

Om Kunstgødningers Indvirkning paa Jordens Reaktion.

Ved S. Tovborg Jensen.

227. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Nærværende Beretning danner en Fortsættelse af de Arbejder, som gennem en Aarrække er udførte paa Statens Planteavls-Laboratorium, vedrørende Jordens Reaktionsforhold.

Arbejdet blev oprindelig (1925) planlagt af afdøde Laboratorieforstander, Dr. phil. *Harald R. Christensen* sammen med daværende Assistent, cand. polyt. *S. Tovborg Jensen*, og de første Laboratorieundersøgelser blev foretagne samme Aar. Senere blev Arbejdet henlagt, idet nogle fastliggende Forsøg med forskellige Kvælstofgødninger ønskedes inddragne i Undersøgelsen.

Ved sin Død i 1926 efterlod Dr. *Harald R. Christensen* sig et ufuldendt Udkast til en Beretning om Forsøgsresultaterne. Dette Udkast omfattede en Indledning tillige med en Omtale af forskellige udenlandske Undersøgelser over lignende Emner.

I Sommeren 1928 blev der fremskaffet Jordprøver fra fastliggende Forsøg med forskellige Kvælstofgødninger i Holland og paa Forsøgsstationen ved Askov, hvorefter Arbejdet kunde fuldendes.

Reaktionsbestemmelserne er udførte paa Statens Planteavls-Laboratorium af *S. Tovborg Jensen* med Bistand af Frk. *M. Larsen* og Frk. *E. Christensen*. Beretningen er udarbejdet af *S. Tovborg Jensen*, delvis paa Grundlag af *Harald R. Christensens* efterladte Manuskript.

Forsøgslederne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

De Undersøgelser, der hidtil er foretagne vedrørende Gødningsmidlernes Indflydelse paa Jordens Reaktion, omfatter særlig Kalk og Mergel. Virkningen af disse Stoffer er i Hovedsagen betinget af den Reaktionsændring, de fremkalder i Jorden.

Deres egentlige Gødningsvirkning, d. v. s. deres direkte plantenærende Virkning, maa i Sammenligning med den reaktionsændrende Virkning anses for at være af mindre Betydning.

Ud fra Kendskabet til de almindeligst anvendte Kunstgødningers kemiske Egenskaber og deres Forhold over for Jorden og Planterne, kan man slutte, at de ogsaa vil kunne udøve en vis Virkning paa Jordens Reaktion, og at Kunstgødningerne udøver en saadan Virkning, har længe været kendt. Denne Virkning vil dog være forholdsvis ringe i Sammenligning med den, Kalken i de sædvanlig anvendte Mængder udøver, og det vil derfor være temmelig længe, inden den træder klart frem.

Vi skal ikke her komme ind paa en udførlig Redegørelse for de Faktorer, som betinger de forskellige Kunstgødningers reaktionsændrende Virkning, men kun anføre, at denne i Hovedsagen er betinget af følgende Forhold:

- 1) Gødningsmidlernes direkte Syre- eller Basevirkning. Denne Virkning skyldes den paagældende Gødnings Reaktion i vandig Opløsning, idet denne kan være sur, neutral eller basisk. Til de surt reagerende Gødninger hører Superfosfat og svovlsur Ammoniak, til de neutralt reagerende de forskellige Kalisalte samt Chilesalpeter og Kalksalpeter og endelig til de basisk reagerende forskellige Raafosfater, Thomasfosfat og Kalkkvælstof.
- 2) Gødningsmidlernes indirekte Syre- eller Basevirkning. Denne indirekte Virkning kan igen henføres under to Grupper: a) den, som skyldes Planternes Næringsoptagelse, og b) den, som skyldes Gødningsmidlernes kemiske og biologiske Omsætninger i Jordbunden.

Den Reaktionsændring, som fremkaldes ved Planternes Næringsoptagelse, vil være afhængig af, i hvilket Forhold de optager det paagældende Salts Syre- eller Basebestanddele. Hvis Planterne optager mere af Syren end af Basen, vil Reaktionen ændres i alkalisk Retning, hvis de optager mest af Basen, vil den ændres i sur Retning. Det er denne Virkning, man har betegnet som Gødningsstofferne »fysiologiske Reaktion«.

De nærmere Forhold ved Planternes Næringsoptagelse er i den Henseende endnu kun ufuldstændig bekendte og skal derfor ikke omtales nærmere. Som »fysiologisk sure« Gødninger nævnes i Reglen først og fremmest Ammoniumsulfat og Klorid, endvidere Kalisaltene. Til »fysiologisk alkaliske« Gødninger henregnes de almindelige Salpetergødninger, Chilesalpeter og Norgesalpeter (Kalksalpeter).

Gødningstofferne kemiske og biologiske Omsætninger i Jorden kan fremkalde Reaktionsændringer paa forskellige Maader. Ved Nitrifikation af Ammoniumsalte dannes der frie stærke Syrer, som ændrer Reaktionen i sur Retning. Ved Spaltning af Kalkkvælstof og Urinstof dannes Ammoniumkarbonat $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ med stærk alkalisk Reaktion, som videre kan omdannes til Salpetersyre o. s. v. I kalkfattige (ikke base-mættede) Jorder vil Tilstedeværelsen af Neutralsalte særlig af de monavalente Metaller medføre en Forøgelse af Jordvædskenes Brintionkoncentration. Man antager, at dette primært skyldes en Udveksling af Jordkolloidernes Brintioner, med de paagældende Saltes Metalioner, og sekundært en Afspaltning af Aluminiumioner, som danner opløselige Aluminiumsalte, der reagerer surt paa Grund af Hydrolyse (*Hissink, Gedroiz, Kappen*). Kemiske Reaktionen af denne Art, som i Jorden fører til en Syredannelse, der af *Kappen* er betegnet »Udvekslingsaciditet«, maa tillægges en væsentlig Betydning for Plantedyrkningen. Af de anvendte Gødningssalte er det særlig de klorholdige Kalisalte, som udløser Syrevirkninger af denne Art.

Med den stadige og stærkt stigende Anvendelse af kunstige Gødninger bliver Spørgsmaalet, om disses Indflydelse paa Jordernes Reaktions- og dermed paa deres Kalktilstand af større og større økonomisk Betydning, og der melder sig ret naturligt det Spørgsmaal for den praktiske Jordbruger, om det er muligt alene ved hensigtsmæssig Anvendelse af Kunstgødninger at opretholde, eventuelt hidføre, en for Plantedyrkningen hel- dig Jordbundsreaktion og derved undgaa fremtidige Udgifter til Kalkning og Mergling.

De Undersøgelser, der foreligger over Graden af forskellige Kunstgødningers reaktionsændrende Virkning under Forhold, som forekommer i almindelig Jordbrugspraksis, er endnu ret sparsomme. Aarsagen hertil er først og fremmest den, at saadanne Undersøgelser kun kan gennemføres rationelt i Til- knytning til fastliggende Gødningsforsøg, hvor man har gennem- ført de Gødningsbehandlinger, hvis Virkning man vil undersøge, paa ensartet Maade gennem en Aarrække. Hertil kommer, at man mange Steder, hvor saadanne Forsøg har været anlagte, har tilført Forsøgsstykkerne Kalk med regelmæssige Mellem- rum, hvorved man helt eller delvis har udvisket Gødnings- midlernes Indflydelse paa Reaktionstilstanden. Dette gælder

f. Eks. de fleste Forsøg, som er udførte paa Stationerne her i Landet.

Der har dog været enkelte Forsøg, som har kunnet afgive Materiale til en mere alsidig Belysning af det omtalte Spørgsmaal, og Jordprøver fra disse Forsøg er derfor blevet undersøgte i Laboratoriet. Inden vi gaar over til at omtale disse Undersøgelser, skal vi kort omtale nogle Resultater af Forsøg med lignende Formaaler, som er udførte ved Forsøgsstationer i Udlandet.

E. M. Crowther (1)¹⁾ har i Aarene 1922—23 udført elektro-metrisk Bestemmelse af Brintionkoncentrationen i Jordprøver fra to fastliggende Gødningsforsøg i Woburn og Rothamsted. Da Bestemmelserne udførtes, var der hengaaet henholdsvis 46 og 78 Aar efter Forsøgets Paabegyndelse. Forsøgsmarken i Woburn (let Sandjord) har til Stadighed været dyrket med Byg og i Rothamsted (svær Lerjord) med Græs. Prøverne er udtagne til en Dybde af 20 cm, og desuden er der i nogle af Parcellerne udtaget Prøver af det underliggende Lag indtil 60 cm. Ingen af Forsøgsparcellerne indeholdt kulsur Kalk, da Forsøgene i sin Tid blev anlagte. De mest typiske Resultater fremgaar af Tabel 1.

I den Parcelgruppe, hvor der ikke er anvendt Kvælstofgødninger, ser man, at den ugødede Parcel og den Parcel, som er gødet med Superfosfat + Kali, praktisk talt har samme Reaktionstal. Tilførsel af 2.5 Tons brændt Kalk (sv. til ca. 5 Tons kulsur Kalk) sammen med Mineralgødningerne har, som det var at vente, forskudt Reaktionen hen imod Neutralpunktet, som dog ikke er naaet. Anvendelsen af Superfosfat og Kali i Blanding har saaledes ikke medført nogen paaaiselig Ændring i Jordens Reaktion gennem de 46 Aar, Forsøget har været. Hvis Jordreaktionen i det paa-gældende Tidsrum har undergaaet en Forskydning, har denne været den samme i den ugødede og i den med Superfosfat + Kali gødede Parcel.

Betragter man Jorderne fra de kvælstofgødede Parcelgrupper, ser man, at disse Gødninger i fremtrædende Grad har ændret Jordens Reaktion, saaledes at svovlsur Ammoniak har forøget Surhedsgraden, medens Chilesalpeter har formind-

¹⁾ Tallene i Parentes henviser til Litteraturfortegnelsen, Side 417.

sket den. Jorden fra den Parcel, som er gødet ensidigt med svovlsur Ammoniak, er efterhaanden blevet saa sur (Reaktionstal 4.46), at Bygget kun vokser meget daarligt paa den. Hvor der samtidig er anvendt Superfosfat og Kali, er Jorden noget mindre sur (p_H 4.68), men Høstudbyttet paa denne Parcel er dog meget lavere end paa den ugødede. Der er altsaa her i Tidens Løb fremkommen en udpræget skadelig Virkning af Ammoniakgødningerne.

