

Undersøgelser over Kalciumkarbonats reaktionsændrende Virkning i Jordbunden.

Ved S. Tovborg Jensen.

192. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Det i nærværende Beretning omtalte Arbejde, der er udført paa Statens Planteavls-Laboratorium, danner en Fortsættelse af de paa dette Laboratorium gennem en længere Aarrække udførte Undersøgelser vedrørende Bestemmelse af Jordens Reaktionstilstand og Kalktrang.

Arbejdet er udført af Assistent, cand. polyt. *S. Tovborg Jensen* med Bistand af Frk. *E. Christensen*. Beretningen er udarbejdet af *S. Tovborg Jensen*.

Forsøgslederne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

De Metoder, som her i Landet anvendes til Bestemmelse af Jordens Kalktrang: Reaktionsbestemmelse kombineret med Brunsningsprøven og Azotobacterprøven samt i visse Tilfælde Hasenbäumerprøven, er af overvejende kvalitativ Natur. Metoderne (1)¹⁾, som er prøvede i Forbindelse med et stort Antal Markforsøg, fordelte over hele Landet, tager kun Sigte paa at besvare det Spørgsmaal, om en forelagt Jord er kalktrængende eller ikke; de oplyser derimod intet bestemt om, hvor store Mængder Kalk eller Mergel en kalktrængende Jord behøver at tilføres, for at Kalktrangen skal ophæves.

Denne Side af Kalktrangsproblemet er ikke ny. Man har forlængst prøvet at udarbejde Laboratoriemetoder til kvantitativ

¹⁾ Tallene i Parentes henviser til Litteraturfortegnelsen Side 776.

Bestemmelse af Jordens Kalktrang, og der findes adskillige saadanne beskrevne i Litteraturen. Principet i disse Metoder er altid under en eller anden Form en Bestemmelse af Jordens »Titreringsaciditet«, som udtrykkes talmæssigt ved den Basemængde, som en given Vægtmængde af en forelagt sur Jord kan neutralisere. Ud fra en saadan Bestemmelse beregnes saa, hvor store Mængder man maa anvende i Marken til Neutralisation af Jorden pr. Arealenhed i en vis — sædvanlig Pløjelagets — Dybde. Til Beregningens Gennemførelse kræves det kun, at man kender Jordens Rumvægt.

Der er ved disse Bestemmelser af Titreringsaciditeten anvendt forskellige Baser: Natriumhydroxyd, Kalkvand og Baryumhydroxyd o. a., ligesom selve Fremgangsmaaderne ved Udførelsen er ret forskellige.

Da der af *Harald R. Christensen* (2) i en tidligere Beretning fra Laboratoriet er givet ret indgaaende Meddelelser vedrørende de indtil 1916 foreslaaede eller anvendte Metoder til kvantitativ Undersøgelse af Jordens Reaktionstilstand, skal der her kun gives en kort Oversigt vedrørende Principperne i disse forskellige Metoder.

Tacke (3) bestemmer den Mængde Kuldioxyd, som frigøres, naar man slemmer Jorden op i Vand tilligemed et Overskud af Kalciumkarbonat. *Veitch* (4) bestemmer den Kalkmængde, en given Jordmængde neutraliserer ved Tilsætning af Kalkvand. Tilsætningen foretages under Opvarmning paa Vandbad og fortsættes til Fenoltaleinets Omslagspunkt.

Hutchinson og *Mac Lennan's* Metode (5) gaar ud paa at bestemme den Kalkmængde, som en bestemt Jordmængde binder ved Behandling med en Opløsning af Kalciumbikarbonat ved almindelig Temperatur, idet den resterende Mængde Kalciumbikarbonat i Opløsningen bestemmes ved Titration med Anvendelse af Metylorange som Indikator. *Albert* (6) har bestemt den Mængde Ammoniak, som en given Jordmængde binder, ved at destillere Jorden med en Blanding af Ammoniumklorid og Barytvand og bestemme den overdestillerede Ammoniakmængde ved Titration.

Ved en Del Metoder bestemmes den Basemængde, der kan neutraliseres af et Jordudtræk med visse Saltopløsninger. Saltopløsningerne kan være af forskellig Art. *Hopkins*, *Knox* og *Pettit* (7) har anvendt 5 pCt. Klornatriumopløsning og ved

Titrationen Fenolftalein som Indikator. *Daikuhara* (8) anvender 1 molær Kaliumkloridopløsning som Udtræksmiddel. Udtrækket titreres med Natriumhydroxyd til Fenolftaleinets Omslagspunkt, og af Titreringsresultatet beregnes »Totalaciditeten« ved Multiplikation med en bestemt Faktor, idet ikke blot det første, men ogsaa de efterfølgende Udtræk neutraliserer Base. *Baumann* og *Gully* (9) anvender som Udtræksmiddel 10 pCt. Kalciumacetat og titrerer Udtrækket med Natriumhydroxyd og med Fenolftalein som Indikator. *Heggenhougen* (10) har paa lignende Maade anvendt Natriumacetat og Kaliumklorid.

Det viser sig nu, at en saadan Bestemmelse af en Jords Titreringsaciditet ofte giver forskelligt Resultat ved Anvendelse af de forskellige Metoder. Ved en Række Undersøgelser paa Statens Planteavls-Laboratorium af *Harald R. Christensen* (2) er en Del af disse Metoder til Bestemmelse af Jordens Titreringsaciditet sammenlignede indbyrdes saaledes *Tacke* og *Süchtings* Kulsyre metode, *Daikuharas* Klorkalium metode og *Baumann* og *Gullys* Acetat metode. Paa Grundlag af disse Undersøgelser udtaler Forfatteren, at ingen af disse Metoder er i Stand til at give Oplysninger om Jordens Indhold af virkelig surt reagerende Stoffer, d. v. s. Stoffer, som i Opløsning foranlediger en Brintionkoncentration større end 10^{-7} , og ingen af dem er derfor blevet benyttet som Vejledning for Praxis angaaende de Kalkmængder, man i de enkelte Tilfælde bør anvende.

Paa Forhaand kan man ikke vente, at Titreringsaciditeten bestemt efter de forskellige Fremgangsmaader skal give samme Resultat for samme Jord, eller at der vil bestaa et vist Forhold mellem de fremkomne Resultater. Behandlingsmaaden er forskellig i de forskellige Tilfælde: man titrerer til det Punkt paa p_H -Skalaen, som Indikatorens Omslagspunkt angiver, og dette Punkt er forskelligt for forskellige Indikatorer. *Veitch's* Metode angiver f. Eks., hvor meget Kalkvand, der skal til sættes en Jord, for at Opslemningen efter Opvarmning skal reagere alkalisk over for Fenolftalein, p_H ca. 9, og *Hutchinson* og *Mac Lennan* bestemmer den Mængde Kalk, en vis Jordmængde skal optage, for at den ikke mere skal frigøre Kulsyre af en kulsyreholdig Kalciumbikarbonatopløsning, medens endelig *Tacke* bestemmer, hvor meget Kalk en Jord kan optage,

før end den sure Reaktion bliver saa svag, at der ikke mere frigøres Kulsyre af Kalciumkarbonat.

Man faar ikke ved Anvendelse af nogen af disse Metoder Besked om Reaktionens Forløb under Basetilsætningen, saa man kan bestemme, hvilke Basemængder der kræves til en vilkaarlig Reaktionsændring, hvad der formentlig i mange Tilfælde vil være af stor Interesse.

Bjerrum og Gjaldbæk (11) paapeger i deres grundlæggende Arbejde over Kalciumkarbonatets Reaktion disse Forhold. Og de anviser den elektrometriske Titrering som en Metode, der er bedre egnet til Undersøgelser af denne Art, idet de foreslaar at anvende Titreringskurver, optagne under passende Forhold, til en mere fuldstændig Karakterisering af en Jords sure og basiske Egenskaber.

En Jords Titreringskurve er en Kurve, der viser, hvorledes Brintionkoncentrationen i Opslemninger af bestemte Jordmængder varierer ved Tilsætning af forskellige Mængder Syre og Base, og det er klart, at man af en saadan Kurve faar en langt bedre Oversigt over en Jords Syre- og Basebindingsevne end ved nogen af de foran omtalte Fremgangsmaader.

Saadanne Kurver er da ogsaa af flere Forfattere (12 og 14) anvendte til en kvantitativ Bestemmelse af Jordens Kalktrang, idet man i Laboratoriet har bestemt den Mængde Base — NaOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$ eller $\text{Ca}(\text{OH})_2$ —, en given Jordmængde maa tilføres, for at den i Opslemning skal antage et bestemt Reaktionstal, og der ud fra beregnet den tilsvarende Mængde CaCO_3 pr. ha i Pløjelagets Dybde.

Ved denne Fremgangsmaade er det dog ikke givet, at man faar et Udtryk for Jordens Kalktrang. Selve Bestemmelsen giver kun Udtryk for den Mængde Base, man ved Laboratorieforsøg maa tilføre en bestemt Jordmængde for at ændre Reaktionstallet med en vis Størrelse, og man kan ikke paa Forhaand afgøre sikkert, hvilket Reaktionstal man bør tilstræbe at opnaa ved Afhjælpning af Kalktrangen. Dernæst er det ikke givet, at ækvivalente Basemængders Indvirkning paa samme Mængder Jord er uafhængig af Basens Art, hvad man forudsætter, naar man ud fra en Titrering med NaOH eller $\text{Ba}(\text{OH})_2$ vil beregne Kalktrangen kvantitativt. Endelig ved

man ikke, om en og samme Kalkmængde udøver samme reaktionsændrende Virkning paa samme Vægtmængde Jord, enten den tilføres i Laboratoriet i opløst Tilstand som $\text{Ca}(\text{OH})_2$ eller i Marken som mere eller mindre fint pulveriseret Kalksten eller Mergel. Hvis dette ikke er Tilfældet, er den direkte Omregning fra Laboratorieforsøg til Praksis ikke berettiget.

Ved Optagelse af Titreringskurver maa man desuden, hvad de fleste synes at have overset, være opmærksom paa den reaktionsændrende Virkning, der af Atmosfærens Kulsyre udøves paa Jordopslemninger, som er tilsat Overskud af Baser. I en tidligere Beretning (15) fra Statens Planteavls-Laboratorium er der gjort Rede for dette Forhold, ligesom der er angivet en Metode til Optagelse af Jordens Titreringskurve, idet der som Base er anvendt Kalciumhydroxyd, af hvilket det eventuelle Overskud efter stedfunden Omsætning med Jorden overføres i Kalciumkarbonat i Ligevægt med Luftens Kulsyretryk.

Af det foregaaende vil man forstaa, at det ikke er muligt ved Hjælp af den elektrometriske Titration at bestemme en Jords Kalktræng direkte. Derimod er det muligt, at man ad den Vej vil kunne bestemme, hvor store Mængder Kalk man i Marken maa tilføre en Jord, for at dens Reaktionsstal skal ændres med en given Størrelse. Men det er ikke sandsynligt, at man ved en saadan Bestemmelse uden videre kan omregne de fundne Værdier fra Laboratoriet til Marken, da Kalkindvirkningen i Marken og Laboratorieforsøget foregaar under vidt forskellige Forhold.

Men selv om den Slags Bestemmelser ikke giver direkte og absolutte Udtryk for en Jords Kalktræng, maa de dog i mange Tilfælde antages at være af Værdi for Praksis, og det maa derfor anses for betydningsfuldt at finde en nogenlunde let og paalidelig Laboratoriemetode til Udførelse af saadanne Bestemmelser. I nærværende Arbejde er dette forsøgt.

Som Grundlag for Udarbejdelse af en saadan Metode er benyttet en Række Forsøg i Marken med Anvendelse af stigende Kalkmængder. Gennem disse Forsøg bliver der Mulighed for at gennemføre en Sammenligning mellem bestemte Kalkmængders reaktionsændrende Virkning, naar de tilføres Jorden henholdsvis i Laboratoriet i opløst Tilstand og i Marken i fast Form som kulsur Kalk.

