porcelænsdigel. Digellaaget paalægges ikke under Filterets Bortbrænding. Denne saavel som den senere Glødning af det gule Bundfald maa kun foregaa over en alm. Bunsens Gaslampe eller en dertil svarende Spritlampe. Naar Filteret er bortbrændt, d. v. s., naar der er en lys gullig-grøn Rest tilbage i Digen, afkøles denne, og det øvrige gule Bundfald hældes ned til Filterasken. Det hele glødes nu samlet i aaben Digel, i Begyndelsen med knapt halvt Blus, senere med godt halvt Blus, saaledes at Digelens nederste Parti bliver svagt rødgloedende. Under Glødningen bliver det gule Bundfald først mørkeblaat, derefter lys gullig-grønt. Naar Massen har faaet denne Farve, lægges Digellaaget paa, og efter et Par Minutters fortsat Glødning sættes Digen i en Ekssiccator til Afkøling. Efter at der er vejet 1. Gang, glødes paany i 10 à 15 Min., denne Gang med Digellaaget paa. Atter afkøles og vejes, og saa fremdeles, til konstant Vægt naas. Ved at multiplicere Vægten af Glødningsresten med 0.0394 faas den tilsvarende Mængde P_2O_5 .

Molybdænopløsningen til den direkte Molybdænmetode fremstilles saaledes:

150 Gr. Ammoniumanolybdat opløses i 150 Ccm. Ammoniakvand (Vf. 0.91) og 850 Ccm. Vand. Denne Opløsning blandes med 1 Liter Salpetersyre (Vf. 1.2).

Den i min Afhandling (l. c. Side 455) angivne Opvarmning af Molybdænopløsningen til 90°C . i 10 Minutter maa ikke foretages; thi det har ved mine senere Forsøg vist sig, at en hel Del af Molybdænsyren udskilles ved denne Opvarmning. Naar jeg ikke straks gjorde denne Opdagelse, skyldes det en ren Tilfældighed.

Endelig skal det bemærkes, at det i ovenstaaende Forskrift for den direkte Metode foreskrevne Forhold mellem Mængden af Molybdænopløsning og den tilstedeværende Fosforsyre selvfølgelig ikke kan overholdes nøjagtigt af den Grund, at man ikke kender Mængden af den tilstedeværende Fosforsyre. Jeg tager som Regel, naar det er en god Jord, der foreligger til Undersøgelse, 20—25 Ccm. Molybdænopløsning, og naar det er en daarlig Jord, 10—12 Ccm. Molybdænopløsning, alt under Forudsætning af, at den til Fosforsyrebestemmelsen afmaalte Portion af Jordudtrækket svarer til ca. 33 Gr. Jord.

Om den af mig benyttede Form for den fuldstændige Molybdænmetode henvises til den af Landbrugsministeriet udgivne Pjece: Fælles Arbejdsmetoder for Undersøgelser, foretagne i Medfør af Lov om Handel med Gødnings- og Foderstoffer af 26. Marts 1898.