Tabel 1. *E. M. Crowthers* Undersøgelser
over Gødningstilførselens Indflydelse paa Jordens
Reaktion (Woburn).

Parcel Nr.	Gødningsbehandling ¹⁾	Reaktionstal		Forholdstal for Høstudb. i Gsn. for Fem- aaret 1918—22
		Over- grund	Under- grund	
1	Ugødet	5.83	6.37	51
4 a	380 kg Superfosfat + 63 kg Kaliumsulfat ..	5.84	—	63
4 b	Som 4 a + 2.5 Tons brændt Kalk i 1915 ..	6.36	—	69
2 a	23 kg Kvælstof i svovlsur Ammoniak	4.46	5.87	11
2 b	Som 2 a + 10 Tons brændt Kalk, tilf. med 5 Tons i 1897 og 5 Tons i 1912	6.36	6.75	50
5 a	Som 4 a + 23 kg Kvælstof i svovlsur Amm.	4.68	5.77	33
3 b	23 kg Kvælstof i Chilesalpeter	6.14	—	47
3 a	46 „ „ „ „	6.28	—	53
6	Som 4 a + 23 kg Kvælstof i Chilesalpeter ..	6.28	—	100

Gødskning med Chilesalpeter har fremkaldt væsentlig højere Reaktionstal end dem, der findes i den ugødede Parcel. Hvor den største Mængde Salpeter er anvendt, er Tallet 6.28, det samme Tal, som findes i den Parcel, der yderligere har faaet Superfosfat og Kali. Planteproduktionen er paa den Parcel (6), som har faaet Salpeter + Superfosfat og Kali, ca. dobbelt saa stor som i Ugødet, og ca. 3 Gange saa stor som i den Parcel, der har faaet samme Kvælstofmængde i svovlsur Ammoniak.

I Tabel 2 anføres de vigtigste Resultater af *E. M. Crowther's* Undersøgelser fra det tilsvarende Forsøg i Rothamsted. Result-

¹⁾ De Gødningsmængder, som anføres i Tabellen, er dem, som har været anvendte aarlig siden 1907. I den foregaaende 30-aarige Periode har der delvis været anvendt andre Mængder (se Originalafhandlingen). For at lette Oversigten er Gødningsmængderne omregnede fra lbs. pr. acre til kg pr. ha.

taterne af dette Forsøg, som har været gennemført paa ensartet Maade siden 1856, gaar ganske i samme Retning som ved Woburn-Forsøget, og vedrørende Enkeltheder skal der henvises til Tabellen. Da der har været anvendt betydelig større Mængder Kvælstofgødning, bliver Forskellen i disses Virkning paa Jordreaktionen mere fremtrædende. Hvor den største Mængde Ammoniakgødning har været anvendt, er Reaktions-tallet gaaet saa langt ned som til 3.79. I den Parcel, som har faaet den næststørste Mængde, er Tallet 3.93. Skønt der i Forsøgsperioden er tilført en Del af de ammoniakgødede Parceller meget betydelige Mængder Kalk, har disse dog langt fra formaaet at ophæve den Forøgelse i Surhedsgraden, som skyldes Anvendelsen af Ammoniumsalte.

Tabel 2. *E. M. Crowthers* Undersøgelser
over Gødningstilførselens Indflydelse paa Jordens
Reaktion (Rothamsted).

Parcel Nr.	Gødningsbehandling ¹⁾	Reaktionstal i Over- grunden		Reaktionstal i Under- grunden	
		Ukal- ket	Kalket	Ukal- ket	Kalket
3	Ugødet	5.72	6.88	6.16	6.58
4—1	435 kg 37 pCt. Superfosfat aarlig pr. ha	5.69	7.12	6.04	6.85
7	Alsidig Kunstgødning (ingen Kvælstof) ..	5.43	6.68	5.90	6.24
8	Som 7, men uden Kali	5.67	7.04		
1	48 kg Kvælstof i Ammoniumsalte	4.84	6.54	6.19	6.35
9	Som 7 + 96 kg N i Ammoniumsalte ...	4.04	4.48	4.84	4.71
11—2	Som 7 + 145 kg N i Ammoniumsalte ..	3.79	4.13	4.35	4.77
17	48 kg Kvælstof i Chilesalpeter	6.31	6.81	6.25	6.81
16	Som 7 + 48 kg Kvælstof i Chilesalpeter	5.94	7.25		
14	Som 7 + 96 kg Kvælstof i Chilesalpeter	6.38	6.74	6.82	6.98

¹⁾ De anførte Gødningsmængder er alle omregnede fra lbs. pr. acre til kg pr. ha. »Alsidig Kunstgødning« bestaar af 435 kg 37 pCt. Superfosfat, 620 kg Kaliumsulfat, 124 kg Natriumsulfat og 124 kg Magniumsulfat aarlig pr. ha. Ammoniumsalte er tilførte som lige store Vægtmængder af Ammoniumsulfat og Ammoniumklorid.

I Perioden 1883—96 tilførtes der Parcel 11—2 Kalk i en Mængde, svarende til 4500 kg brændt Kalk pr. ha, medens Resten af Parcellerne tilførtes 2250 kg pr. ha. I 1903 deltes alle Parceller i to Halvdele, hvoraf den ene Halvdel tilførtes 2250 kg Kalk pr. ha, medens den anden Halvdel ikke fik Kalk. Denne Behandling gentoges i 1907 og i 1915. I 1920 tilførtes igen Kalk, denne Gang i en Mængde, svarende til 3000 kg brændt Kalk pr. ha. Den kalkede Del af Parcellerne er saaledes i alt tilført 13000 kg brændt Kalk, svarende til 23000 kg kulsur Kalk pr. ha.

Superfosfat, der i dette Forsøg har været anvendt alene, har ikke haft nogen paaviselig Indflydelse paa Jordreaktionen.

I Forsøget er der stor Forskel paa Afgrøderne i de ammoniak- og de ikke ammoniakgødede Parceller. Græsmængden tiltager med stigende Mængder af Ammoniumsalte, men hvor de største Mængder er anvendte, bestaar Plantedækket nu kun af ganske faa Græsarter, og der findes ingen eller kun ganske faa Bælgplanter. I disse Parceller (11—1 og 11—2) er Græsdækket tørt, og Fløjelsgræs (*Holcus lanatus*) er den dominerende Art. Over Bunden er der udbredt et ca. 1½" tykt, svampet Lag af organisk Stof i forskellige Omsætningsstadier.

Paa Forsøgsstationen i New Jersey, U. S. A., blev der i 1906 paabegyndt et fastliggende Forsøg paa sandblandet Lerjord, hvis Hovedformaal var at undersøge Virkningen af forskellige Kvælstofgødninger, men som dog ogsaa omfattede Anvendelse af ikke kvælstofholdige Gødninger. I 1922 udtoges Jordprøver fra de enkelte Parceller til Bestemmelse af Reaktionstallet (kolorimetrisk) og »Kalktrangen« efter *Veitch's* Metode. Angaaende Fremgangsmaaden ved denne se (5). Beretningen om disse Undersøgelser, der er udarbejdet af *J. G. Lipmann*,

Tabel 3. *Lipmann, Blair og Princes*
Undersøgelser over Gødningsbehandlings Indflydelse
paa Jordens Reaktion.

Parcel Nr.	Gødningsbehandling ¹⁾	Ukalket		Kalket	
		pH	Kalk-trang, kg CaO pr. ha	pH	Kalk-trang, kg CaO pr. ha
1	Ugødet	5.4	1500	7.0	0
2	Kali	5.4	1500	7.0	0
3	Superfosfat	5.4	1250	6.8	250
4	Kali + Superfosfat	5.4	1750	6.9	500
9	Kali + Superfosfat + Chilesalpeter	5.8	1500	6.8	380
10	Kali + Superfosfat + Kalksalpeter	5.8	1250	6.8	500
11	Kali + Superfosfat + svovlsur Ammoniak	4.8	3000	6.1	1250
12	Kali + Superfosfat + Kalkkvælstof	5.8	1250	6.8	250

¹⁾ De anvendte Gødninger svarer til følgende Mængder pr. Aar pr. ha: Kali (Klorkalium) 404 kg, Superfosfat 808 kg, Chilesalpeter 404 kg, svovlsur Ammoniak og Kalkkvælstof i Mængder, svarende til Chilesalpeter.

De kalkede Parceller blev i 1918 tilførte Kalk i en Mængde, svarende til 5000 kg kulsur Kalk pr. ha.

A. W. Blair og A. L. Prince (2), indeholder de Tal, som er meddelte i Tabel 3.

Laboratorieundersøgelsens Resultat er i Overensstemmelse med de engelske Forsøg. Anvendelse af de Gødninger, som ikke indeholder Kvælstof, har ikke medført nogen paaviselig Ændring i Jordreaktionen.

Reaktionstallene i de Parceller, som er behandlede med Superfosfat og Kali, er de samme som i de ugødede. I Parcellerne, som er tilførte Chilesalpeter eller Kalkkvælstof, ligger Tallene kendeligt højere end i Ugødet. Svovlsur Ammoniak har ændret Reaktionen stærkt i sur Retning. Ogsaa her gælder det, at Høstudbyttet, da Undersøgelsen blev foretaget, var lavere i den ammoniakgødede end i den ugødede Parcel¹⁾. I den Del af Marken, som er kalket, er Reaktionen tilnærmelsesvis neutral i alle Parceller, med Undtagelse af den ammoniakgødede, der endnu viser tydelig sur Reaktion, p_H 6.1.