En saadan Sammenligning er søgt gennemført ud fra følgende Princip: Bestemmer man Reaktionsstallene i Jordprøver

fra Forsøgenes forskellige Parcelgrupper og opfører Resultaterne grafisk saaledes, at Reaktionstillene afsættes som Ordinatorer og den i Marken tilførte Kalkmængde i kg pr. ha som Abscisser, faar man en Kurve, som viser, hvorledes en Jords Reaktionstal ændrer sig ved Tilførsel af Kalk i Marken. Behandler man nu i Laboratoriet bestemte Vægtmængder Jord fra den ukalkede Parcel med stigende Mængder Kalkvand af kendt Styrke, som efter Tilsætningen omdannes til Kalciumkarbonat i Ligevægt med Luftens Kulsyrespænding, og bestemmer man derefter Reaktionstillene i de forskellige Portioner, faar man paa tilsvarende Maade Oversigt over, hvorledes Jordens Reaktionstal ændres ved Tilsætning af Kalk i Laboratoriet. Ved at omregne cm^3 Kalkvand pr. Vægtenhed Jord til kg Kalk pr. ha, kan man opføre Resultaterne af Laboratorieundersøgelserne grafisk i samme Diagram som Resultaterne af Markundersøgelsen. Man faar da for den paagældende Jord to Kurver, een, som viser, hvorledes Jordens Reaktionstal ændres ved Behandling med stigende Mængder kulsur Kalk i Marken, og een, som viser, hvorledes det ændres ved Tilsætning af stigende Mængder i Laboratoriet.

Teoretisk set vilde der ikke være noget i Vejen for at gennemføre lignende Undersøgelser med andre Baser end Ca(OH)_2 . Naar Markforsøgene benyttes som Grundlag¹⁾ for Udarbejdelse af Laboratoriemetoden, kræves der blot af denne, at dens Resultater maa kunne reproduceres, og at den er nogenlunde let at gennemføre, for at den skal være tilfredsstillende.

Naar der her er anvendt Basen Kalkvand, er det for at komme de naturlige Forhold saa nær som muligt. Endnu nærmere vilde man komme disse ved, som foreslaet af *P. Christensen* (16), direkte at iblande Jorden Kalciumkarbonat eller ved at anvende en Opløsning af Kalciumbikarbonat. En direkte Iblanding af Kalciumkarbonat i fast Form vil dog være vanskelig at gennemføre af Hensyn til Fordelingen af de smaa Mængder (fra 0.1 til 1 pCt. af Jordvægten), som her er Tale om. Det blev forsøgt at anvende Opløsninger af Kalciumbikarbonat. Saadanne Opløsninger er imidlertid i flere Henseender vanskeligere at arbejde med end Kalciumhydroxyd, og da de foreløbige Undersøgelser viste, at Anvendelse af Ca(OH)_2 paa den foran beskrevne Maade giver let reproducerbare Resultater, som falder

¹⁾ I et nylig udkommet Arbejde af *Crowther* (17) fra Forsøgsstationen i Rothamsted, England, udtales ligeledes, at Laboratoriemetoder, som skal tjene til en kvantitativ Bestemmelse af Jordens Kalktrang, maa udarbejdes med omhyggeligt udførte Markforsøg som Standard.

tilnærmelsesvis sammen med dem, man faar ved Anvendelse af Kalciumbikarbonat, blev Kalciumhydroxyd foretrukket.

Som foran berørt, kan man ikke vente, at Virkningen af samme Kalkmængde i begge Tilfælde skal vise sig at være ens, eller udtrykt grafisk, at de to Kurver falder sammen; men hvis det kan vises eksperimentelt ved Hjælp af saadanne Kurver, at der bestaar et nogenlunde bestemt Forhold mellem de Kalkmængder, der ved Laboratorieforsøg og ved Markforsøg udøver samme reaktionsændrende Virkning paa samme Vægtmængde Jord, vil man ud fra en Laboratorieundersøgelse kunne beregne, hvor store Mængder Kalk man skal tilføre en Jord i Praksis, for at dens Reaktionstal skal antage en bestemt Værdi, f. Eks. 7.0.

De i det følgende refererede Undersøgelser er udførte i følgende Omfang. Ved Jordprøver fra 8 Markforsøg med forskellige Kalkmængder blev der optaget Titreringskurver af Prøver fra de enkelte Parcelgrupper, og der blev foretaget en grafisk Sammenligning af Forholdet mellem de Kalkmængder, som udøver samme reaktionsændrende Virkning paa tilsvarende Jordmængder i Marken og i Laboratoriet. Forholdet mellem disse Mængder blev beregnet som Gennemsnit af de 8 Forsøg i Reaktionsintervallet fra $p_H = 6.8$ til $p_H = 7.4$.

Ved Jordprøver fra 3 Markforsøg med kun een Mængde Kalk blev en tilsvarende Undersøgelse gennemført.

Endvidere blev det med en Serie Jorder, hidrørende fra et fastliggende Gødningsforsøg, forsøgt med hvor stor Sikkerhed, man ud fra det fundne Forhold og en Laboratorieundersøgelse kan beregne Ændringen i en Jords Reaktionstal, naar Jorden tilføres en bestemt Mængde Kalk. Endelig blev der optaget Titreringskurver af 115 forskellige sure Jorder for at faa et Skøn over, hvor store Kalkmængder man i Almindelighed maa anvende for at bringe saadanne Jorders Reaktionstal op til 7.0, samt hvor meget disse Mængder gennemgaaende varierer. Denne Serie Undersøgelser blev i de Tilfælde, hvor der fandtes tilstrækkelige Mængder af de forelagte Prøver, kombineret med en Aciditetsbestemmelse i Klorkaliumekstrakt og Beregning af Kalkmængden efter *Daikuharas* Metode.

Vedrørende Fremgangsmaaden ved Laboratorieundersøgelserne skal meddeles: Jordprøverne, der er udtagne som Gennemsnitsprøver af alle Fællesparcellerne, blev efter Ankomsten

til Laboratoriet lufttørrede og sigtede gennem en $1\frac{1}{2}$ mm Sigte. De saaledes behandlede Prøver blev opbevarede i Blikdaaser, og Reaktionsundersøgelserne blev foretagne saa hurtigt som muligt efter Prøvernes Ankomst¹⁾. Herved bestemtes først Reaktionstallene i vandige Opslemninger af Jordprøver fra alle Parcelgrupper i Forsøget. 10 g Jord tilsattes 100 cm³ kulsyre-frit destilleret Vand, og efter et Døgns Henstand maalttes Reaktionstallet i Opslemningerne elektrometrisk ved Anvendelse af *Biilmanns* Kinhydronelektrode (18) saaledes, som det er beskrevet i tidligere Beretninger fra Statens Planteavls-Laboratorium (19). Dernæst afvejedes 6 Jordportioner à 10 g af Jordprøven fra de ukalkede Parceller, og der tilsattes de 5 Jordportioner henholdsvis 3, 6, 12, 18 og 30 cm³ n/30 Kalkvand, som i en Maalekolbe fortyndedes med kulsyrefrit destilleret Vand til 100 cm³. Efter et Døgns Henstand bragtes Opslemningerne i Kulsyreligevægt med den atmosfæriske Luft ved Gennemledning af Kulsyre og paafølgende Udluftning, saaledes som tidligere beskrevet, og derpaa bestemtes Reaktionstallet elektrometrisk i de enkelte Opslemninger.

Resultaterne af Reaktionsmaalingerne i Jordprøver fra Kalkforsøgene opførtes grafisk i et Diagram. Derved fremkom for hvert Kalkforsøg to Kurver, hvoraf den ene viser, hvorledes Jordens Reaktionstal ændres ved Tilsætning af Kalk i Marken, og den anden, hvorledes Reaktionen ændres ved Tilsætning af tilsvarende Kalkmængder i Laboratoriet. Ved Sammenligningen af de to Kurver maatte det beregnes, hvor mange kg kulsur Kalk pr. ha 1 cm³ n/30 Kalkvand pr. 10 g Jord svarer til. Denne Beregning blev foretaget paa Grundlag af en Rumvægtsbestemmelse og ud fra den Antagelse, at Kalken, som er tilført Jorden i Marken, ved Bearbejdningen er blevet jævnt fordelt i ca. 20 cm Dybde. Rumvægtsbestemmelsen blev foretaget paa den Maade, at et stort Bægerglas, hvis Rumfang var nøjagtigt udmaalt, fyldtes med den lufttørre og sigtede Jord ved at hælde denne forsigtigt ned i Glasset, afstryge dette til Randen og bagefter veje. En Beregning af Jordvægten paa denne Maade kan

¹⁾ Det synes efter senere Undersøgelser at dømme, som om en langvarig Opbevaring af Jordprøverne i lufttør Tilstand kan ændre Stødpudevirkningen saaledes, at Basebindingeevnen formindskes. Spørgsmaalet, der er ret vigtigt, hvis lignende Undersøgelser skal foretages med praktiske Formaal for Øje, vil blive gjort til Genstand for en særlig Undersøgelse.

naturligvis ikke blive særlig nøjagtig. Ved flere paa hinanden følgende Rumvægtsbestemmelser af samme Jordprøve afveg Resultaterne dog i intet Tilfælde mere end 1.5 pCt. fra hinanden, og Usikkerheden paa det Tal, som angiver, hvor mange kg Kalk pr. ha 1 cm³ n/30 Kalkvand pr. 10 g Jord svarer til, maa da antages at være af denne Størrelsesorden. Ved en Jordvægt af 2400000 kg pr. ha i 20 cm Dybde svarer 1 cm³ n/30 Kalkvand pr. 10 g Jord til 400 kg CaCO₃ pr. ha.

Som nævnt, foretoges Kalktilsætningen i Laboratoriet paa den Maade, at Jorden afvejedes i Portioner paa hver 10 g, som blev tilsat de forskellige Mængder Kalkvand i samme Vædskerumfang, 100 cm³, saaledes at Forholdet Jord/Vædske var som 1 til 10. For at se, om dette Forhold paavirker den reaktionsændrende Virkning i Laboratoriet af samme Mængde Kalkvand pr. Vægtenhed Jord, blev der foretaget følgende Forsøg: Der udvalgte tre surt reagerende Jorder af forskellig Beskaffenhed. Disse Jorder blev i Laboratoriet behandlede med stigende Mængder Kalkvand efter den foran beskrevne Fremgangsmaade dels med Anvendelse af 10 g Jord i 100 cm³ Vædske og dels med Anvendelse af 20 g Jord pr. 100 cm³ Vædske. Resultatet af Reaktionsmaalingerne er anført i Tabel 1.

Tabel 1. Undersøgelse over Betydningen af Forholdet mellem Jord og Vædske ved Bestemmelse af Kalkens reaktionsændrende Virkning i Laboratoriet.

Prøvens Beskaffenhed	Reaktionstal i Jord- opslemninger ved Tilsæt- ning af cm ³ n/30 Kalk- vand pr. 10 g Jord i 100 cm ³ Vædske						Reaktionstal ved Tilsætning af cm ³ n/30 Kalkvand pr. 20 g Jord i 100 cm ³ Vædske					
	0	3	6	12	18	30	0	6	12	24	36	60
Let, ret muldrig Sandj.	4.90	5.82	6.08	6.90	7.62	8.10	4.84	5.54	6.00	6.84	7.50	8.18
Meget let, lys Sandjord	4.64	6.50	7.38	7.90	8.22	8.30	4.58	6.34	7.40	7.86	8.28	8.38
Svær Lerjord	5.32	5.70	6.10	6.80	7.42	7.86	5.28	5.68	6.02	6.74	7.38	7.73

Det fremgaar af Tabellen, at i disse Tilfælde er den reaktionsændrende Virkning, som en vis Basemængde udøver pr. Vægtenhed Jord, ret uafhængig af dette Forhold. Man faar overalt meget nær samme Reaktionstal ved Anvendelse af dobbelt saa meget Kalkvand til 20 g Jord som til 10 g Jord.

Ved alle Undersøgelser blev der da anvendt 10 g Jord til 100 cm³ Vædske. I Prøverne fra Kalkforsøgene med stigende Kalkmængder blev der foretaget 2 Rækker Bestemmelser med et Par Dages Mellemrum, og Resultaterne, der altid stemte godt overens, blev beregnede som Gennemsnit af de 2 Rækker Bestemmelser.

Resultatet af de Undersøgelser, som omfattede Prøver fra de 8 Markforsøg med stigende Kalkmængder, er anført i Tabel 2, og paa Grundlag af Tallene i denne Tabel er Diagrammerne i Figurerne 1—8 konstruerede. I Diagrammerne er de to Kurver mærkede »Markkurve« og »Laboratoriekurve« alt efter som de repræsenterer Kalktilsætningen det ene eller det andet Sted.