Forsøg over Kunstgødningernes Virkning paa Jordens Reaktionstilstand er endvidere udført paa Forsøgsstationen i Rhode Island, U. S. A., hvor P. S. Burgess (3) har bestemt Brintionkoncentrationen og »Kalktrangen« i Prøver fra forskellige Parceller i et fastliggende Gødningsforsøg. Brintionkoncentrationen er bestemt elektrometrisk og »Kalktrangen« efter Jones Metode, som gaar ud paa en Bestemmelse af Syreafspaltningen ved Behandling af Jorden med en Opløsning af Kalciumacetat. Der er her bl. a. foretaget en Sammenligning mellem forskellige Fosfatgødninger. Dette Forsøg blev anlagt i 1894. I Perioden 1903—13 blev der ikke givet Fosforsyregødninger. Tilførselen af disse genoptoges i 1914. Jordprøver til Laboratorieundersøgelsen blev udtagne i Efteraaret 1921. Resultaterne af denne Undersøgelse findes anførte i Tabel 4.

Det fremgaar af Tabellen, at Superfosfat og højprocentig Superfosfat (40 pCt. P_2O_5) ikke, skønt udpræget »sure Gødninger«, har ændret Jordens Reaktion i sur Retning. Reaktionstallene i Parcellerne, hvor disse Gødninger

¹⁾ I Sommeren 1926 havde Forfatteren Lejlighed til at se det paagældende Forsøg. Virkningen var paa dette Tidspunkt traadt endnu stærkere frem. De ukalkede Parceller, som var behandlede med Ammoniumsulfat, bar da saa godt som ingen Vegetation og var synlige paa lang Afstand som bare Pletter i Marken.

Tabel 4. *Burgess* Undersøgelser over forskellige Fosfaters Indflydelse paa Jordens Reaktion.

Parcel Nr.	Fosfatets Art	Anvendt kg P_2O_5 pr. ha			pH bestemt til forskellige Tids- punkter				
		1894— 1902	1914— 1921	I alt	2/6	25/7	26/8	16/9	Gns.
68	Ingen Fosforsyre.....	0	0	0	5.3	5.4	5.4	5.5	5.41
56	Superfosfat.....	825	335	1160	5.5	5.6	5.5	5.5	5.52
64	Superfosfat og Raafosfat.....	825	1170	1995	5.7	5.8	5.7	5.7	5.72
70	Højprocentig Superfosfat, ca. 40 pCt.	825	335	1160	5.5	5.6	5.6	5.5	5.52
58	Benmel.....	825	335	1160	5.7	5.7	5.7	5.7	5.70
62	Raafosfat.....	825	335	1160	5.7	5.6	5.6	5.7	5.65
60	Thomasfosfat.....	825	390	1215	5.9	5.8	5.8	6.0	5.87

har været anvendte, er ens, 5.52 og ca. 0.1 højere end i den ugødede.

Tilførsel af Raafosfat, Benmel og Thomasfosfat har fremkaldt kendelig højere Reaktionstal, end der findes i den ugødede Parcel.

At de sure Fosfater ikke ændrer Jordreaktionen i sur Retning, er i Overensstemmelse med Undersøgelser, som er foretagne af *H. Kappen* (4), der ud fra disse vil slutte, at Superfosfat vil kunne ophæve Syrevirkningen af svovlsur Ammoniak i Jorden. *Kappens* Forklaring herpaa er i Hovedsagen følgende: I Jorder, som er kendeligt sure, forekommer der altid Jærn og Aluminium i opløst Tilstand. Tilføres nu Superfosfat, vil Monokalцийfosfatet $Ca(H_2PO_4)_2$ reagerer med Jærn og Aluminium under Dannelse af meget tungt opløselige Jærn- og Aluminiumfosfater og Kalцийfosfat $CaHPO_4$, der har udpræget alkalisk Reaktion.

Forsøget i Rhode Island giver ogsaa tydelig Udtryk for Kvælstofgødningens Virkning paa Jordens Reaktion. Resultaterne er ganske tilsvarende, som ved de allerede omtalte Forsøg. I to Parceller, som gennem en Periode af 28 Aar var gødede med samme Mængde Kvælstof i Chilesalpeter og svovlsur Ammoniak, var Reaktionstallene henholdsvis 5.24 og 4.62. Den ammoniakgødede Parcel blev i det paagældende Tidsrum tilført Kalk i en Mængde, svarende til ca. 4000 kg kulsur Kalk pr. ha, medens Salpeter-Parcellen ikke har faaet tilført Kalk. Da Undersøgelsen blev foretaget, var der i alt

anvendt ca. 7500 kg svovlsur Ammoniak pr. ha og en tilsvarende Mængde Chilesalpeter. Man ser, at 4000 kg kulsur Kalk pr. ha ikke har været tilstrækkelig til at hæve Reaktionstallet i den ammoniakgødede Parcel til samme Højde som i den salpetergødede.

Af andre Forsøg, som er udførte ved Stationen, fremgaar det, at Chilesalpeter i Sammenligning med »ingen Kvælstofgødning« har forhøjet Reaktionstallet og formindsket »Kalktrangen«.

Vi skal dernæst gaa over til at betragte de Undersøgelser af lignende Art, som er udførte paa Statens Planteavls-Laboratorium af Jordprøver fra forskellige Gødningsforsøg. Disse Forsøg er følgende:

- 1) Gødningsforsøg paa den plantepatologiske Forsøgsmark i Lyngby, anlagte 1910, Prøveudtagning fandt Sted i Efteraaret 1925.
- 2) Forsøg med forskellige Kvælstofgødninger paa Forsøgsstationen ved Askov, anlagte 1921. Prøver udtagne i August 1928.
- 3) Gødningsforsøg ved »Spitsbergen«, Holland, anlagt af Rijkslandbouwproefstation i Groningen i 1915. Udtagning af Prøver fandt Sted i 1928.

Laboratorieundersøgelsen omfatter Bestemmelse af de forskellige Prøvers Reaktionstal og Stødpudevirkning (Titreringskurver)¹⁾ efter de Metoder, som er udarbejdede ved Universitetets tekniske Laboratorium og ved Statens Planteavls-Laboratorium (6), (7), (8), og som nu anvendes ved Kalktrangsundersøgelserne. Endvidere er der i nogle Tilfælde foretaget Bestemmelse af Reaktionstallet i Klorkaliumekstrakter, og Bestemmelse af Udvekslingsaciditeten efter *Daikuharas* Metode, d. v. s. en Bestemmelse ved Titration af den Syremængde, der findes i Klorkaliumsekstrakten af en vis Mængde Jord (9).

I Tabel 5 er Laboratorieundersøgelsens Resultater for

¹⁾ Naar man vil undersøge forskellige Faktoreres Virkning paa Jordreaktionen, bør man foruden Reaktionstallene tillige sammenligne Titreringskurverne. Derved opnaar man, at Resultatet fremgaar som Følge af en Række Reaktionsmaalinger i Stedet for af en enkelt. Sikkerheden vil derved blive større, og Unøjagtigheder ved Maalingen samt tilfældige Svingninger i Reaktionen vil blive af mindre Betydning.

Tabel 5. Undersøgelser over Reaktionstilstanden
i Jordprøver fra Gødningsforsøget
paa den plantepatologiske Forsøgsmark i Lyngby.

Gødningsbehandling	Reaktionstal	Reaktionstal ved Tilsætning af cm^3 $\frac{n}{30}$ Kalkvand pr. 10 g Jord					Reaktionstal i Klor- kaliumsekstrakt	Aciditets- bestemmelse i Klorkalium ekstrakt			$\text{cm}^3 \frac{n}{30}$ Kalkv. pr. 10 g Jord til pH 7.0.
		3	6	12	18	30		$\text{cm}^3 \frac{n}{10}$ NaOH pr. 100 g Jord	Totalaciditet efter Dakuhara	$\text{cm}^3 \frac{n}{10}$ NaOH	
Ugødet	5.63	6.28	6.52	7.00	7.48	7.74	4.36	5.00	17.5	12.0	
Superfosfat	5.52	6.04	6.48	7.10	7.42	4.33	4.35	4.35	15.2	11.8	
Kali	5.68	6.28	6.62	6.98	7.38	7.84	4.72	1.17	4.1	11.5	
Chilesalpeter	6.02	6.72	6.98	7.46	7.68	8.05	4.47	2.70	9.5	6.0	
Superfosfat + Kali	5.68	6.40	6.85	7.34	7.58	7.84	4.56	2.00	7.0	8.2	
Superfosfat + Chilesalpeter	6.02	6.58	6.94	7.44	7.62	7.92	4.61	1.67	5.9	6.5	
Kali + Chilesalpeter	6.14	6.82	7.10	7.60	7.80	8.02	4.78	1.10	3.6	5.7	
Kali + Chiles. + Superfosf.	6.15	6.70	7.08	7.58	7.76	8.04	4.74	1.25	4.4	5.8	

Gødningsforsøgene paa den plantepatologiske Forsøgsmark opførte¹⁾.

Det fremgaar af Tabellens første Kolonne, at Reaktions-tallene er praktisk talt ens i den ugødede Parcel og i de Parceller, som er tilførte Kali, Superfosfat, og Superfosfat + Kali. I alle Parceller, hvor der er tilført Chilesalpeter, er Reaktionstallene kendeligt højere, og det synes, som om Chilesalpeter, givet sammen med Kali, har fremkaldt et lidt højere Reaktionstal, end hvor det er givet alene eller sammen med Superfosfat. Denne Forskel er dog saa ringe, at den ikke kan siges at være sikker.

Forsøget giver ganske lignende Resultater som de foran omtalte: Superfosfat og Kali viser ingen tydelig Virkning paa Jordreaktionen, medens Anvendelse af Chilesalpeter har fremkaldt højere Reaktionstal end det, som findes i den ugødede Parcel. Dette Forhold træder endnu tydeligere frem, naar man bestemmer de paagældende Jorders Stødpudevirkning.

¹⁾ De aarlig anvendte Gødningsmængder er følgende: 18 pCt. Superfosfat: 80 kg pr. ha. 37 pCt. Kaligødning: 400 kg pr. ha. Chilesalpeter: 400 kg pr. ha. Ved Prøveudtagningen blev Jorden fra Fællesparcellerne sammenblandet til en Enkeltprove.

I Fig. 1 er vist Titreringskurverne fra Ugødet og fra de ensidigt gødede Parceller. Kurverne er tegnede paa Grundlag af Tallene i Tabel 5. De viser tydeligt, at Jorden, der er blevet tilført Chilesalpeter, kræver betydelig mindre Kalkvand til Neutralisation end den ugødede og den, som er tilført Superfosfat eller Kaligødning¹⁾.