Man ser af Diagrammerne, at den Kurve, som angiver Reaktionstallets Ændring ved Tilsætning af Kalk i Laboratoriet, i alle Tilfælde har et stejlere Forløb end Kurven, som viser Reaktionstallets Ændring ved Kalktilsætning i Marken. Dette betyder, at samme Kalkmængde udøver en større reaktionsændrende Virkning paa samme Vægtmængde Jord, naar Kalken tilføres i Laboratoriet i opløst Tilstand, end naar den tilføres Marken i fast Form som Gødningskalk. Dette maatte man ogsaa vente paa Forhaand, bl. a. fordi Kalken i Laboratoriet tilføres Jorden i opløst Tilstand og derved bringes i den intimest mulige Berøring med hele den afvejede Jordmængde, hvorimod Kalken i Marken for en større eller mindre Del tilføres som ret grove Korn, der mere eller mindre fuldstændig bliver blandet med Jorden ved Bearbejdning med Markredskaberne. Det er dog meget muligt, at denne Forskellighed i Kalkens Virkning ogsaa skyldes flere andre Aarsager.

Paa Kurverne kan man aflæse direkte, hvilke Mængder Kalk, den paagældende Jord ifølge Markforsøg og ifølge Laboratorieforsøg maa tilføres pr. ha, for at den skal antage et givet Reaktionstal i det Reaktionsomraade, Kurverne spænder over.

I Tabel 3 er opført Reaktionstallene i Forsøgenes ukalkede Parceller og de Kalkmængder, man ifølge Markforsøg og ifølge Laboratorieforsøg maa tilføre Jorden for at opnaa Reaktionstallene 6.8, 7.0, 7.2 og 7.4. Den grafiske Udmaaling af disse Mængder er foretaget paa Kurver, konstruerede paa Millimeterpapir, saaledes at 1 mm svarer til 100 kg Kalk pr. ha

Tabel 2. Reaktionsbestemmelser i Opslemninger i Marken og

Prøvens Betegnelse	Jordens Beskaffenhed	Jordvægt pr. ha i 20 cm Dybde, kg	1 cm ³ n/30 Kalkvand pr. 10 g Jord svarer til kg CaCO ₃ pr. ha	Reaktionstal i Jordopslemninger ved Tilsætning af cm ³ n/30 Kalkvand pr. 10 g Jord i Laboratoriet											
				0		3		6		12		18		30	
				Enkeltest.	Middel	Enkeltest.	Middel	Enkeltest.	Middel	Enkeltest.	Middel	Enkeltest.	Middel	Enkeltest.	Middel
Kalkforsøg, Tylstrup.	Let Sandj.	2110000	352	5.26		5.80		6.18		6.80		7.30		7.80	
				5.32	5.29	5.84	5.82	6.18	6.18	6.80	6.80	7.34	7.34	7.84	7.82
Kalkforsøg, Lundgaard.	Meget let Sandj.	2530000	422	5.27		6.10		6.40		7.30		7.66		8.10	
				5.28	5.28	6.04	6.07	6.42	6.41	7.28	7.29	7.58	7.62	8.10	8.10
Kalkforsøg, Borris.	Let Lerjord	2110000	352	6.28		6.81		7.22		7.56		7.88		8.14	
				6.32	6.30	6.94	6.88	7.28	7.26	7.56	7.56	7.83	7.86	8.12	8.13
Kalkforsøg, Chr. Peder- sen, Robstrup.	Let, ret muldrig Sandj.	2380000	397	6.10		6.74		7.10		7.48		7.80		8.18	
				6.10	6.10	6.78	6.76	7.12	7.11	7.52	7.50	7.78	7.79	8.20	8.19
Kalkforsøg, R. Dohn, Robstrup.	Let, ret muldrig Sandj.	2340000	390	6.76		7.20		7.42		7.75		7.90		8.14	
				6.68	6.72	7.12	7.16	7.46	7.44	7.78	7.77	7.80	7.85	8.20	8.17
Kalkforsøg, N. Bilde, Voldby.	Let, ret muldrig Sandj.	2420000	403	6.28		7.08		7.39		7.70		7.90		8.18	
				6.34	6.31	7.04	7.06	7.34	7.36	7.70	7.70	7.92	7.91	8.24	8.21
Kalkforsøg, Pederstrup, Horslunde.	Ret svær Lerjord	2500000	417	6.74		7.28		7.36		7.72		7.94		8.24	
				6.70	6.72	7.23	7.26	7.43	7.40	7.72	7.72	7.96	7.95	8.20	8.22
Kalkforsøg, H. Krab, Højvang pr. Lilballe.	Lerjord	2500000	417	6.58		6.98		7.32		7.66		8.00		8.18	
				6.48	6.53	7.04	7.01	7.38	7.36	7.72	7.69	8.02	8.01	8.20	8.19

og 0.02 p_H-Enheder. Endelig er Forholdet mellem disse Mængder beregnede og anførte under Betegnelsen Kalkens »Virkningsfaktor« ved de forskellige Reaktionstal. Ved Kalkens »Virkningsfaktor« for et givet Reaktionstal forstås da Forholdet mellem de Kalkmængder, en given Jordmængde ifølge Markforsøg og ifølge Laboratorieforsøg maa tilføres for at antage det paagældende Reaktionstal.

Det fremgaar af Tabel 3, at Virkningsfaktoren i disse Tilfælde omtrent har Værdien 3 i Reaktionsomraadet fra p_H = 6.3 til p_H = 7.4. Ved Kalkforsøget fra Lundgaard (der

af Jordprøver, tilsatte forskellige Kalkmængder
i Laboratoriet.

Reaktionstal i Jordopslemninger fra Parcellerne, tilsat forskellige
Kalkmængder i Marken, kg pr. ha

2000		4000		5000		6000		8000		10000		12000		15000		16000		20000		32000	
Enkeltest.	Middel	Enkeltest.	Middel	Enkeltest.	Middel	Enkeltest.	Middel	Enkeltest.	Middel	Enkeltest.	Middel	Enkeltest.	Middel	Enkeltest.	Middel	Enkeltest.	Middel	Enkeltest.	Middel	Enkeltest.	Middel
$\frac{5.70}{5.76}$	$\frac{5.73}{6.00}$	$\frac{6.00}{6.00}$				$\frac{6.46}{6.40}$	6.43							$\frac{7.28}{7.18}$	7.23			$\frac{7.52}{7.52}$			7.52
$\frac{5.68}{5.66}$	$\frac{5.87}{6.21}$	$\frac{6.18}{6.23}$				$\frac{6.84}{6.71}$	6.78					$\frac{7.40}{7.34}$	7.37					$\frac{7.85}{7.96}$			7.91
$\frac{6.68}{6.64}$	$\frac{6.66}{6.95}$	$\frac{7.02}{6.88}$				$\frac{7.24}{7.28}$	7.26					$\frac{7.56}{7.59}$	7.58					$\frac{7.80}{7.90}$			7.85
$\frac{6.50}{6.38}$	$\frac{6.44}{6.68}$	$\frac{6.75}{6.72}$				$\frac{7.18}{7.18}$	7.18			$\frac{7.50}{7.48}$	7.49										
$\frac{6.90}{6.86}$	$\frac{6.88}{7.12}$	$\frac{7.14}{7.13}$				$\frac{7.38}{7.26}$	7.32			$\frac{7.68}{7.65}$	7.67										
$\frac{6.60}{6.75}$	$\frac{6.68}{7.14}$	$\frac{7.10}{7.12}$				$\frac{7.41}{7.46}$	7.44			$\frac{7.78}{7.78}$	7.78										
					$\frac{7.38}{7.34}$	7.36				$\frac{7.62}{7.56}$	7.59										
		$\frac{7.14}{7.18}$	7.16					$\frac{7.44}{7.54}$	7.49			$\frac{7.70}{7.72}$	7.71			$\frac{7.85}{7.78}$	7.81				

er den letteste af alle de paagældende Jorder), er Værdien noget mindre og ved Forsøget fra R. Dohn, Robstrup, noget større. Ved dette sidste Forsøg falder de enkelte Punkter mindre regelmæssigt paa Kurven, hvad der muligvis kan skyldes Uensartethed i Jordens Beskaffenhed eller Uregelmæssighed ved selve Forsøget.

Man kunde dog ikke vente paa Forhaand at finde ganske det samme Forhold i alle Tilfælde. Som foran omtalt, er der ved Kurvernes Konstruktion regnet med, at den Kalk, som er tilført i Marken, er blandet i Jorden til en Dybde af 20 cm,

og at dens reaktionsændrende Virkning netop udøves paa et Jordlag af denne Tykkelse. Denne Antagelse slaar vel næppe i alle Tilfælde helt til. Dybdebehandlingen kan ved de enkelte Forsøg variere noget, Tiden fra Kalkens Udbringning, til Prøveudtagningen fandt Sted, kan være af Betydning, og endelig er det sandsynligt, at Undergrundens Beskaffenhed indvirker paa Omsætningens Forløb, idet man næppe tør antage, at Reaktionsændringen afgrænses skarpt nedefter, og at Bearbejdningens Udstrækning i Dybden netop danner Grænsen.

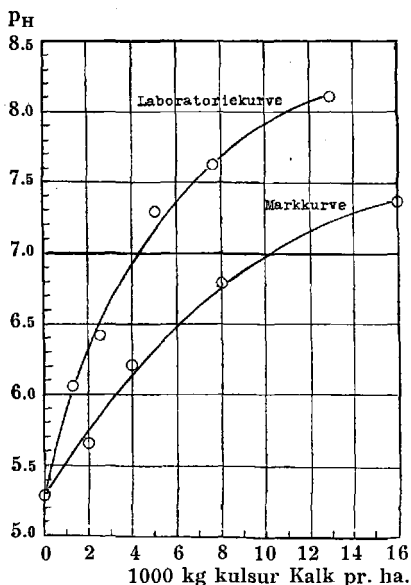


Fig. 1. Kalkforsøg.
Lundgaard, Vejen.

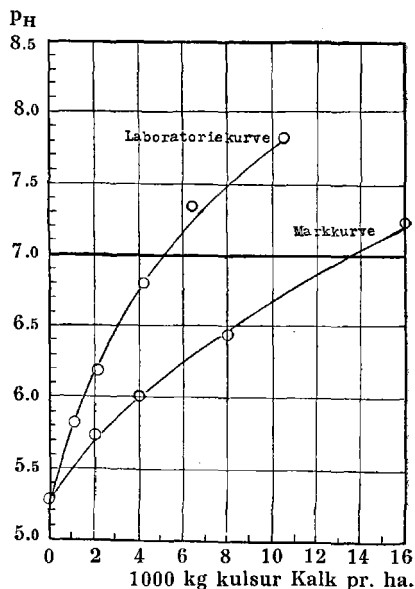


Fig. 2. Kalkforsøg.
Forsøgsstationen ved Tylstrup.

Beregner man Virkningsfaktorens Middelværdi for de forskellige Forsøg ved Reaktionstallene 6.8, 7.0, 7.2 og 7.4, faar man i alle Tilfælde 2.9. Det vil sige, at Virkningen af en vis Kalkmængde er omtrent 3 Gange saa stor, naar Kalken tilføres i Laboratoriet, som naar den tilføres i Marken under Forudsætning af, at de her omtalte Forsøgsbetingelser overholdes.

Naar Virkningsfaktoren er bestemt inden for et bestemt Reaktionsomraade, er det saaledes muligt ud fra en Laboratorieundersøgelse at beregne omtrentligt, hvor megen kulsur Kalk man maa tilføre en Jord i Marken, for at den skal antage et vilkaarligt Reaktionstal i dette Omraade.

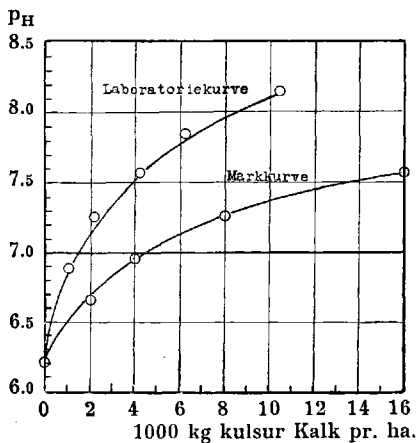


Fig. 3. Kalkforsøg.
Borris.