Reaktionstallene i Klorkalium-ekstrakterne giver et noget andet Billede. Man lægger her Mærke til, at de højeste Tal gennemgaaende findes i de kaligødede Parceller. Tydeligst kommer Forskellen frem, naar man betragter Udvekslingsaciditeten, maalt med den Basemængde, der er nødvendig for at neutralisere Syren i Klorkalium-ekstrakten af 100 g Jord. (Denne Mængde er ifølge *Daikuhara* (9) tilnærmelsesvis lig $3.5 \times$ den Syremængde, der findes i første Ekstrakt). Disse Tal findes i den ugødede Jord og i den, der er gødet ensidigt med Superfosfat. I Jorden, som er gødet med Chilesalpeter, er Udvekslingsaciditeten kende- lig mindre, ca. halvt saa stor, og mindst er den afgjort i de kali- gødede Parceller.

Dette beror antagelig paa, at Tilførselen af Kaligødning allerede i Marken delvis har udløst Udvekslingsaciditeten. Ved Behandling af disse Jordprøver i Laboratoriet med en Klorkaliumopløsning

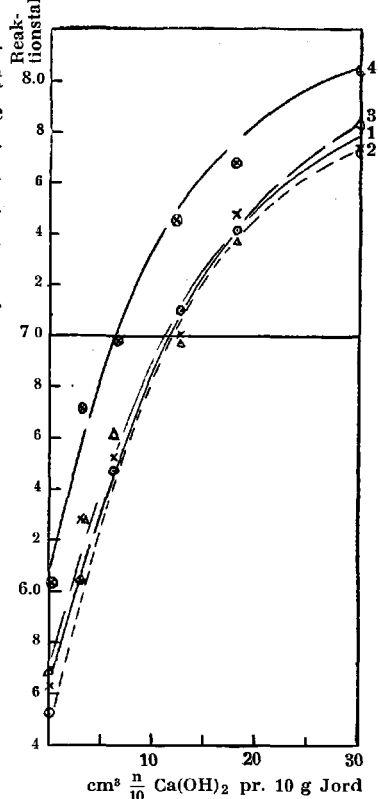


Fig. 1. Titreringskurve for Jordprøver fra Gødningsforsøget paa plantepatologisk Forsøgsmark.

1. Ugødet, 2. Superfosfat, 3. Kali og 4. Chilesalpeter.

¹⁾ Kurverne for disse Jorder, 1, 2 og 3, har praktisk talt samme Forløb, idet Afvigelserne ikke er større, end de kan skyldes tilfældige Aarsager. Man ser saaledes, at Anvendelse af Superfosfat og Kainit heller ikke har ændret de paagældende Jorders Stødpudevirkning over for Baser, d. v. s., deres Evne til at optage Kalk er ikke blevet ændret ved Tilførsel af disse Gødninger.

viser de derfor en mindre Syreafspaltning. Man ser heraf, at en Bestemmelse af Udvekslingsaciditeten efter den omtalte Metode ikke giver et kvantitativt Udtryk for den paagældende Jords Evne til at optage Kalk. Man kan derfor ikke benytte Metoden ved en kvantitativ Bestemmelse af Jordens Kalktrang, saafremt man ved en saadan tilsigter at bestemme, hvor store Mængder Kalk man maa tilføre en Jord for at hidføre en given Ændring i dens Reaktional. Dette fremgaar ogsaa af Undersøgelser, som tidligere er foretagne paa Statens Planteavls-Laboratorium (14).

Hvor vidt Udvekslingsaciditeten er særlig skadelig for Plantevæksten kan ikke afgøres ud fra disse Undersøgelser, men de viser, som nævnt, at man ved Tilførsel af Kaligødning kan formindske en Jords Udvekslingsaciditet stærkt, uden at Reaktionen derved forskydes i alkalisk Retning.

Paa Forsøgsstationen ved Askov blev der i Aaret 1921 anlagt et Forsøg med forskellige Kvælstofgødninger¹⁾. I August 1928 udtoges der Prøver fra to af Markerne, Nr. 6 og Nr. 2. Prøverne udtoges i to Dybder, fra 0—20 cm og fra 20—50 cm. Reaktionsforholdene undersøgtes paa Statens Planteavls-Laboratorium ved Hjælp af de foran omtalte Metoder, efter at Prøverne fra alle Parceller i hvert Forsøgsled var sammenblandede til Fællesprøver. Resultaterne af Reaktionsbestemmelserne fremgaar af Tabel 6.

Resultaterne gaar i samme Retning her som ved de tidligere omtalte Forsøg, idet Reaktionstallene har ændret sig tydeligt som Følge af Gødskning med Kvælstof i Form af forskellige Salte. Forskellen i Reaktionstallene træder stærkest frem i Parcellerne fra Mark 6, Roemarken. Det laveste Tal, 5.36, findes, som det var at vente, i Jorden fra de Parceller, der er tilførte svovlsur Ammoniak. I Jorden fra de Parceller,

¹⁾ Alle Parceller er tilførte den samme Mængde Grundgødning, svarende til 40 P_2O_5 (Superfosfat) og 70 kg K_2O (højprocentig Kali) pr. ha pr. Aar.

Kvælstofgødningerne tilførtes i en Mængde, som gennemsnitlig svarer til 50 kg N pr. Aar og ha. Roemarken tilføres 100 kg Kvælstof, medens der til Græs ikke anvendes Kvælstofgødninger. Da Prøverne blev udtagne, var der i alt tilført 300 kg N pr. ha i Mark 2 og 400 kg N pr. ha i Mark 6.

Tabel 6. Reaktionsundersøgelse af Jordprøver fra Forsøg med forskellige Kvælstofgødninger ved Askov.

Gødningsbehandling	Reaktions- tal	Reaktionstal ved Tilsætning af $\text{cm}^3 \frac{n}{30} \text{Ca(OH)}_2$ pr. 20 g Jord					$\text{cm}^3 \frac{n}{30}$ Ca(OH)_2 pr. 20 g Jord til pH 7.0
		2	4	6	10	15	

Mark 6. Overgrund. Roemarken.

Ingen Kvælstofgødning ..	6.36	6.64	6.88	7.10	7.31		5.5
Chilesalpeter	6.95						
Norgesalpeter	6.50	6.76	7.04	7.23	—	—	3.8
Svovlsur Ammoniak	5.35	5.72	5.94	6.13	6.52	7.02	15.7

Mark 6. Undergrund.

Ingen Kvælstofgødning ..	5.88	6.19	6.46	6.60	7.00	7.26	10.0
Chilesalpeter	5.86	6.36	6.58	6.78	7.02	7.38	9.2
Norgesalpeter	5.82	6.31	6.52	6.71	7.02	7.28	9.5
Svovlsur Ammoniak	5.70	6.00	5.26	6.48	6.86	7.21	11.5

Mark 2. Overgrund. Græsmarken.

Ingen Kvælstofgødning ..	6.01	6.29	6.52	6.76	7.04	7.31	8.8
Chilesalpeter	6.29	6.55	6.78	6.91	7.23	—	6.5
Norgesalpeter	6.31	6.58	6.74	6.95	7.19	—	6.5
Svovlsur Ammoniak	5.84	6.05	6.26	6.41	6.74	7.00	15.0

Mark 2. Undergrund.

Ingen Kvælstofgødning ..	5.72	5.89	6.19	6.38	6.65	7.00	11.5
Chilesalpeter	5.91	6.10	6.34	6.48	6.76	7.05	10.5
Norgesalpeter	5.73	5.89	6.12	6.29	6.62	7.00	11.5
Svovlsur Ammoniak	5.65	5.84	6.13	6.29	6.69	7.04	12.4

der ikke har faaet Kvælstofgødning, er Tallet 6.36. Hvor Kvælstof er tilført som Norgesalpeter, er Tallet 6.50, og hvor der er anvendt Chilesalpeter, er det 6.95.

I Mark 2, Græsmarken, er Rækkefølgen den samme. Det laveste Tal findes i Jorden fra de ammoniakgødede Parceller, de højeste i de salpetergødede Parceller. Forskellen er dog ikke saa stor som i Mark 6. Aarsagen til dette Forhold kan ikke angives bestemt. Sandsynligvis skyldes det for en Del, at Mark 2 i det Aar, Prøven blev udtaget, ikke er tilført Kvælstofgødning, medens Mark 6 er tilført Kvælstofgødning, svarende til 100 kg N, det dobbelte af den gennemsnitlige Mængde. De Omsætninger, som foregaar i Jorden efter Tilførsel af Gødningerne, Baseudveksling, Nitrifikation og Planternes Næringsstoffoptagelse m. m., og som hver for sig influerer

paa Reaktionstallet, vil foregaa livligt i Mark 6, medens der antagelig i Mark 2, hvor der ingen Kvælstofgødning er tilført, i det paagældende Aar, vil have indstillet sig en Ligevægt. Det maa derfor antages, at Reaktionstallene fra Mark 2 giver det bedste Udtryk for Kvælstofgødningernes reaktionsændrende Virkning, saaledes som den vil vise sig i det lange Løb.

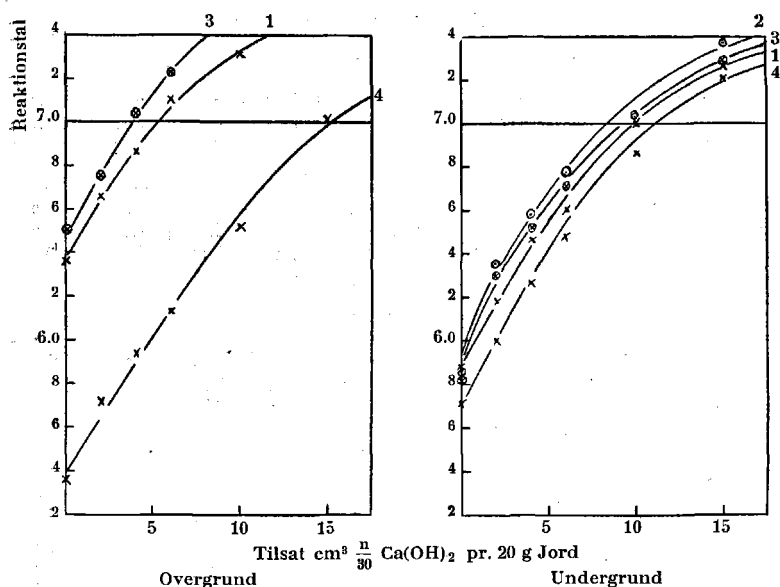


Fig. 2. Titreringskurver for Jordprøver fra Kvælstofforsøgene ved Askov 1928. Mark 6. Roemarken.

1. Grundgødning, 2. Chilesalpeter, 3. Norgesalpeter og 4. svovlsur Ammoniak.

Det er muligt, at de to Marker ikke har været ganske ensartede med Hensyn til Reaktionsforhold, da Forsøget blev anlagt, og at dette for en Del er Aarsag til de Forskelle, som nu kan iagttages. Det fremgaar af Titreringskurverne, at Stødpudevirkningen er noget større i Mark 2 end i Mark 6, idet Kurverne for den sidste Jord har det stejleste Forløb. Dette vil medføre, at den Reaktionsændring, der udøves af en vis Mængde Gødning, vil blive mindre i Mark 2 end i Mark 6.

Kvælstofgødningens reaktionsændrende Virkning kan ogsaa iagttages i Undergrunden. Den gaar her ganske i samme Ret-

ning som i Pløjelaget, saaledes at man begge Steder finder de laveste Reaktionstal i de Parceller, hvor der er tilført svovlsur Ammoniak. Virkningen er langt mindre fremtrædende end i det øverste Jordlag, men er dog sikker nok, tydeligst kommer den frem ved Betragtning af Titreringskurverne.

Som det tidligere er omtalt, Side 399, faar man et sikrere Udtryk for en Jords Reaktions- og Kalktilstand ud fra saa-

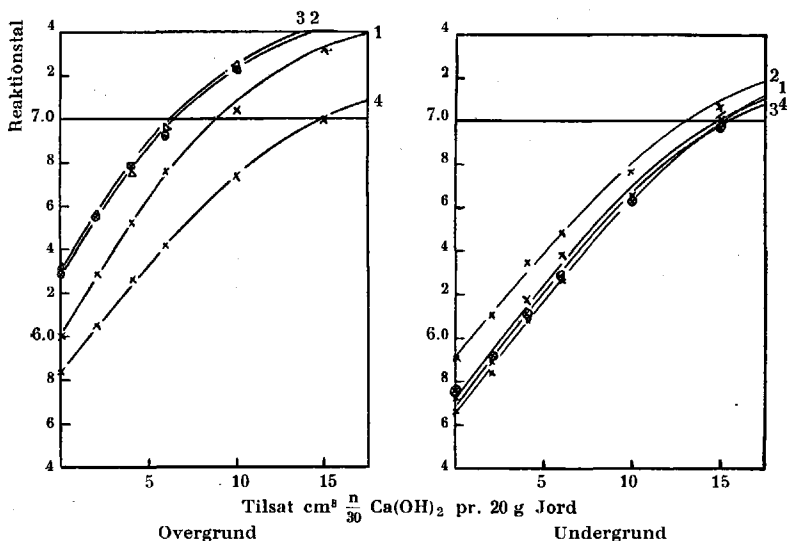


Fig. 3. Titreringskurver af Jordprøver fra Kvælstofforsøgene ved Askov 1928. Mark 2. Græsmarken.

1. Grundgødet, 2. Chilesalpeter, 3. Norgesalpeter og 4. svovlsur Ammoniak.

danne Kurver, end man faar ud fra de enkelte Reaktionstal. Disse varierer i nogen Grad under Indflydelsen af forskellige Faktorer, saaledes f. Eks. Saltkoncentrationen i Jordvædsken, Kulsyreindhold m. m. Svingninger af den Art er vel ikke saa store, at de i væsentlig Grad kan ændre det Billede, man ved en enkelt Reaktionsbestemmelse kan danne sig, men Afvigelser paa 0.2—0.3 Enheder i Reaktionstallet kan dog iagttages i Jord fra samme Lokalitet i Løbet af en Vækstperiode. Naar det derfor drejer sig om at konstatere relativt smaa Ændringer i en Jords Reaktionstilstand, er det bedre at støtte sig til en Bestemmelse af Stødpudevirkningen, idet den antagelig ikke vil

ændres nævneværdigt ved de foran anførte Faktorerers Indvirkning.

Ser man først paa Prøverne fra Overgrunden, vil man bemærke, at Kurverne fra de ammoniakgødede Parceller skiller sig ud fra Resten ved at ligge betydelig lavere. Anvendelsen af svovlsur Ammoniak har da ikke alene fremkaldt en Formindskelse i Reaktionstallet, men har ogsaa i udpræget Grad forøget Jordernes Evne til at optage Kalk. For de Jorder, som ikke er tilførte Kvælstofgødning, har Kurverne et kendeligt højere Forløb, og højest ligger de for Jorderne, som er tilførte Salpetergødninger. Kurverne giver saaledes i Hovedsagen samme Billede som de enkelte Reaktionstal.

I Mark 2 falder Kurverne for de to salpetergødede Jorder sammen. Chilesalpeter og Kalksalpeter i tilsvarende Mængder har saaledes haft ganske den samme Virkning paa Jordreaktionen. I Mark 6 ligger Kurven for den Jord, som er tilført Chilesalpeter, betydelig højere end Kurven fra den Jord, som har faaet Norgesalpeter. (Da Reaktionstallet for »Chilesalpeter« ligger saa højt som ved 6.9, er Kurven ikke tegnet). Anvendelsen af Chilesalpeter har i denne Mark fremkaldt praktisk talt neutral Reaktion.

Det er, som tidligere omtalt, muligt, at den større Forskel mellem de enkelte Forsøgsled i Mark 6 skyldes, at denne Mark er tilført en ret stor Mængde Kvælstof kort før Prøveudtagningen, saa at Reaktionen endnu ikke er kommet i »Ligevægt«. I Undergrundsprøverne fra samme Mark har Kurverne for »Kalksalpeter« og »Chilesalpeter« praktisk talt samme Forløb.

Trods den ret betydelige Forskel i Reaktionstallene i Jorden fra de ammoniakgødede Parceller i Mark 2 og Mark 6 er de Kalkmængder, der kræves for at ændre Reaktionstallet til 7.0, meget nær de samme. Det fremgaar af Kurverne og af Tallene i Tabel 6, at der kræves henholdsvis 15.0 og 15.7 cm³ n/30 Ca(OH)₂ pr. 20 g Jord til Neutralisationen.

Endnu skal omtales et Forsøg med forskellige Kvælstofgødninger, som er anlagt ved Spitsbergen (i Holland) af Prof. J. Hudig ved Rijkslandbouwproefstation i Gronningen¹⁾.

¹⁾ Der er ved denne Station udført omfattende Undersøgelser over Reaktions- og Kalktilstanden i Humus-Sandjorder i Forbindelse med Markforsøg. Paa Grundlag af Undersøgelserne udtaler Professor Hudig, at man ved Valg af Kunstgødning altid bør tage Hensyn til Jordens Reaktionstilstand saavel som til Afgrødens Art.

Forsøget, der ligger paa let sandblandet Humusjord, er særlig vel egnet til at vise den blivende Virkning, som Salpeter- og Ammoniakgødninger udøver paa Jordens Reaktion. Der er anvendt ret store Kvælstofmængder¹⁾, og Gødningsbehandlingen har været gennemført paa ret ensartet Maade siden 1915. Man maa saaledes vente, at Virkningen af de forskellige Gødninger her er mere udpræget end ved Forsøgene i Askov.

Under et Besøg i Sommeren 1928 fik Forfatteren elskværdigt overladt Prøver af den salpetergødede og den ammoniakgødede Jord, samt meddelt Resultatet af Reaktionsbestemmelser i Prøver fra de andre Parceller. Prøverne blev undersøgte paa Statens Planteavls-Laboratorium, og Resultaterne gengives med Prof. Hudigs Tilladelse sammen med Reaktionstallene fra de andre Parceller i Tabel 7.

Tabel 7. Reaktionstal og Titreringsundersøgelser fra Kvælstofforsøg ved Spitsbergen, Holland, 1928.

Gødningsbehandling	Reaktions- stal	Reaktionstal ved Tilsætning af $\text{cm}^3 \frac{\text{N}}{30} \text{Ca(OH)}_2$ pr. 20 g Jord						$\text{cm}^3 \frac{\text{N}}{30}$ Ca(OH)_2 pr. 20 g Jord til pH 7.0
		6	12	18	30	45	60	
Ingen Kvælstofgødning	4.4							
Chilesalpeter	5.8	6.22	6.53	6.79	7.29	7.57	7.78	24.0
Svovlsur Ammoniak	4.2	4.80	5.13	5.44	9.07	6.76	7.28	51.0
» + 16000 kg								
Kalk	6.7							

I Fig. 4 er Titreringskurverne tegnede.

Resultaterne af dette Forsøg er i Overensstemmelse med de Forsøg, som er omtalte tidligere. Det laveste Reaktionstal findes i den ammoniakgødede Jord, og det højeste i den Jord, som er tilført Chilesalpeter. Forskellen i Reaktionstal mellem »Ugødet« og »Sv. Ammoniak« er mindre her end i Forsøget ved Askov. Dette beror antagelig paa, at Jorden oprindelig har været ret stærk sur. Fra tidligere Undersøgelser ved vi, at Titreringskurven for en Jord ved stigende Syretilsætning for-

¹⁾ De tilførte Gødningsmængder svarer til 60–100 kg N pr. ha pr. Aar. Da Prøverne blev udtagne, var der i alt tilført Gødning, svarende til ca. 1000 kg Kvælstof pr. ha.

løber med aftagende Stejlhed, saaledes at en vis Syremængde forårsager en langt mindre Formindskelse i p_H -Værdien, naar denne er omkring 4, end naar den er omkring Neutralpunktet. Reaktionstallet i den ugødede Parcel er nu 4.4, og det har næppe oprindeligt været meget forskellig fra denne Værdi. Dette kan til Dels forklare Forskellen.