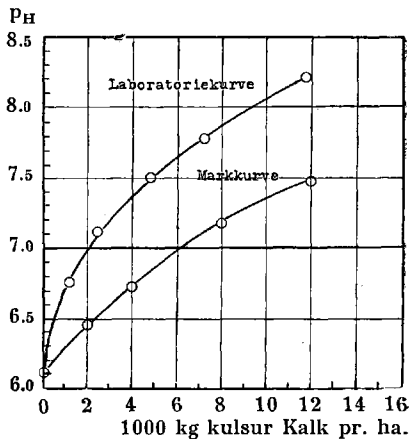


Fig. 4. Kalkforsøg.
Chr. Pedersen, Robstrup.

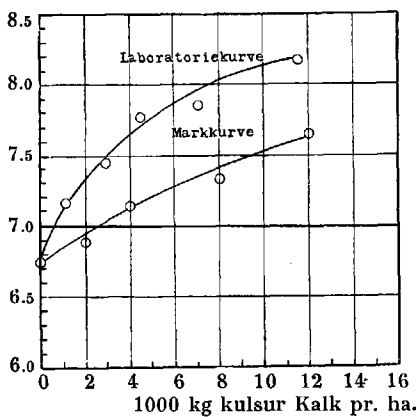


Fig. 5. Kalkforsøg. R. Dohn, Robstrup.

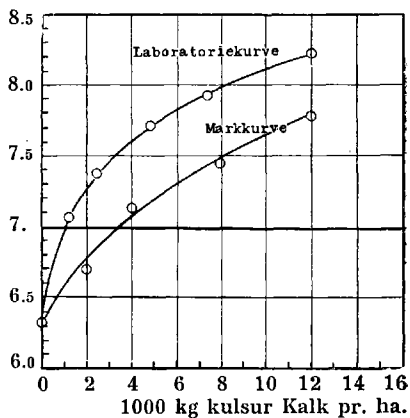


Fig. 6. Kalkforsøg. N. Bilde, Voldby.

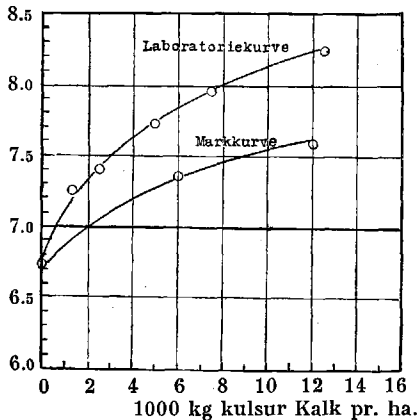


Fig. 7. Kalkforsøg.
Pederstrup, Horslunde.

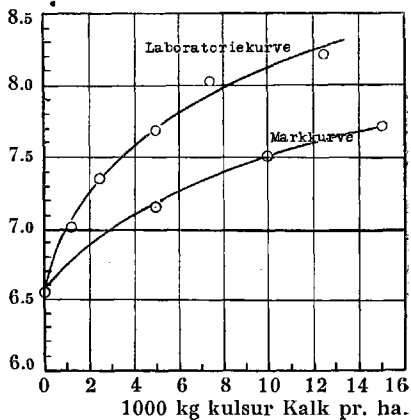


Fig. 8. Kalkforsøg.
H. Krab, Højvang, Lilballe.

Tabel 3. Oversigt over den grafiske Bestemmelse af de Kalkmængder, som forskellige Jorder ifølge Markforsøg og ifølge Laboratorieforsøg maa tilføres pr. ha for at antage bestemte Reaktionstal, og Forholdet mellem disse Mængder.

Prøvens Betegnelse	Jordens Beskaffenhed	Reaktionstal i ukalket Parcel	kg kulsur Kalk, som ifølge Markforsøg maa tilføres Jorden pr. ha for at opnaa Reaktionstallene				kg kulsur Kalk, som ifl. Laboratorieforsøg maa tilføres Jorden pr. ha for at opnaa Reaktionstallene				Kalkens »Virkningsfaktor« ved Reaktionstallene			
			6.8	7.0	7.2	7.4	6.8	7.0	7.2	7.4	6.8	7.0	7.2	7.4
Kalkforsøg, Tylstrup.	Let Sandj.	5.29	11400	13600	16000		4250	5100	6300		2.7	2.7	2.8	
Kalkforsøg, Lundgaard, Vejen.	Meget let Sandj.	5.28	8300	10200	12800	16000	3500	4400	5300	6300	2.4	2.3	2.4	2.5
Kalkforsøg, Borris.	Lerbl. Sandj.	6.30	2900	4600	7000	10600	950	1650	2450	3450	3.0	2.8	2.9	3.1
Kalkforsøg, Chr. Pedersen, Robstrup.	Let, ret muldrig Sandj.	6.10	4500	6500	8550	10800	1450	2200	3100	4200	3.1	3.0	2.8	2.6
Kalkforsøg, R. Dohn, Robstrup.	Let, ret muldrig Sandj.	6.72	600	2400	5000	8000	200	700	1400	2400	3.0	3.4	3.5	3.3
Kalkforsøg, N. Bilde, Voldby.	Let, ret muldrig Sandj.	6.31	2100	3500	5150	7100	700	1150	1750	2500	3.0	3.0	2.9	2.8
Kalkforsøg, Pederstrup, Horslunde.	Ret svær Lerjord.	6.72		1950	4000	6950		650	1350	2400		3.0	3.0	2.9
Kalkforsøg, H. Krab, Højvang.	Lerjord.	6.53	1300	3000	5300	8400	420	1000	1750	2900	3.1	3.0	3.0	2.9
Middel...											2.9	2.9	2.9	2.9

Ved Udregningen af Virkningsfaktoren er kun benyttet Reaktionsomraadet fra $p_H = 6.8$ til $p_H = 7.4$, da dette Omraade maa regnes i Almindelighed at have mest Interesse for Praktis. Vil man benytte Titreringskurverne til at bestemme Virkningsfaktor og Kalkmængder ved højere Reaktionstal, vil følgende Vanskeligheder gøre sig gældende.

Ved fortsat Tilsætning af kulsur Kalk til Jorden vil Reaktions-tallet nærme sig en konstant Værdi, ca. 8.4, svarende til, hvad der opnaas i Opslemninger af Kalciumkarbonat i destilleret Vand med Luftens Kulsyrespænding. Kurverne vil vise mindre og mindre Stigning, en stor Variation i den anvendte Kalkmængde vil kun fremkalde meget smaa Variationer i Reaktionstallene, og en grafisk Bestemmelse af den Kalkmængde, som svarer til et givet Reaktionstal, vil derfor

være behæftet med stor Usikkerhed. Tilsidst vil en fortsat Tilsætning af Kalk til Jorden i Marken eller i Laboratoriet ikke mere bringe Reaktionstallet til at stige, og Kurverne vil faa et vandret Forløb. Herved vil Kalkens Virkningsfaktor ændre sig. Hvis det højeste Reaktionstal, man kan opnaa ved Tilsætning af kulsur Kalk, er det samme i Marken og i Laboratoriet, vil Kurverne tilsidst falde sammen, og Virkningsfaktoren vil aftage til Værdien 1. Saafremt man ikke ved Kalktilsætningen i Marken og Laboratoriet naar til samme Reaktionstal, men det endelige Tal er højest i Laboratoriet, vil Kurverne nærme sig til at blive parallelle, Faktoren vil vokse i Størrelse og tilsidst blive uendelig stor, hvad der praktisk talt betyder, at det Reaktionstal, man i dette Tilfælde aflæser paa Laboratoriekurven, overhovedet ikke kan opnaas ved Tilførsel af Kalk i Marken.

Ved de Kalkforsøg, som her omtales, viser Markkurven fortsat Stigning. Det højeste Reaktionstal, der er naaet ved denne Undersøgelse, er 7.85 ved Anvendelse af 32000 kg Kalk pr. ha. Man finder imidlertid ikke saa sjældent i Praksis Jorder med et stort Indhold af Kalciumkarbonat med Reaktionstal i Nærheden af 8.4, saa det maa antages, at man i flere Tilfælde vil kunne opnaa dette Reaktionstal ved at tilføre tilstrækkelig megen Kalk i Marken.

Det vil af det foran nævnte indses, at man ikke ved Hjælp af Titreringskurverne kan faa paalidelige Oplysninger om de Kalkmængder, der er nødvendige til bestemte Reaktionsændringer i de mere alkaliske Omraader. Dette er dog af mindre Betydning for Praksis, da man her næppe nogen Sinde vil anvende Kurverne i disse Omraader (Teorien for disses Forløb skal i øvrigt ikke ved denne Lejlighed diskuteres nærmere og heller ikke Definitionen og Betydningen af selve de maalte Reaktionstal. Disse er kun benyttede som et talmæssigt grafisk Udtryksmiddel for Jordernes Reaktions-tilstand).

Foruden Prøver fra de her omtalte Kalkforsøg med forskellige Kalkmængder blev der paa tilsvarende Maade undersøgt Prøver fra nogle Kalkforsøg, hvor der ved Forsøget i Marken kun har været anvendt een Mængde Kalk. Der optoges Titreringskurver af Prøver fra den ukalkede Parcel, og Reaktionstallet bestemtes i Prøver fra den kalkede Parcel, hvorpaa Virkningsfaktoren for de paagældende Reaktionstal blev bestemt. Resultaterne af disse Undersøgelser fremgaar af Tabel 4. Paa Grund af, at »Markkurven« ved disse Forsøg kun repræsenteres ved et enkelt Punkt, er dette Materiale ikke medtaget ved den i Tabel 3 foretagne Beregning af den gennemsnitlige Virkningsfaktor. Den grafiske Bestemmelse af de Kalkmængder, som ifølge Laboratorieforsøg giver samme Reak-

tionstal som de Mængder, der er anvendte i Marken, er foretagne paa den tidligere angivne Maade.

Tabel 4. Sammenligning mellem Kalkens Virkning i Marken og i Laboratoriet ved Markforsøg med een Kalkmængde (8000 kg kulsur Kalk).

Prøvens Mærke	Jordens Beskaffenhed	Reaktionstal i ukalket Jord	Reaktionstal i kalket Jord	Reaktionstal ved Tilsætning af cm^3 n/30 Kalkvand pr. 10 g Jord					Kalkmængde, som ifølge Laboratorieforsøg giver samme Reakt. som Markf.	Virkningsfaktor
				3	6	12	18	30		
				Kalkforsøg, Skovlund, Aabybro. Ukalket og 8000 kg Kalk pr. ha	Ret muldrig Sandjord.	5.56	6.20	6.05		
Kalkforsøg, Vadum. Ukalket og 8000 kg Kalk pr. ha	Ret muldrig Sandjord.	6.85	7.56	7.26	7.46	7.84	8.04	8.24	3000	2.7
Kalkforsøg, Faarvang. Ukalket og 8000 kg Kalk pr. ha	Sandmuld.	7.14	7.84	7.64	7.94	8.10	8.20	8.39	2400	3.3

Det fremgaar af Tabel 4, at man ved disse Forsøg finder tilnærmelsesvis det samme Forhold mellem de Kalkmængder, som frembringer samme Reaktionsændring ved tilsvarende Jordmængder i Marken og i Laboratoriet, som ved de foran omtalte Forsøg med forskellige Kalkmængder.

Endnu inddroges i Undersøgelserne en Serie Kalkforsøg med Tilførsel af een Kalkmængde under Forhold, som var noget afvigende fra Forholdene ved de almindelige Markforsøg. Formaålet med disse var at prøve, med hvor stor Sikkerhed det er muligt at beregne Ændringen i en sur Jords Reaktionstal ud fra en Laboratorieundersøgelse, naar Jorden iblandes en vis Mængde Kalk. Prøverne, som anvendtes ved denne Undersøgelse, var fra et vedvarende Gødningsforsøg, anlagt af Statens plantepatologiske Forsøg paa dennes Forsøgsmark i Lyngby. En Del af Jorden fra disse Forsøgspareller blev i Vinteren 1925 flyttet over i store, nedgravede Cementrør. Ved Overflytningen blev Jorden, da den var ret sur, blandet med lædsket

Kalk i en Mængde svarende til 4.38 kg CaCO_3 pr. m^3 Jord. Af Prøver fra de enkelte Parcelgrupper, udtagne inden den nævnte Jordflytning og Kalktilførsel fandt Sted, blev der optaget Titreringskurver, og et halvt Aar efter Kalktilsætningen blev der taget Jordprøver fra Cementrørerne til Reaktionsbestemmelse. I hver udtagen Prøve udførtes 2 Reaktionsbestemmelser med et Par Dages Mellemrum. Da en Del af den tilsatte Kalk endnu var til Stede som Ca(OH)_2 , blev Opslemningen bragt i Kulsyrelegvægt med den atmosfæriske Luft ved Gennemledning med Kulsyre og paafølgende Udluftning paa samme Maade som ved de almindelige Titrationsundersøgelser.

Tabel 5. Reaktionstalbestemmelse i Jordprøver fra Marken i Lyngby ved Tilsætning af Kalk i Laboratoriet.

Prøvens Mærke	Reaktionstal ved Tilsætning af cm^3 n/30 Kalkvand pr. 10 g Jord					
	0	3	6	12	18	30
50	5.63	6.28	6.52	7.00	7.48	7.74
52	6.02	6.58	6.84	7.34	7.62	7.92
43	6.02	6.72	6.98	7.46	7.68	8.05
41	6.15	6.70	7.08	7.48	7.76	8.04
42	5.68	6.40	6.85	7.34	7.58	7.84
35	5.52	6.04	6.48	7.10	7.42	7.72
51	6.34	6.82	7.20	7.60	7.80	8.02
34	5.68	6.28	6.62	6.98	7.38	7.84

I Tabel 5 er opført Resultaterne af Reaktionsundersøgelser i Prøver fra den ukalkede Jord.

Opføres disse Resultater grafisk paa sædvanlig Maade, er det muligt ud fra dem at beregne, hvilket Reaktionstal man skal vente at finde i Jorderne, naar de er iblandet en vis Mængde Kalk, idet man hertil benytter den eksperimentelt fundne Virkningsfaktor for Kalken.

Denne Beregning gennemførtes paa følgende Maade: Ud fra Tallene i Tabel 5 konstrueredes Basegrenen af de ukalkede Jorders Titreringskurver, idet Reaktionstallet afsattes som Ordinater og den i Laboratoriet tilsatte Mængde, beregnet som kg CaCO_3 pr. m^3 , som Abscisse (1 cm^3 n/30 Kalkvand svarer til 0.186 kg Kalk pr. m^3 Jord). Jorden er blandet op med en

Kalkmængde svarende til 4.38 kg CaCO₃ pr. m³. Ved Laboratorieundersøgelsen skulde samme Reaktionsændring fremkaldes af $\frac{4.38}{2.9} = 1.51$ kg CaCO₃ pr. m³ Jord. Ved at aflæse paa Kurverne de Reaktionstal, som svarer til Kalkmængden 1.51 kg pr. m³, bestemtes det Reaktionstal, man skulde vente at finde i Prøverne fra de enkelte Parceller efter Kalktilsætningen.

Tabel 6. Sammenligning mellem Reaktionstal, beregnede efter Titreringskurver og Reaktionstal, fundne efter at Jorderne er iblandede Kalk.

Prøvens Mærke	Reaktionstal for Kalkning	Fundet Reaktionstal efter Kalkning		Beregnet Reaktionstal efter Kalkning	Differens
		Enkeltbestemmelse	Middel		
50	5.63	6.90	6.90	6.72	+0.18
		6.90			
43	6.02	7.26	7.30	7.20	+0.10
		7.35			
41	6.15	7.56	7.55	7.28	+0.27
		7.54			
52	6.02	7.70	7.70	7.08	+0.62
		7.70			
42	5.68	7.67	7.60	7.08	+0.52
		7.54			
35	5.52	7.08	7.11	6.84	+0.27
		7.14			
51	6.34	7.58	7.80	7.40	+0.20
		7.62			
34	5.68	7.06	7.03	6.86	+0.17
		7.00			

I Tabel 6 er anført de Reaktionstal, som er maalte i Prøverne fra de enkelte Parceller, før og efter at Jorden er iblandet Kalk, endvidere de Reaktionstal, man ud fra Laboratorieundersøgelserne skulde vente at finde efter Kalkindblandingen (disse Tal er bestemte grafisk som foran beskrevet) og endelig Differensen mellem de fundne og beregnede Reaktionstal.

Det fremgaar af denne Tabel, at Overensstemmelsen mellem de fundne og de beregnede Reaktionstal er nogenlunde.

I 6 af 8 Tilfælde er Afvigelsen mindre end $0.3 p_H$ og i 4 af 8 Tilfælde er Afvigelsen mindre end eller lig med $0.2 p_H$ -Enheder. Afvigelsen er ensidig, idet de fundne Reaktionstal i alle Tilfælde ligger højere end de beregnede. Det maa imidlertid erindres, at Virkningsfaktoren, som er anvendt ved Beregningen, er bestemt paa Grundlag af en Række Forsøg, hvor Kalken er tilført Jorden under Forhold, som afviger væsentligt fra nærværende. Kalken er her tilført som Melkalk (Kalciumpydroxyd), medens den ved Markforsøgene er tilført som pulveriseret Kalciumpykarbonat, endvidere er Kalken ved Markforsøgene blandet i Jorden ved Bearbejdning med Markredskaber, medens der ved disse Forsøg er foretaget en direkte Blanding ved Omskovling. Det, at der ved disse Forsøg er anvendt Kalk i mere fint pulveriseret Form, og at Blandingen er foretaget mere intensivt end ved de almindelige Markforsøg, gør, at man her paa Forhaand maatte vente en større reaktionsændrende Virkning af samme Kalkmængde pr. Vægtenhed Jord, end Tilfældet er ved Markforsøgene.

Som Hovedresultat af disse Forsøg, hvor Kalkvirkningen i Marken er sammenlignet med Kalkvirkningen i Laboratoriet, fremgaar det, at man ved en Laboratorieundersøgelse kan skaffe sig nogenlunde paalidelige Oplysninger om, hvor store Mængder Kalk man maa tilføre en sur Jord, for at den skal antage et vilkaarligt Reaktionstal i Nærheden af Neutralpunktet. Direkte giver en Titreringskurve ikke Udtryk for dette, men det fremgaar af en Række Forsøg, at Forholdet mellem de Kalkmængder, som udøver samme reaktionsændrende Virkning paa tilsvarende Jordmængder i Marken og i Laboratoriet, er omtrent som 3 til 1. Dette Tal maa naturligvis kun opfattes som en tilnærmet Størrelse, og man kan ikke ud fra de forholdsvis faa Markforsøg, som her er Tale om, slutte, at det vil have Gyldighed under alle Omstændigheder og for alle Jordtyper.

Forholdet gælder kun under Forudsætning af, at Kalken er tilført Jorden i Laboratoriet paa den Maade, her er beskrevet. Det er bestemt rent empirisk ud fra Forsøg i Marken, og dets Paalidelighed og Værdi for Praxis kan kun fastslaaes ved Markforsøg, der stedse bør danne Grundlaget for enhver

Laboratoriemetode, som tilsigter at bestemme Jordens Kalktrang kvantitativt.

Laboratoriebestemmelser af Kalkens reaktionsændrende Virkning paa sure Jorder vil kunne give vigtige Oplysninger om, hvor store Kalkmængder man bør anvende i Praksis til Afhjælpning af Kalktrangen. Dog vil de ikke kunne besvare dette Spørgsmaal fuldstændigt, thi man kan ikke i de enkelte Tilfælde paa Forhaand med Sikkerhed sige, hvor meget Reaktionstallet ved Kalkningen bør hæves. Desuden er det næppe altid i alle Tilfælde Reaktionstilstanden alene, der betinger Graden af en Jords Kalktrang. Ofte vil en Række andre Forhold være medvirkende, f. Eks. Jordens fysiske Beskaffenhed.

Imidlertid vil det, selv om man ikke er i Stand til at angive det absolut gunstigste Reaktionstal, dog være af Betydning og Interesse for Praksis at skaffe sig Underretning om Størrelsen af de Kalkmængder, forskellige sure Jorder maa tilføres for at bringe Reaktionstallet op paa en bestemt Værdi, f. Eks. 7.0, samt om disse Mængder staar i et nogenlunde bestemt Forhold til Reaktionstallet og i benægtende Fald, hvor meget de varierer for forskellige Jordbundstyper med forskellige Reaktionstal. Angaaende disse Spørgsmaal vil Undersøgelser af den her angivne Art kunne give nogen Oplysning.

Det fremgaar af Tabel 3, at de Kalkmængder, man maa tilføre forskellige Jorder i Marken, for at Jorderne skal antage Reaktionstallet 7.0, er meget forskellige. Jorderne med de laveste Reaktionstal kræver, som venteligt er, mest, men derfor er det dog ingenlunde givet, at Jorder med samme Reaktionstal ogsaa altid kræver samme Kalkmængde til Neutralisation. Saaledes har Jorderne fra Lundgaard og Tylstrup samme Reaktionstal, og medens Tylstrupjorden ifølge Markforsøg maa tilføres 13600 kg Kalk pr. ha, for at den skal antage Reaktionstallet 7.0, antager Jorden fra Lundgaard samme Reaktionstal ved Tilførsel af 10200 kg pr. ha.

Det er sandsynligt, at sure Jorder i den Henseende vil vise sig at være meget forskellige, og man vil næppe af en enkelt Reaktionsbestemmelse kunne slutte noget om Størrelsen af den Kalkmængde, som er nødvendig til Neutralisation. Heller ikke en Reaktionsbestemmelse, kombineret med en

Bedømmelse af Jordens Sværhedsgrad, saaledes som *O. Arrhenius* (12a) har foreslaet, synes at kunne give blot nogenlunde sikre Oplysninger om de Kalkmængder, som udkræves til en given Reaktionsændring. At Jorder af samme »Type« og med samme Reaktionstal kan kræve vidt forskellige Kalkmængder til Neutralisation, fremgaar af følgende Eksempler:

I Tabel 7 er anført Titreringstallene for 4 forskellige sure Jorder, som var indsendte til Kalktrangsundersøgelse ved Statens Planteavls-Laboratorium. De to af Prøverne har ved Bedømmelsen faaet Betegnelsen »let Sandmuld« og de to andre Betegnelsen »svær Lerjord«. I Fig. 9 er Resultaterne opførte grafisk paa den sædvanlige Maade.

Tabel 7. Titreringstabel for 4 Jordprøver med tilnærmelsesvis samme Reaktionstal.

Jordens Beskaffenhed	Begyndelsesreaktion	Reaktionstal ved Tilsætning af cm^3 n/30 Kalkvand pr. 10 g Jord					cm^3 Kalkvand til Opnaaelse af pH 7.0 ved Laboratorieforsøg	For at opnaa Reaktionstal 7.0 i Marken maa tilføres kg CaCO_3 pr. ha
		3	6	12	18	30		
1. Svær Lerjord	5.38	5.72	6.12	6.60	7.05	7.66	17.25	20000
2. do.	5.44	6.44	6.88	7.52	7.85	8.22	6.90	8000
3. Let Sandjord	5.60	6.89	7.34	7.72	8.00	8.28	3.90	4500
4. do.	5.34	5.90	6.22	6.78	7.30	7.86	14.40	16700

Det fremgaar tydeligt heraf, at de 4 Jorders basebindende Evne er overordentlig forskellig, skønt Jordernes oprindelige Reaktionstal ikke afviger meget. De to »svære Lerjorder«, som af Udseende er ganske ens, og hvis Reaktionstal er 5.38 og 5.44, kræver henholdsvis 17.25 og 6.90 cm^3 n/30 Kalkvand pr. 10 g Jord, for at Opslemningens Reaktionstal skal blive 7.0. Regner man med den tidlige bestemte Virkningsfaktor 2.9 og Jordvægten 2.4 Mill. kg pr. ha i 20 cm Dybde, svarer dette til 20000 og 8000 kg Kalk pr. ha i Marken. De to lette Sandjorder har Reaktionstallene 5.60 og 5.34, og de tilsvarende Tal er her 4500 og 16700 kg kulsur Kalk pr. ha.