Endvidere er det sandsynligt, at en Del af den Syre, som dannes af Ammoniakgødningen, under saadanne Forhold udvaskes, enten i fri Tilstand eller i Form af sure Salte. Da der ikke blev foretaget Reaktionsbestemmelser, da Forsøget blev anlagt, kan de nærmere Aarsagsforhold ikke udredes.

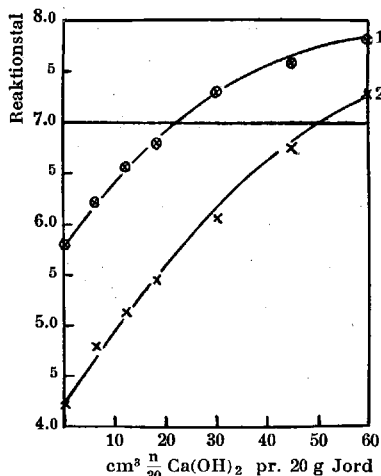


Fig. 4. Titreringskurve for Jordprøver fra Kvælstofforsøg ved Spitsbergen, Holland 1928.
1. Chilesalp., 2. sv. Amm.

Titreeringskurverne har ganske det samme Forløb som ved det tilsvarende Forsøg i Askov. Anvendelsen af svovlsur Ammoniak har medført, at Jorden kræver langt mere Kalk til Neutralisation end den Jord, som er tilført den samme Kvælstofmængde i Form af Chilesalpeter. Medens den sidste Jord kun kræver 24 cm³ n/30 Ca(OH)₂ pr. 20 g til Neutralisation (p_H 7.0), kræver den første 51.0 cm³. Forskellen er altsaa langt større end

den tilsvarende ved Forsøget i Askov. Dette maatte man ogsaa vente, idet der i dette Forsøg er anvendt betydelig mindre af de paagældende Gødninger end ved det hollandske.

Vi skal dernæst paa Grundlag af de omtalte Forsøgsresultater give en kort Oversigt over de almindeligst anvendte Kunstgødningers Indflydelse paa Jordens Reaktion.

Fosforsyregødninger. Saavel det danske som de udenlandske Forsøg viser, at Superfosfat, skønt en udpræget sur Gødning, ikke ændrer Jordens Reaktion i nogen paaviselig Grad. Dette gælder, hvad enten den tilføres som den alm. 18 pCt. Gødning eller i Form af højprocentig Super-

fosfat (Rhode Island-Forsøget). Raafosfat, Benmel og Thomasfosfat har fremkaldt tydelig Reaktionsændring i alkalisk Retning. Thomasfosfat har i den Henseende vist den kraftigste Virkning (Rhode Island).

Kaligødninger. Ved de Forsøg, her er omtalte, udøver Kaligødninger ikke nogen sikker paaviselig Indflydelse paa Jordens Reaktion i det lange Løb. Tilførsel af Kaligødning formindsker Udvekslingsaciditeten, d. v. s. den Syremængde, som fraspaltes fra Jorden ved Behandling med en Opløsning af Klorkalium (Lyngby-Forsøget).

Kvælstofgødninger viser i alle Forsøg en tydelig reaktionsænderende Virkning, som bliver mere fremtrædende, jo mere der er tilført af de paagældende Gødninger. Chilesalpeter, Kalksalpeter og Kalkkvælstof ændrer Jordreaktionen i alkalisk Retning i Forhold til Ugødet, medens svovlsur Ammoniak ændrer den i sur Retning. I Forsøget paa Rothamsted viser en Del af de ammoniakgødgede Parceller, trods Tilførsel af ret store Kalkmængder i Forsøgsperioden, endnu stærkt sur Reaktion.

Man kan saaledes regne med, at de almindeligst anvendte Kali- og Fosforsyregødninger ikke fremkalder nogen blivende Ændring i Jordens Reaktionstilstand, og man vil derfor i Almindelighed kunne se bort fra deres Virkning i saa Henseende.

Anderledes er det med Kvælstofgødningerne. Paa Grund af deres ovenfor omtalte Egenskaber, vil det være muligt alene ved Gødskning med disse Salte at paavirke en Jords Reaktions- og Kalktilstand i meget væsentlig Grad.

For det praktiske Jordbrug vil nu følgende Spørgsmaal være af Interesse: Er det muligt ved passende Valg af Kunstgødning at forhindre, at Jordens Reaktion ændres i sur Retning, saaledes at en een Gang tilvejebragt gunstig Reaktionstilstand vil kunne bevares uden senere Tilførsel af Kalk?

Dette Spørgsmaal kan ikke besvares udtømmende paa Grundlag af de refererede Undersøgelser. Jordreaktionen paavirkres foruden af Gødningstilførselen ogsaa af en Række andre Faktorer. Om disse maa man have Lov til at forudsætte, at de har været nogenlunde ens i alle Forsøgsled og uafhængige af Gødningstilførselen, men noget bestemt Udtryk for deres Virkning har man ikke.

Man ved med nogenlunde Sikkerhed, at Jordreaktionen under vore klimatiske Forhold langsomt forskydes i sur Retning. Naar man saaledes finder, at »Chilesalpeter« i alle Tilfælde har højere Reaktionsstal end »Ugødet«, kan man ikke deraf slutte, at der er foregaaet en stadig Stigning i Reaktionsstallet som Følge af Salpetertilførselen. Aarsagen kan ogsaa være den, at Reaktionen i den ugødede Parcel har forskudt sig i sur Retning.

Alle de fundne Tal maa derfor betragtes som relative, og deres absolutte Størrelse kan ikke i noget Tilfælde angives bestemt, idet der ikke foreligger Reaktionsundersøgelser fra det Tidspunkt, da Forsøgene blev paabegyndte. Anvendelsen af Kunstgødning alene har dog ikke i noget Tilfælde formaaet at fremkalde alkalisk Reaktion i Jorden, selv hvor Forsøgene har strakt sig over en meget lang Aarrække.

Man kan derfor ikke regne med, at man paa kalktrængende Jorder i Løbet af kort Tid kan forbedre Reaktionsstanden alene ved Tilførsel af alkalisk virkende Gødninger, anvendte i saadanne Mængder, som er almindelige i Praxis. Derimod kan man sikkert ved at tilføre Kvælstofgødning i Form af Salpeter eller Kalkkvælstof forhale det Tidspunkt, hvor Kalkning bliver nødvendig.

Anvendes samtidig Thomasfosfat som Forsyregødning, vil den alkaliske Virkning blive yderligere forstærket, og det er ingenlunde usandsynligt, at man paa den Maade vil kunne opretholde en gunstig Reaktion, som en Gang er tilvejebragt i en Jord.

Et andet Spørgsmaal, som ogsaa er af Interesse for Praxis, er følgende: Hvor længe vil det vare, inden en Jord ved fortsat Tilførsel af Ammoniumsalte bliver saa sur, at yderligere Tilførsel fremkalder Skadevirkning?

At en saadan Skadevirkning under visse Forhold vil kunne iagttages, maa, i Henhold til de omtalte Forsøgsresultater, anses for givet. Det Tidspunkt, hvor den indtræder, vil være afhængig af Jordens Kalktilstand, d. v. s. dens Reaktion og Stødpudevirkning, samt af den anvendte Gødningsmængde. Jo lavere Reaktionsstallet, jo mindre Stødepudevirkningen er, og jo større Mængder Ammoniumsalt, der anvendes, desto hurtigere vil det Tidspunkt indtræde, hvor en fortsat Tilførsel vil virke hæmmende paa Plantevæksten, med mindre der ogsaa tilføres

Kalk. Skadevirkningen vil derfor hurtigst vise sig paa lette Jorder med lave Reaktionstal, som tilføres rigelige Mængder af Ammoniumsalte.

Dette kan indses ved umiddelbar Betragtning. Eksperimentelt er det paavist af *Pierre* (10), som ogsaa har forsøgt, ud fra en Titreringskurve at beregne, hvor meget svovlsur Ammoniak en Jord kan tilføres, før dens Reaktionstal skal antage Værdien 4.8. Ved Beregningen gik han ud fra, at Ammoniumsulfatet iltes fuldstændigt i Jorden til Salpetersyre og Svovlsyre, og fandt, at der kunde tilføres ca. dobbelt saa meget Ammoniumsulfat som beregnet ud fra en Syretitrationskurve, inden Reaktionstallet var faldet til 4.8.

Nogle af de omtalte Forsøg viser, at man i Løbet af en forholdsvis kort Aarrække kan formindske Jordens Produktionsevne meget stærkt ved Gødsning med svovlsur Ammoniak. Ved Forsøget i New Jersey var Virkningen efter 15 Aars Forløb meget fremtrædende. Planteproduktionen paa de ammoniakgødede Parceller var da kun ca. $\frac{1}{5}$ af Produktionen paa de salpetergødede Parceller. Ved det hollandske Forsøg ved Spitsbergen høstedes efter 9 Aars Forløb følgende Afgrøder (Sukkerroer): Svovlsur Ammoniak: 2450 kg pr. ha, Chilesalpeter: 31400 kg pr. ha.

Endnu hurtigere er Virkningen kommet frem ved et andet Forsøg, som er anlagt af *J. Hudig* i Groningen i 1921 (17). Forsøgsarealet er kalktrængende Humussandjord med 9 pCt. Humus og Reaktionstal omkring 4.7. I 1926 opnaaedes følgende Afgrøder (Sukkerroer) udtrykt i kg pr. ha: Svovlsur Ammoniak: 3300, Chilesalpeter: 19600, Svovlsur Ammoniak + Mergel: 34200.

Ved Forsøget med forskellige Kvælstofgødninger i Askov er der efter 6 Aars Forløb endnu ikke iagttaget nogen direkte Skadevirkning af svovlsur Ammoniak, men at en saadan før eller senere vil vise sig, kan der ikke være Tvivl om. Naar den ikke endnu er traadt tydeligt frem, beror det sikkert paa, at Jorden har været omtrent neutral ved Forsøgets Paa-begyndelse, og at der er anvendt mindre Kvælstofmængder end i de hollandske og de amerikanske Forsøg.