For nærmere at fastlægge Størrelsen af og Variationen i de Kalkmængder, som gennemgaaende kræves til Neutralisation

af sure Agerjorder (Mineraljorder), blev der i Laboratoriet undersøgt 115 Jordprøver, som var indsendte til Laboratoriets Afdeling for Kalktrangundersøgelse. Reaktionstallene laa for de fleste af Jordernes Vedkommende under 6.0, saa de maatte

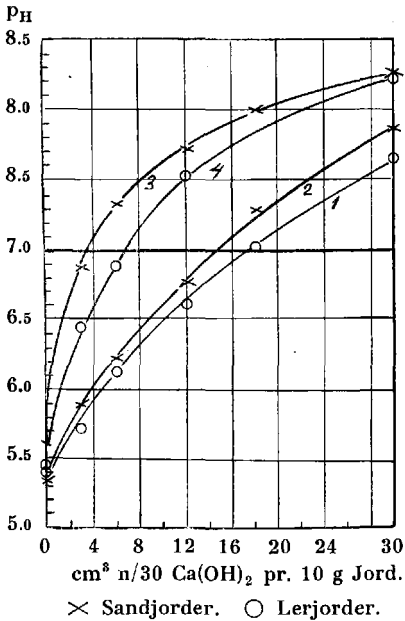


Fig. 9. Titreringskurver for 4 Jordprøver med tilnærmelsesvis samme Reaktionstal.

alle anses for at være mere eller mindre kalktrængende.

Prøverne blev klassificerede efter Udseende, og der blev foretaget Reaktionsbestemmelser ved Behandling med forskellige Mængder Kalkvand paa sædvanlig Maade. Titreringskurverne konstrueredes, og paa disse aflæstes hvor mange cm^3 $n/30$ Kalkvand, der krævedes pr. 10 g Jord, for at Jordopslemningen skulde antage Reaktionstallet 7.0. Tallene omregnedes til kg CaCO_3 pr. ha i 20 cm Dybde. Ved denne Omregning blev Jordvægten i 20 cm Dybde sat til 2.4 Mill. kg pr. ha (1 cm^3 $n/30$ Kalkvand svarer da til 400 kg Kalk pr. ha), og der blev regnet med Virkningsfaktoren 2.9.

Desuden blev der i de Tilfælde, hvor der var tilstrækkeligt af Jordprøven til Disposition, foretaget en Aciditetsbestemmelse i Klorkaliumekstrakter af Jorderne. Fremgangsmaaden ved denne Bestemmelse var følgende:

Af den lufttørre Jordprøve afvejedes 50 g, som i et Cylinderglas blev tilsat 125 cm^3 1 m Kaliumkloridopløsning. Glassene tilproppedes og anbragtes 3 Timer i et Roterapparat under langsom Omdrejning, saa Jorden stedse holdtes godt opslemmet i Vædsken. Derefter filtreredes, og af Filtratet afmaalttes 75 cm^3 , som efter Bortkogning af Kulsyren titreredes med $n/10$ NaOH til Fenoltaleinets Omslagspunkt. I den resterende Del af Filtratet bestemtes Reaktionstallet elektrometrisk. Titreringsresultatet omregnedes til cm^3 $n/10$ g NaOH pr. 100 g Jord, og heraf beregnedes »Totalaciditeten« ved Multiplikation med

Faktoren 3.5¹⁾. Endelig beregnedes den dermed ækvivalente Mængde Kalk pr. ha i 20 cm Dybde, idet Jordvægten pr. ha i denne Dybde sattes til 2.4 Mill. kg.

Resultaterne af disse Undersøgelser er opførte i Tabel 8. Prøverne er ordnede efter faldende Reaktionstal og delte i to Grupper, Sandjorder og Lerjorder. I Tabellerne 9 og 10 er foretaget et Sammendrag af Resultaterne fra Tabel 8.

Om end der gennemsnitlig set udkræves noget større Kalkmængder til Neutralisation af de udpræget sure end af de svagt sure eller af de tilnærmelsesvis neutrale Jorder, er der dog — og navnlig gælder dette Sandjorderne — i Virkeligheden ingen blot nogenlunde tydelig Sammenhæng mellem Reaktionstallet og den til Neutralisation medgaaende Kalkmængde. I Overensstemmelse hermed maa det da ogsaa anses for uberettiget af Variationerne i Reaktionstallene inden for det her undersøgte Omraade at drage Slutninger med Hensyn til Graden af de paagældende Jorders Kalktrang. Dette gælder ogsaa, hvor Talen er om Jorder af tilsyneladende ganske samme fysiske Beskaffenhed. Herpaa er Jordprøverne Nr. 2609 og 9059 typiske Eksempler. De har begge Betegnelsen »let Lermuld« og Reaktionstallene 5.53 og 5.46. Ifølge Titreringskurverne maa Nr. 2609 tilføres 8000 kg Kalk pr. ha, for at Reaktionstallet skal bringes op til 7.0, medens Nr. 9059 maa tilføres 18300 kg for det samme. Prøven Nr. 479 er ligeledes en »let Lermuld« og kræver 7900 kg Kalk til Neutralisation, altsaa samme Mængde som Nr. 2609, men Reaktionstallet ligger for Nr. 479 ved 6.1, hvad der er 0.6 højere end for Nr. 2609.

Endnu stærkere træder dette Forhold frem ved Sandjorderne. Jord Nr. 8 og Jord Nr. 923 har begge Betegnelsen »let Sandmuld«. Nr. 8 har Reaktionstallet 5.64 og kræver 4200 kg Kalk pr. ha til Neutralisation. Nr. 923 har Reaktionstallet 5.58 og kræver 24600 kg.

I det hele taget er, som allerede antydnet, Variationen i de Kalkmængder, der inden for begrænsede Reaktionsomraader udkræves til Neutralisation af Jorden, størst for Sandjordernes Vedkommende, og disse Jorder synes tillige, hvad der maa betegnes som ret overraskende, gennemgaaende at forbruge

¹⁾ Der angives i Litteraturen forskellige Værdier for denne Faktor, varierende mellem Værdierne 3 og 4. *Daikuhara* anvendte Faktoren 3.

Tabel 8. Bestemmelse af forskellige Jorders Aciditet ved elektrometrisk Titration i vandig Opslemning og efter Klorkaliummetoden.

Prøvens Nr.	Jordens Beskaffenhed	Reaktionstal					Reaktionstal ved Tilsetning af cm^3 n/30 Kalkvand pr. 10 g Jord, 100 cm^3 Vand	cm^3 n/30 Kalkvand pr. 10 g Jord til pH 7.0	Beregnet kg kulsur Kalk pr. ha til pH 7.0	Aciditetsbestemmelse i Klorkaliumekstrakt				
		3	6	12	18	30				Reaktionstal i KCl-Ekstrakt	cm^3 n/10 NaOH pr. 100 g. Jord	Totalaciditet, efter <i>Darkinara</i> , cm^3 n/10 NaOH pr. 100 g. Jord	Beregnet kg kulsur Kalk pr. ha	
														0.42
364	Let Sandmuld.....	6.39	6.05	7.22	7.59	7.79	7.99	3.6	4200	5.23	0.42	1.47	180	
7295	Ret muldrig Sandjord...	6.38	7.07	7.44	7.80	7.95	8.12	2.6	3000	5.51	0.33	1.15	140	
541	Mg. fink., ret muldr. Sandj.	6.20	6.46	6.69	7.03	7.44	7.74	9.4	10900	4.90	1.00	3.50	420	
1156	Sandmuld.....	6.10	6.59	6.95	7.48	7.72	7.92	6.2	7200	4.47	0.84	2.94	350	
1057	Muldrig, graalig Sandjord	6.08	6.31	6.57	6.94	7.17	7.58	13.8	16000	5.09	0.50	1.75	210	
539	Mørkegr., ret muldr. Sandj.	6.04	6.25	6.41	6.72	7.04	7.54	16.4	19000					
555	Mørkegraa, muldrig Sandj.	6.00	6.25	6.48	6.80	7.12	7.54	15.0	17400	4.84	0.66	2.31	280	
799	Graa, finkornet Sandmuld	6.00	6.14	6.34	6.64	6.98	7.40	19.4	22500	4.45	2.34	8.20	985	
929	Graa, let Sandmuld.....	6.00	6.40	6.64	7.17	7.45	7.94	9.8	11350	4.68	0.66	2.31	280	
7230	Mg. fink., ret muldr. Sandj.	6.00	6.58	6.98	7.58	7.84	8.11	6.0	6950					
921	Sandmuld.....	5.97	6.38	6.78	7.28	7.59	8.04	8.6	10000	4.85	0.58	2.03	240	
7292	Mg. fink., ret muldr. Sandj.	5.94	6.68	7.10	7.60	7.95	8.15	5.0	5800		1.00	3.50	420	
9552	Ret muldrig, fink. Sandj.	5.90	6.38	6.76	7.14	7.30	7.68	9.4	10900	4.54	2.32	8.12	975	
1120	Let Sandmuld.....	5.90	6.94	7.45	7.89	8.18	8.32	2.6	3000	4.58	0.50	1.75	210	
568	Ret muldfattig Sandjord.	5.88	6.64	7.00	7.38	7.74	8.01	6.0	6950	4.28	3.00	11.50	1380	
744	Graa, ret muldrig Sandj.	5.88	6.10	6.32	6.74	7.06	7.54	17.2	20000	4.66	1.00	3.50	420	
745	Muldrig, mørkegraa Sandj.	5.88	6.00	6.24	6.38	6.68	7.08	28.0	32500					
3907	Ret muldrig Sandjord...	5.86	6.04	6.21	6.60	6.97	7.50	18.9	22000					
1212	Meget finkornet Sandmuld	5.84	6.44	7.07	7.55	7.89	8.11	6.0	6950	4.98	0.50	1.75	210	
9316	Let Sandmuld.....	5.83	6.58	7.04	7.58	7.82	8.04	6.0	6950	4.45	1.50	5.25	630	
540	Mørk, muldrig Sandjord.	5.83	6.18	6.34	6.68	6.97	7.45	17.2	20000	4.33	4.70	16.45	1975	
1016	Sandmuld.....	5.82	6.28	6.57	7.15	7.52	7.94	9.6	11100	4.30	1.50	5.25	630	
1015	Let Sandmuld.....	5.82	6.24	6.60	7.21	7.66	7.95	9.0	10450	4.78	1.00	3.50	420	
9351	Meget finkornet Sandm..	5.80	6.30	6.58	7.02	7.28	7.50	11.4	13200	4.47	2.00	7.00	840	
930	Let, graa Sandmuld.....	5.80	6.18	6.53	7.15	7.59	8.03	11.6	13500	4.49	1.34	4.69	560	
927	Graa Sandmuld.....	5.78	6.11	6.47	7.00	7.44	7.88	12.0	14000	4.52	0.84	2.94	350	
925	Let, graa Sandmuld.....	5.78	5.96	6.22	6.70	7.08	7.63	17.2	20000	4.61	0.84	2.94	350	
736	Graa, ret grovk. Sandm..	5.77	6.15	6.51	7.03	7.44	7.87	11.8	13700	4.49	1.50	5.25	630	
496	Sandmuld.....	5.75	6.50	6.75	7.26	7.51	7.74	7.8	9050	4.42	5.50	19.25	2320	
9342	Let, mørkegraa Sandmuld	5.72	6.10	6.48	6.95	7.31	7.58	12.0	13900		1.33	4.65	560	
9362	Ret muldrig Sandjord...	5.72	6.10	6.44	6.92	7.20	7.60	13.4	15500	4.26	10.90	38.20	4600	
422	do.	5.72	6.13	6.36	6.74	7.04	7.25	17.0	19700	4.59	1.16	4.06	490	
1090	Meget finkornet Sandm..	5.69	6.37	6.86	7.41	7.79	8.08	7.2	8350	4.37	1.34	4.69	560	
9547	Let Sandmuld.....	5.68	6.06	6.41	6.88	7.23	7.65	13.8	16000					
920	do.	5.64	5.86	6.11	6.65	7.07	7.63	17.2	20000	4.52	2.20	7.70	925	
8	do.	5.64	6.89	7.34	7.72	8.00	8.28	3.6	4200	4.38	4.68	16.35	1960	
1179	Graa, finkornet Sandm..	5.62	5.98	6.27	6.84	7.28	7.75	14.6	17000					
923	Let Sandmuld.....	5.58	5.79	5.84	6.35	6.74	7.29	21.2	24600	4.42	1.50	5.25	630	

a. Sandjorder.

Tabel 8 (fortsat).

Provens Nr.	Jordens Beskaffenhed	Reaktionstal					cm ³ n/30 Kalkvand pr. 10 g Jord til pH 7.0	Beregnet kg kulstur Kalk pr. ha til pH 7.0	Aciditetsbestemmelse i Klorkaliumekstrakt				
		Reaktionstal ved Tilsætning af cm ³ n/30 Kalkvand pr. 10 g Jord, 100 cm ³ Vand							Reaktionstal i KCl-Ekstrakt	cm ³ n/10 NaOH pr. 100 g Jord	Totalaciditet, efter <i>Daukhara</i> , cm ³ n/10 NaOH pr. 100 g Jord	Beregnet kg kulstur Kalk pr. ha	
		3	6	12	18	30							
a. Sandjorder.													
1121	Sandmuld.....	5.56	6.36	6.89	7.44	7.84	8.18	7.0	8150	4.21	2.66	9.32	1120
775	do.	5.55	6.18	6.54	6.97	7.37	7.77	12.4	14400	4.64	1.50	5.25	630
500	do.	5.52	6.32	6.67	7.15	7.47	7.74	9.6	11100				
25	do.	5.51	5.98	6.42	7.24	7.46	7.84	10.5	12200	4.52	4.00	14.00	1680
1118	Let, mørkegr., r. grk. Sandj.	5.48	5.76	5.99	6.46	6.78	7.28	22.8	26400	4.29	4.32	15.10	1810
9343	Lysegr., muldf., grk. Sandj.	5.40	6.26	6.82	7.30	7.58	7.88	8.0	9300	4.05	5.00	17.00	2040
777	Sandblandet Humusjord.	5.40	5.51	5.60	5.70	5.92	6.24						
1116	Mg. let, grovkornet Sandj.	5.36	5.91	6.20	7.05	7.31	7.68	13.0	15100	4.34	6.70	23.45	2810
9	Let Sandmuld.....	5.34	5.90	6.22	6.78	7.30	7.86	10.5	12200	4.12	7.19	25.15	3020
13	Let, ret muldrig Sandj...	5.28	6.04	6.42	7.28	7.58	8.10	10.2	11800	4.19	4.68	16.35	1960
1123	Let Sandmuld.....	5.25	6.17	6.89	7.45	7.99	8.16	7.2	8350	4.10	4.00	14.00	1680
593	Graa, muldrig Sandjord.	5.21	5.63	5.86	6.35	6.70	7.37	22.0	25500	3.82	6.20	21.70	2600
9335	Mg. let, grovk., graa Sandm.	5.14	5.74	6.28	6.97	7.44	7.86	12.2	14150	4.16	3.70	12.95	1560
931	Let, graa Sandmuld.....	5.13	5.32	5.51	6.04	6.64	7.19	23.8	27600	3.78	10.40	36.40	4380
30	Humusblandet Sandjord.	4.80	4.92	5.03	5.25	5.42	5.89			4.23	6.50	22.75	2740
9342	Let, muldfattig, graa Sandj.	4.72	5.86	6.86	7.48	7.82	8.10	7.4	8600	5.20	5.20	18.20	2180
31	Ret muldfattig Sandjord.	4.28	5.14	5.28	5.98	7.19	7.76	17.2	20000	3.76	12.00	42.00	5050
9502	Sandblandet Humusjord.	3.90	4.00	4.06	4.30	4.45	4.83			3.05	25.00	87.50	10500
902	Let Sandmuld.....	3.70	4.09	4.32	4.88	5.52	6.32	41.8	48500				
b. Lerjorder.													
9722	Let muldfattig Lerjord..	6.54	6.96	7.20	7.38	7.54	7.62	3.6	4200	4.07	5.68	19.85	2380
9743	Let Lermuld.....	6.30	6.90	7.24	7.60	7.80	8.10	3.8	4400				
7243	Lermuld.....	6.24	7.44	7.49	7.76	7.92	8.10	2.6	3000	4.94	0.50	1.75	210
9778	Muldfattig Lerjord.....	6.10	6.78	7.14	7.42	7.66	7.90	5.0	5800	4.21	4.35	15.20	1820
479	Let Lermuld.....	6.10	6.91	7.34	7.74	7.94	8.20	6.8	7900	4.73	0.66	2.31	275
7298	do.	6.08	6.65	7.05	7.58	7.84	8.18	5.6	6500				
45	Ret svær, muldfri Lerjord	6.07	6.45	6.81	7.36	7.64	7.78	7.6	8800				
9043	Lermuld.....	6.02	6.44	6.76	7.21	7.47	7.72	8.8	10200				
7284	do.	6.02	6.74	7.20	7.45	7.80	8.10	4.4	5100	4.69	1.00	3.50	420
9585	Let Lermuld.....	6.01	6.87	7.29	7.70	7.84	8.06	4.0	3650	4.69	0.66	2.31	275
668	Lermuld.....	6.00	6.53	6.90	7.44	7.62	8.00	6.6	7650	4.33	2.00	7.50	900
597	Let Lermuld.....	6.00	6.78	7.30	7.78	8.00	8.28	4.2	4850	4.45	1.34	3.62	435
7237	Lermuld.....	6.00	6.64	7.08	7.56	7.88	8.10	5.2	6050	4.57	1.00	3.60	420
457	Ret svær, muldfattig Lerj.	5.98	6.85	7.29	7.80	8.00	8.20	3.6	4200	4.27	1.84	6.44	775
511	Lermuld.....	5.98	6.84	7.14	7.75	7.85	8.24	3.9	4500				
207	Svær, ret muldfattig Lerj.	5.96	6.78	7.06	7.52	7.60	7.99	5.2	6050		2.68	9.38	1140
567	Let, ret muldfattig Lerjord	5.96	6.60	6.91	7.39	7.66	7.98	6.8	7900	4.22	3.00	11.50	1380
670	Muldfattig Lerjord.....	5.96	6.58	6.89	7.42	7.68	8.04	6.8	7650	4.29	3.50	12.25	1470

Tabel 8 (fortsat).

Prøvens Nr.	Jordens Beskaffenhed	Reaktionstal					Reaktionstal ved Tilsætning af cm^3 n/30 Kalkvand pr. 10 g Jord, 100 cm^3 Vand	cm^3 n/30 Kalkvand pr. 10 g Jord til pH 7.0	Beregnet kg kulstur Kalk pr. ha til pH 7.0	Aciditetsbestemmelse i Kloralkaliumekstrakt				
		3	6	12	18	30				Reaktionstal i KCl-Ekstrakt	cm^3 n/10 NaOH pr. 100 g Jord	Totalaciditet, efter <i>Daikuhara</i> , cm^3 n/10 NaOH pr. 100 g Jord	Beregnet kg kulstur Kalk pr. ha	
														4.35
b. Lerjorder.														
606	Ret muldrig Lerjord . . .	5.96	6.58	6.85	7.50	7.88	8.16	6.0	6950	4.35	2.32	8.12	975	
939	Let, muldfattig Lerjord . .	5.96	6.73	7.20	7.75	7.84	8.17	5.0	5800	4.26	3.34	11.70	1410	
584	Lermuld	5.92	6.70	7.12	7.69	8.00	8.30	4.8	5550	4.45	1.34	4.69	560	
1	Let Lermuld	5.92	6.72	7.30	7.54	7.73	7.87	4.5	5200	4.99	0.32	1.12	130	
592	do.	5.90	6.55	6.98	7.37	7.69	7.91	6.8	7900	4.14	3.85	13.48	1660	
6	do.	5.90	6.84	7.35	7.64	7.83	8.18	3.6	4200	5.20	0.50	1.75	210	
9469	Muldfattig Lerjord	5.89	6.68	7.18	7.69	7.79	8.11	5.0	5800	4.24	2.34	8.20	985	
954	do.	5.88	6.46	6.94	7.42	7.71	8.04	6.8	7900	4.33	4.20	14.70	1765	
1091	Let Lermuld	5.88	6.54	7.06	7.60	7.80	8.10	5.6	6500	4.38	1.16	4.06	490	
7244	Lermuld	5.88	6.68	7.18	7.48	7.84	8.02	5.6	6500	4.26	2.64	9.25	1110	
669	Ret muldfattig Lerjord . .	5.84	6.50	6.78	7.50	7.84	8.14	6.4	7400	4.29	3.34	11.69	1410	
937	Let Lermuld	5.84	6.55	7.12	7.60	7.89	8.14	5.4	6250	4.34	4.50	15.75	1890	
206	Ret muldfattig Lerjord . .	5.82	6.75	7.22	7.64	7.82	8.04	4.6	5350	4.24	1.67	5.85	705	
1152	Let Lermuld	5.80	6.74	7.19	7.67	7.86	8.08	4.8	5550	4.32	1.34	4.69	560	
1037	Ret svær, muldfattig Lerj.	5.78	6.41	7.01	7.42	7.83	8.05	6.2	7200	4.21	3.00	11.00	1320	
9020	Let Lermuld	5.74	6.17	6.54	7.08	7.36	7.64	11.0	12750		2.34	8.20	985	
9063	Muldfattig Lerjord	5.74	6.27	6.62	7.14	7.52	7.83	10.0	11600					
2	Let Lermuld	5.74	6.93	7.36	7.54	7.69	7.82	4.5	5200	5.41	0.32	1.12	130	
981	Ret muldfattig Lerjord . .	5.70	6.04	6.59	7.05	7.54	7.83	10.2	11800	4.26	5.30	18.55	2200	
49	Lermuld	5.70	6.38	6.67	7.19	7.42	7.64	11.1	12900	4.48	2.68	9.39		
545	Ret svær, muldfattig Lerj.	5.69	6.16	6.46	7.12	7.48	7.81	10.6	12300	3.98	11.50	40.05	4850	
582	Let Lermuld	5.67	6.34	6.74	7.18	7.48	7.78	9.2	10650					
2593	do.	5.66	6.35	6.74	7.31	7.69	8.05	8.1	9500	4.20	7.02	24.60	2950	
766	Lermuld	5.63	6.06	6.48	7.23	7.65	7.94	10.2	11800	4.09	6.84	23.95	2870	
7	Muldfattig Lerjord	5.62	6.52	7.07	7.54	7.80	8.02	6.0	6950	4.11	4.20	14.70	1770	
952	Ret muldfattig Lerjord . .	5.61	6.32	6.74	7.44	7.77	8.14	7.8	9050					
44	Ret svær, muldfri Lerjord	5.60	5.78	6.60	6.96	7.34	7.62	12.0	13900					
641	Let Lermuld	5.56	6.02	6.47	6.90	7.39	7.81	12.2	14300	4.35	4.34	15.18	1820	
577	Svær, muldfattig Lerjord	5.54	6.18	6.48	7.23	7.67	7.89	9.6	11100	3.95	10.50	36.40	4375	
8	Muldfattig Lerjord	5.54	6.14	6.48	7.04	7.45	7.85	10.6	12300	4.34	6.80	23.90	2870	
2609	Let Lermuld	5.53	6.48	6.90	7.48	7.80	8.14	6.9	8000					
9042	do.	5.52	6.28	6.54	7.12	7.40	7.66	10.2	11800	4.15	4.66	16.30	1960	
1040	Svær, muldfattig Lerjord	5.48	5.87	6.38	7.21	7.63	7.95	6.4	7400	4.10	7.84	27.40	3300	
9059	Let Lermuld	5.46	5.86	6.10	6.76	7.15	7.55	15.8	18300		12.35	43.20	5200	
48	Ret svær, muldfri, graal. Lj.	5.46	5.64	5.85	6.48	7.30	7.81	16.0	18500					
556	Let, ret muldrig Lerjord	5.46	5.80	6.00	6.55	6.84	7.32	21.2	24600	4.17	6.40	22.40	2690	
573	Ret muldfattig Lerjord . .	5.39	6.49	6.57	7.23	7.67	7.82	8.4	9750	3.97	10.00	35.00	4200	
525	Lermuld	5.32	5.80	6.20	6.72	7.04	7.54	15.4	17900	3.98	13.00	45.50	5450	
47	Ret svær, muldfri, rød. Lj.	5.30	5.54	5.58	5.73	6.20	7.42	26.6	30800					
9522	Ret svær, muldfattig Lerj.	5.26	5.94	6.36	7.14	7.42	7.88	11.2	13000		11.20	39.20	4700	

Tabel 9. Oversigt over de Kalkmængder, der maa tilføres forskellige sure Jorder, for at Reaktionsstallet skal ændres til 7.0.