Under særlig uheldige Omstændigheder kan Skadevirkningen vise sig allerede i det første Aar. Hvor man gøder kraftigt paa lette, kalktrængende Jorder med svovlsur Ammoniak, vil Betingelserne herfor være til Stede, og man har fra

Holland adskillige Iagttagelser af den Art. I Beretningen om Planteavlsarbejdet i Jylland fra 1928 omtales et Forsøg, som viser det samme (12).

Saadanne Tilfælde vil næppe forekomme hyppigt under vore Forhold i Almindelighed. I Tilknytning til Forsøg med forskellige Kvælstofgødninger, som er udførte under Ledelse af de provinsielle Planteavlsudvalg, blev der i Aaret 1926 foretaget en Række Laboratorieundersøgelser (13) til Belysning af Gødningens Indflydelse paa Jordreaktionen. Det viste sig da, at denne ikke var undergaaet nogen sikker paaviselig Ændring i Løbet af en Vækstperiode, og der er da heller ikke i disse etaarige Forsøg konstateret udprægede Skadevirkninger af svovlsur Ammoniak.

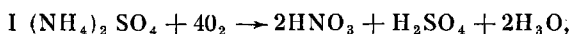
En saadan kan, som allerede nævnt, indtræde under visse Omstændigheder, og dette bør man være opmærksom paa ved Valg af Kvælstofgødning, navnlig hvor man har at gøre med lette Jorder, som er sure eller staar paa Overgangen til Kalktrang.

Endnu et Spørgsmaal er vigtigt for Praksis, særlig naar man vil forsøge at skønne over Værdiforholdet mellem Ammoniak- og Salpetergødninger. Dette er følgende: Hvor megen kulsur Kalk vil der kræves for at ophæve den Forskel i Reaktionstilstanden, som fremkommer, naar to Omraader af samme Jord gødes med en bestemt Mængde Kvælstof, henholdsvis i Form af Salpeter og i Form af svovlsur Ammoniak?

Besvarelsen kan søges foretaget ad to forskellige Veje, 1) Ved Beregning paa Grundlag af de anvendte Gødningsmængder og de Omsætninger, der foregaar i Jorden efter Gødningstilførselen, og 2) Eksperimentelt ved Bestemmelse af den Ændring i Jordens Reaktionstilstand, som er fremkommet ved Anvendelse af en vis Mængde Gødning.

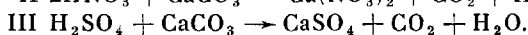
Den første Fremgangsmaade vil være behæftet med en betydelig Usikkerhed. De Omsætninger i Jorden, som foregaar efter Anvendelsen af de forskellige Gødningers Absorption, Baseudveksling, Nitrifikation m. m., og som hver for sig influerer paa Reaktionstilstanden, er endnu kun ufuldstændig kendte, og de Resultater, man kommer til ad Beregningens Vej, bør derfor ikke tillægges for megen Vægt.

Som Eksempel paa, hvorledes en saadan Beregning kan gennemføres, vil vi betragte en Jord, som gødes med svovlsur Ammoniak, og som indeholder et Overskud af kulsur Kalk. Den tilførte Gødning iltes i Jorden ved Bakteriens Indvirkning efter følgende Skema:



idet der af et Molekyle svovlsur Ammoniak dannes to Molekyler Salpetersyre og et Molekyle Svovlsyre.

De dannede Syrer reagerer med Kalken efter følgende Skemaer:



Det fremgaar heraf ved Beregning, at 100 kg svovlsur Ammoniak binder 151 kg kulsur Kalk, hvorved der dannes 124 kg Kalksalpeter, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, og 120 kg Gips, CaSO_4 .

Gødes en anden Del af Jorden med den samme Mængde Kvælstof i Form af Kalksalpeter, er Forskellen i de to Jorders Reaktionstilstand udtrykt ved 151 kg kulsur Kalk, som er forsvundet i den ammoniakgødgede Jord (Gipsen kan der i den Henseende ses bort fra, idet den reagerer neutralt og ikke udøver nogen kendelig Virkning paa Reaktionen).

Saalænge Kalkoverskuddet i Jorden opretholdes, skulde det altsaa være muligt at udligne Forskellen i Kalktilstanden mellem den salpetergødgede og den ammoniakgødgede Jord ved at tilføre den sidste ca. 150 kg kulsur Kalk pr. 100 kg anvendt svovlsur Ammoniak.

Skemaerne I, II og III giver ikke et fuldstændigt Udtryk for de Omsætninger, der foregaar i Jorden. De viser kun i grove Træk Slutningsresultatet, saaledes som man under de givne Forhold maa vente, det vil blive. Ved Jorder, som ikke indeholder kulsur Kalk i Overskud, vil Reaktionen mellem de Syrer, der dannes ved Nitrifikationen, og Jorden forløbe væsentlig anderledes. Omsætningen kan i saadanne Tilfælde ikke gengives ved simple Udtryk.

Beregninger af lignende Art kan foretages for at finde Udtryk for den reaktionsændrende Virkning, Salpetergødningerne udøver, naar de gives alene, hvis man forudsætter, at Planterne optager Syrebestanddelen af Saltet, medens Basen bliver tilbage i Jorden. Denne Forudsætning kan næppe siges at være berettiget, idet de nærmere Forhold ved Planternes Næringsstoffoptagelse i den Henseende endnu er ufuldstændig bekendt. Beregningen skal derfor ikke gennemføres her.

Bedre end ved Beregning faar man et Udtryk for Reaktionsændringen ved kemisk Undersøgelse af den Jord, hvorpaa Gødningerne har været anvendte. Bestemmer man i Laboratoriet den Ændring, som Jordens Evne til at optage Kalk undergaar som Følge af de forskellige Gødningsbehandlinger, faar man et kvantitativt Udtryk for disses Virkning.

Saadanne Bestemmelser giver vel ikke udtømmende Oplysninger om de Reaktioner, som finder Sted i Jorden efter Gødningernes Anvendelse, men de er i Stand til at give tilnærmede Udtryk for de Kalkmængder, som vil medgaa til at udligne den Reaktionsændring, som fremkommer ved Anvendelsen af en vis Mængde Kvælstofgødning.

Som nævnt under Omtalen af de amerikanske Forsøg, har man der bestemt »Kalktrangen« i nogle af Jorderne fra Forsøgsparcerne. De Metoder, der har været anvendte (*Veitch* og *Jones*), er imidlertid ikke udarbejdede paa Grundlag af Markforsøg, og de Mængder Kalk, som anføres, vil næppe være tilstrækkelige i Praksis.

Som det er vist ved Statens Planteavls-Laboratorium (14), kan man ud fra en Kalktitrationskurve beregne med god Tilnærmelse, hvor store Kalkmængder man maa tilføre en Jord i Marken for at hidføre en vis Ændring i dens Reaktionstal. (Disse Mængder er ca. 3 Gange saa store som dem, man kommer til ved direkte Omregning fra Kurven. Angaaende dette Forhold og selve Fremgangsmaaden skal der henvises til den paagældende Beretning).

Under Omtalen af de danske og det hollandske Gødningsforsøg Side 404 og følg. er saadanne Kurver anførte. Fra disse Kurver er beregnet »Kalkbehovet« til p_H 7.0, d. v. s. den Mængde Kalk, man maa tilføre i Marken for at ændre Reaktionstallet til 7.0. Tallene, som angiver disse Mængder, er anførte i Tabel 8.

Kalkbehovet er mindst i de salpetergødede Parceller og størst i de ammoniakgødede. Forskellen mellem »Ugødet« og »Salpeter« er kun ringe, medens den er meget fremtrædende mellem »Ammoniak« og »Salpeter«.

I Mark 6 i Askovforsøget beløber Forskellen sig til 7 Tons $CaCO_3$ pr. ha, medens den i Mark 2 kun er 5.8 Tons pr. ha. I Mark 6 er der i Forsøgsperioden tilført i alt 400 kg rent Kvælstof pr. ha, svarende til 2000 kg svovlsur Ammoniak, medens der i Mark 2 er tilført 300 kg Kvælstof, svarende til

1500 kg svovlsur Ammoniak pr. ha. Forholdet mellem Differensen i Kalkbehovet og den tilførte Gødningsmængde er henholdsvis $\frac{7.0}{2.0} = 3.50$ og $\frac{5.8}{1.5} = 3.94$ i de to Forsøg.

Tabel 8. »Kalkbehov«
i Jorder fra fastliggende Gødningsforsøg.

Forsøg	Kalkbehov, Tons CaCO_3 pr. ha		
	Ugødet	Salpeter	Ammoniak
Askov, Mark 6	2.9	2.3	9.3
» » 2	5.2	2.9	8.7
Spitsbergen, Holland	—	12.5	27.3
Plantepatologisk Forsøg	3.5	1.7	—

I det hollandske Forsøg er Forskellen i Kalkbehov 14.8 pr. Tons pr. ha. Den tilførte Kvælstofmængde svarer til ca. 4.8 Tons svovlsur Ammoniak pr. ha. Forholdet er her $\frac{14.8}{4.8} = 3.1$.

Vi ser saaledes, ifølge disse Forsøg, at man maa tilføre 3—400 kg kulsur Kalk pr. 100 kg anvendt svovlsur Ammoniak for at ophæve den Forskel i Kalkbehov, der fremkommer, naar to Omraader af samme Jord gødes med lige store Kvælstofmængder, henholdsvis som Salpeter og som svovlsur Ammoniak.

Disse Mængder er 2—3 Gange saa store som dem, der beregnes under Forudsætning af, at Ammoniakgødningen omdannes fuldstændig til Svovlsyre og Salpetersyre i Jorden. Aarsagen til dette Forhold skal ikke diskuteres i Enkeltheder. For en Del skyldes det sikkert, at den Syre, der dannes ved Nitrifikation, er let opløselig og derfor fordeles let og ensartet i det øverste Jordlag. Den Base (Gødningskalken), som skal anvendes til at neutralisere Syren, tilføres derimod Jorden i fast Form, som mere eller mindre grove Partikler. En Del af den kan forblive i Jorden i lang Tid i uopløst Tilstand og saaledes ikke straks komme til at udøve den reaktionsændrende Virkning, som det var forudsat ved Beregningen.

En anden Omstændighed, som kan være medvirkende til, at Kalkmængderne er større end beregnet, er den, at naar Jorden er blevet sur, hæmmes den normale Nedbrydning af Planteresterne, saaledes at der herved opstaar surt reagerende Stoffer, som ogsaa er i Stand til at binde Kalk.

Det omtalte »Erstatningstal« maa kun opfattes som et tilnærmet Udtryk, og det vil næppe have samme Værdi under alle Forhold. Man maa antage, at det især vil paavirkes af Reaktionstilstanden i den Jord, hvor Gødningerne bliver anvendt¹⁾.

Er Jorden saaledes stærkt sur, vil, som nævnt Side 408, en Del af den dannede Syre udvaskes i fri Tilstand eller som sure Salte, og denne Del kræver ingen Kalk til Neutralisation. Paa Jorder, hvor Kalkudpiningen ved Anvendelse af svovlsur Ammoniak er drevet meget vidt, vil derfor den Kalkmængde, som kræves til Udligning af den sure Reaktion, være relativt mindre end paa Jorder, som har været i Stand til at optage hele den dannede Syremængde. »Erstatningstallet« er i Overensstemmelse hermed mindst for Jorden i de hollandske Forsøg, hvor Reaktionen er stærkt sur (Reaktionstal 4.37), og hvor der er anvendt ca. 3 Gange saa meget Kvælstof som ved Askovforsøgene.

Under vore Forhold vil man dog næppe fortsætte med Anvendelsen af svovlsur Ammoniak, indtil Reaktionstallet er kommet ned paa denne Værdi, men tilføre Kalk forinden. Man bør derfor foreløbig regne med de foran omtalte 3—400 kg Kalk pr. 100 kg anvendt svovlsur Ammoniak som nødvendige for at udligne Forskellen i Kalkbehovet mellem ammoniak- og salpetergødet Jord, naar Jorden først er blevet sur som Følge af Gødskningen.

I en kalkrig Jord vil, i Henhold til Beregningen Side 413, 100 kg svovlsur Ammoniak kun forbruge 151 kg kulsur Kalk. Paa Jorder, hvor et højt Reaktionstal er ønskeligt, og hvor man gøder stærkt med svovlsur Ammoniak, synes det derfor

¹⁾ I en senere udkommen Beretning om Forsøgene i Rhode Island (15) meddeles det, at man ved successiv Kalktilførsel gennem Forsøgsperioden havde bragt Jorden i de ammoniak- og de salpetergødede Parceller til at antage samme Reaktionstal (ca. 6.0) i 1921.

I Perioden 1921—1927 tilførtes der Jorden i de ammoniakgødede Parceller Kalk i en Mængde, svarende til 5000 kg CaCO_3 pr. ha. I samme Tidsrum tilførtes 2000 kg CaCO_3 pr. ha i de salpetergødede Parceller, og Reaktionstallet var i April 1927 ens (6.2) i Jorden fra begge Forsøgsled.

I Perioden 1921—1927 var der tilført en Kvælstofmængde, svarende til 1500 kg svovlsur Ammoniak pr. ha. »Erstatningstallet« er altsaa i dette Tilfælde $\frac{(5000 \div 2000) \times 100}{1500} = 200$ kg kulsur Kalk pr. 100 kg anvendt svovlsur Ammoniak.

bedst at tilføre saa stor en Kalkmængde paa en Gang, at dette Tal naaes, og dernæst ved Tilførsel af mindre Mængder med relativt korte Mellemlum sørge for, at Jorden ikke bliver sur paany.

Oversigt.

Ved kemisk Undersøgelse af Jordprøver fra en Række fastliggende Gødningsforsøg kommer man til følgende:

Kali og Superfosfat fremkalder ikke, eller kun i meget ringe Grad, blivende Ændringer i en Jords Reaktionstilstand.

Thomasfosfat ændrer Jordreaktionen i alkalisk Retning.

De kunstige Kvælstofgødninger fremkalder meget hurtig blivende Ændringer i Jordens Reaktionstilstand. Kalksalpeter, Chilesalpeter og Kalkkvælstof ændrer Reaktionen i alkalisk Retning, medens svovlsur Ammoniak ændrer Reaktionen i sur Retning.

Det er næppe muligt alene ved Anvendelse af alkaliske Kunstgødninger at afhjælpe Kalktrangen paa sure Jorder. Derimod vil man sikkert ved hensigtsmæssig Gødskning kunne udskyde det Tidspunkt, hvor Kalkning bliver nødvendig.

Fortsat Gødskning med svovlsur Ammoniak vil i visse Tilfælde kunne komme til at virke skadeligt. Det Tidspunkt, hvor Skadevirkningen indtræder, vil være afhængig af Jordens Beskaffenhed og af den tilførte Gødningsmængde. Jo lavere Reaktionstallet er, jo lettere Jorden er, og jo mere Gødning, der anvendes, desto hurtigere vil Skadevirkningen vise sig, og Kalktilførsel blive nødvendig.

Paa lette Jorder bør svovlsur Ammoniak derfor anvendes med nogen Varsomhed og helst kun til Afgrøder, som vides at udnytte Kvælstof bedre i Form af Ammoniak end i Form af Salpeter. Er Jorden kalktrængende, bør Salpetergødninger foretrækkes.

Ifølge Beregning vil der kræves 150 kg kulsur Kalk til at udligne den Forskel i Reaktionstilstanden, som fremkommer, naar to Omraader af samme Jord gødes henholdsvis med 100 kg svovlsur Ammoniak og med samme Mængde Kvælstof i Form af Salpeter.

Ifølge Laboratorieundersøgelse af Jordprøver fra tre Forsøg maa man anvende 3—400 kg kulsur Kalk for at udligne Forskellen. De sidste Tal maa antages at komme de virkelige Forhold nærmest.

Litteraturhenvvisninger.

1. *E. M. Crowther*: Studies on soil reaction. IV. The soil reaction of continuously manured plots at Rothamsted and Woburn. The Journal of Agricultural Science. Vol. XV, Part II, 1925.
2. *J. G. Lipmann, A. W. Blair and L. Prince*: Field experiments on the availability of nitrogenous fertilizers 1918—1922. Soil Science. Vol. XIX 1925.
3. *P. S. Burgess*: The reaction of soils in the fields as influenced by the long continued use of fertilizer chemicals. Agricultural Experiment Station of the Rhode Island State College. Bull. 189, 1922.
4. *H. Kappen*: Untersuchungen zur Bodenaciditätsfrage durch Vegetationsversuche. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung. Abt. A IV, 1925.
5. *F. P. Veitch*: Comparison of methods for the estimation of soil acidity. The Journal of the American Chem. Society, Vol. 26, 1909.
6. *E. Bühlmann*: On the measurements of the hydrogen ion concentration in soil by means of the quinhydrone electrode. The Journal of Agricultural Science. Vol. XV, Part 2, 1925.
7. *Harald R. Christensen og S. Tovborg Jensen*: Undersøgelser vedrørende elektrometriske Metoder til Bestemmelse af Jordreaktionen. Tidsskrift for Planteavl, 29. Bd., 1923, S. 783—816.
8. *S. Tovborg Jensen*: Om Bestemmelse af Jordens Stødpudevirkning. Tidsskrift for Planteavl, 30. Bd., 1924, S. 565—585.
9. *Daikuhara*: Ueber Saure Mineralböden. The bull. of the Imp. central agricultural station Japan. Vol. II, No. 1, 1914.
10. *W. H. Pierre*: Buffer capacity of soils and its relation to the development of soil acidity from the use of ammonium sulfate. Journal of the American Society of Agronomy, 1927.
11. Het Verbouwen van Suikerbieten op zandgronden. Meddeling van het Bedrijfslaboratorium te Groningen. Groningen 1929.
12. 28. Beretning om Planteavlsarbejdet i Jylland ved *M. K. Kristensen*. Hads Herreds Landboforening ved Konsulent *J. Primdahl*. Side 245.
13. Beretning om Landboforeningernes Virksomhed for Planteavl paa Sjælland i 1926 ved *L. Rasmussen*, Side 290.
14. *S. Tovborg Jensen*: Undersøgelser over Kalciumkarbonats reaktionsændrende Virkning i Jordbunden. Tidsskrift for Planteavl, 31. Bind, 1925, S. 744—778.
15. *Burt L. Hartwell and S. C. Damon*: Relative lime needs of sulfate of ammonia and nitrate of soda and of different crops. Journal of the American Society of Agronomy 1927.

Summary.

Soil Reaction as Influenced by Continuous Use of Artificial Fertilizers.

In chemical investigations of soil samples drawn from a series of permanent fertilizer experiments the following facts were noted:

Potassium salts and *superphosphate* cause no; or only very slight permanent changes in soil reaction.

Thomas phosphate renders soil reaction more alkaline.

Artificial nitrogenous fertilizers quickly cause permanent changes in soil reaction.

Calcium nitrate, *nitrate of soda* and *calcium cyanimide* further alkaline reaction, whereas *ammonium sulphate* quickly brings about acid reaction.

The use of alkaline artificial fertilizers alone will hardly satisfy the lime requirement of acid soils. However by the application of suitable fertilizer mixtures it is possible to postpone the time when liming will be necessary.

Continuous use of ammonium sulphate as fertilizer is harmful in certain cases. The injurious effect of this fertilizer depends on the condition of the soil and the amount of fertilizer used. The lower the pH , the lighter the soil treated, and the more fertilizer used the quicker the injurious effects will appear and liming become necessary.

Under ordinary conditions a long time may elapse before the use of sulphate becomes detrimental to plant growth. On light soils however, this fertilizer should be applied with caution, and preferably not before a preliminary investigation of the soil has been made.

It is calculated that 150 kg calcium carbonate are required to eliminate the difference in reaction arising when two sections of the same soil are respectively fertilized with 100 kg ammonium sulphate and the same amounts of nitrogen in the form of salpeter.

Laboratory investigations of soil samples from 3 experiments have shown that 3—400 kg calcium carbonate must be applied to eliminate that difference. The latter figure may be assumed to be nearer to the actual conditions.