Reaktions- omraade	Lerjorder				Sandjorder			
	Antal Jor- der	Gennem- s. kg Kalk pr. ha til p _H 7.0	Største Mængde	Mindste Mængde	Antal Jor- der	Gennem- s. kg Kalk pr. ha til p _H 7.0	Største Mængde	Mindste Mængde
6.40—6.20	2	3700	4400	3000	2	3600	4200	3000
6.20—6.00	7	6850	10200	3650	4	13300	19000	7200
6.00—5.80	21	6400	7900	4200	17	13200	32500	3000
5.80—5.60	13	9800	12900	5200	14	14150	20000	4200
5.60—5.40	10	14020	24600	7400	6	16150	26400	8150
5.40—5.20	4	17900	30800	9750	6	13700	25500	8350
5.20—5.00					2	20900	27600	14150

større Kalkmængder til Neutralisation end Lerjorderne. Forskellen er mest fremtrædende i Reaktionsalomraadet fra p_H 5.60 og opefter.

Betragter maa Resultaterne af Aciditetsbestemmelserne i Klorkaliumekstrakt, ser man, at de Kalkmængder, som ifølge den beregnede »Totalaciditet«¹⁾ skulde være tilstrækkelig til

Tabel 10. Oversigt over de Kalkmængder, som ifølge Klorkaliummetoden kræves til Afhjælpning af forskellige sure Jorders Kalktrang.

Reaktions- omraade	Lerjorder				Sandjorder			
	Antal Jor- der	Gennem- s. kg Kalk pr. ha	Største Mængde	Mindste Mængde	Antal Jor- der	Gennem- s. kg Kalk pr. ha	Største Mængde	Mindste Mængde
6.40—6.20					2	160	180	140
6.20—6.00	4	700	1820	275	3	330	420	210
6.00—5.80	20	991	1890	210	14	647	1975	210
5.80—5.60	9	1960	4850	130	12	1180	4600	350
5.60—5.40	7	3175	5200	1820	5	1155	1810	630
5.40—5.20	3	4785	5450	4200	6	2350	3020	1680
5.20—5.00					2	2080	2600	1560

¹⁾ Ved denne Beregning af de Kalkmængder, som det er nødvendigt at tilføre sure Jorder, gaar man ud fra, at ækvivalente Basemængder udøver samme Virkning paa samme Vægtmængde Jord, enten Basen tilføres i Marken som fast Kalciumkarbonat eller i Laboratoriet som en Opløsning af NaOH. Dette er næppe Tilfældet, og man burde vel ogsaa her regne med en vis Virkningsfaktor for Kalken.

Afhjælpning af Kalktrangen, gennemgaaende er meget mindre, end de Kalkmængder, man ifølge Titreringskurverne maa anvende for at bringe Reaktionstallene op til 7.0, og de vil sikkert i de fleste Tilfælde være alt for ringe i Praksis.

Navnlig er dette Forhold paafaldende for de Sand- og Lerjorders Vedkommende, hvis p_H ligger over henholdsvis 5.4 og 5.6. Under disse Værdier er der i alle Tilfælde konstateret en betydelig »Mineralsurhed« (Udvekslingsaciditet, se senere), til hvis Afhjælpning der i det mindste kræves ca. 1600—1800 kg kulsur Kalk pr. ha.

Den størst fundne »Mineralsurhed« i Sand- og Lerjord svarer, idet der her ses bort fra den sandblandede Humusjord Nr. 9502, til henholdsvis ca. 5000 og 5500 kg kulsur Kalk. Ved *Harald R. Christensens* tidligere Undersøgelser (2) vedrørende denne Aciditetsform er der ved en enkelt Jord (svær Lerjord) konstateret en Mineralsurhed, svarende til 150 cm^3 $1/10 \text{ NaOH}$ pr. 100 g Jord eller ca. 18000 kg kulsur Kalk pr. ha; i visse Tilfælde kan det saaledes dreje sig om meget betydelige Syremængder. I Jorder med Reaktionstal 6 og derover er Mineralsurheden i alle Tilfælde kun lidet fremtrædende.

Paa Forhaand kan man naturligvis ikke vente, at en Aciditetsbestemmelse i Klorkaliumekstrakt og ved den i det foregaaende omtalte elektrometriske Titring skal give samme Resultat. Ifølge Teorien beror Syreafspaltningen ved Klorkaliumbehandling paa, at der finder en Udveksling Sted mellem Kaliumioner og visse Dobbelt-silikaters Aluminiumioner, som frigøres og meddeler Opløsningen sur Reaktion paa Grund af Hydrolyse. Denne Del af Aciditeten, som ofte betegnes Mineralsurheden eller Udvekslingsaciditeten er overvejende knyttet til Jordens mineralske Bestanddele, og det er kun den, der faas Udtryk for ved Klorkaliummetoden, medens Titreringskurverne giver et Udtryk for Mængden af samtlige surt reagerende Stoffer.

Ved danske Jorder vil Surheden formentlig ofte for en stor Del være knyttet til Humusstofferne, og da disse er i Besiddelse af en meget stor Stødpudevirkning over for Baser, er det forstaaeligt, at man meget ofte træffer Jorder, som kræver ret store Kalkmængder for at bringes til at antage Reaktionstallet 7.0, men som alligevel kun er i Besiddelse af en meget ringe Udvekslingsaciditet og i Henhold til Klorkaliummetoden ikke vil blive anset for at være kalktrængende.

Som Eksempel paa Humusjordernes store Stødpudevirkning kan anføres Jordprøverne Nr. 777, Nr. 30 og Nr. 9502 i Tabel 8 under »Sandjorder«. Disse Jorder, der betegnes som »sandblandet Humus«, har Reaktionstallene 5.40, 4.80 og 3.90. Ved Tilsætning af 30 cm³ n/30 Kalkvand pr. 10 g Jord naas kun Reaktionstallene 6.24, 5.89 og 4.83. Lignende Resultater er fundne af *Brenner* (20), som finder, at de egentlige Humusjorder er i Besiddelse af meget stor Stødpudevirkning. Paa Grund af Humusjordernes særlige Forhold ved Kalktrangsundersøgelsen er de i øvrigt holdt uden for denne Undersøgelse, hvor kun de nævnte 3 Prøver er medtagne som Eksempler.

Saadanne Jorder vil formentlig oftest træffes blandt Sandjorderne, hvis sure Egenskaber i overvejende Grad skyldes Indholdet af Humusstoffer. Det fremgaar af Oversigtstabellerne, at Udvekslingsaciditeten gennemgaaende er betydelig større for Lerjordernes end for Sandjordernes Vedkommende, hvad man ifølge det foran anførte ogsaa maatte vente.

Derimod er, som tidligere nævnt, de Kalkmængder, der er nødvendige til at bringe Reaktionstallet op til 7.0, gennemgaaende betydelig større for Sandjorderne end for Lerjorderne, ligeledes er Variationerne i disse Mængder inden for samme Reaktionsomraade gennemgaaende større for Sandjorderne end for Lerjorderne.

Dette Forhold maa antages at bero paa Humusstoffernes store Stødpudevirkning over for Baser og paa, at Mængdeforholdet mellem Humus og sure mineralske Bestanddele er mere variabelt for Sandjordernes end for Lerjordernes Vedkommende. Det skal i den Forbindelse nævnes, at *Harald R. Christensen* (2) ved sine Undersøgelser fandt, at Sandjorderne gennemgaaende viser større Syreafspaltning ved Behandling med Calciumacetat, altsaa en større Absorptionsevne over for Kalk end Lerjorderne, medens Lerjorderne gav den største Syreafspaltning ved Behandling med Kaliumklorid.

Hvorvidt Mineralsurheden og den Surhed, som skyldes Humusstofferne, er lige skadelige for Plantevæksten, er ikke let at afgøre. En Del tyder paa, at Mineralsurheden er den mest skadelige, idet man ofte finder sure Humusjorder, som ikke er kalktrængende, medens derimod sure Lerjorder vistnok altid er det. Muligvis er det de forskellige Jorders Evne til at fraspalte Aluminiumioner, der nok saa meget som Evnen til at fraspalte Brintioner er bestemmende for Kalktrangen.

Hvis dette er Tilfældet, vil antagelig Jorder med stor Udvekslingsaciditet ogsaa være stærkt kalktrængende. Imidlertid

kan der ikke være Tvivl om, at man vil finde sure Jorder, som er stærkt kalktrængende, men som alligevel viser ganske ringe Udvekslingsaciditet, og hvor en Udregning af den kvantitative Kalktrang efter Klorkaliummetoden vil give ganske misvisende Oplysninger.

Betragter man saaledes Jord Nr. 923, ser man, at den har Betegnelsen »let Sandmuld«. Dens Reaktionstal er 5.58, og den maa anses for at være stærkt kalktrængende. Titreringskurven viser, at den maa tilføres 24 600 kg kulsur Kalk pr. ha, for at Reaktionstallet skal antage Værdien 7.0, medens Kalktrangen ifølge Klorkaliummetoden skal kunne hæves ved Tilførsel af 630 kg pr. ha, en Mængde, som ifølge Titreringskurven kun vil ændre Reaktionstallet ganske ubetydeligt.

I det hele fremgaar det af Titreringskurverne for de her omtalte Jorder, at de Kalkmængder, som beregnes efter Klorkaliummetoden, i de fleste Tilfælde kun vil være i Stand til at hæve Reaktionstallet ganske lidt, og de maa, som det allerede tidligere er fremhævet af *Harald R. Christensen* (2), i Almindelighed anses for at være ganske utilstrækkelige til en fuldstændig Afhjælpning af Kalktrangen.

Oversigt over Hovedresultaterne.

De her refererede Forsøg udviser som Hovedresultat, at man ved Optagelse af en Jords Titreringskurve er i Stand til at skaffe sig ret sikker Oplysning om Størrelsen af de Kalkmængder, man maa tilføre den paagældende Jord for at hidføre visse Ændringer af Jordreaktionen.

Disse Ændringer lader sig dog ikke bestemme ved direkte Omregning fra Titreringskurven, idet den reaktionsændrende Virkning af tilsvarende Kalkmængder ikke er den samme, naar Kalken tilføres i Laboratoriet, som naar den tilføres i Marken.

Forholdet mellem de Kalkmængder, som udøver samme Reaktionsændring paa tilsvarende Jordmængder i Marken og i Laboratoriet, søgtes bestemt paa Grundlag af en Række Markforsøg med Anvendelse af stigende Kalkmængder, og det fandtes i de fleste Tilfælde at være omtrent som 3 til 1.

Den gennemsnitlige Værdi af dette Forhold, »Virkningsfaktoren«, for Kalken blev bestemt ved Tilførsel af vekslende Mængde af Kalk til Jorden og Beregning af den Mængde, der udkræves til Opnaelse af Reaktionstallene 6.8, 7.0, 7.2 og 7.4, og var som Gennemsnit af 8 Forsøg i alle fire Tilfælde lig 2.9.

Det fundne Forhold blev benyttet i Kombination med Titreringskurver ved Undersøgelse af et større Antal sure Jorder for at faa et Skøn over, hvor store Mængder Kalk der i Almindelighed behøves for at bringe saadanne Jorder til at antage Reaktionstallet 7.0. Samtidig blev der foretaget en Bestemmelse af »Udvekslingsaciditeten« i Klorkaliumekstrakt i de forskellige Jorder, og ud fra disse Bestemmelser beregnedes »Kalktrangen« saaledes som foreslaet af *Daikuhara*.

Undersøgelsen af disse 115 danske Agerjordsprøver (Mineraljorder) fra Landets forskellige Egne viser, at de Kalkmængder, man maa tilføre sure Jorder i Marken for at bringe Reaktionstallet op til 7.0, er meget forskellige. Mængderne stiger vel gennemgaaende med faldende Reaktionstal, men varierer i øvrigt saa stærkt inden for de samme Reaktionsomraader, at en enkelt Reaktionsbestemmelse absolut ikke bør lægges til Grund, hvis man vil skønne over Størrelsen af de Kalkmængder, man i de enkelte Tilfælde maa anvende i Praksis, selv om Reaktionsbestemmelsen kombineres med en Bedømmelse af Jordbundsbeskaffenheden.

Ud fra vort nuværende Kendskab til og Forstaaelse af Begreberne aktuel og potentiel Aciditet er dette Resultat ikke overraskende, men der er dog Grund til ret stærkt at henlede Opmærksomheden paa det, idet Reaktionstallet ofte fejlagtigt bliver opfattet som et kvantitativt Udtryk for Kalktrangen.

Sandjorderne synes gennemgaaende at kræve større Kalkmængder for samme Reaktionsændring end Lerjorderne. Dette er ikke i Overensstemmelse med Erfaringerne i Praksis, hvor det er en almindelig Antagelse, at Lerjorder gennemgaaende kræver større Kalkmængde til Afhjælpning af Kalktrangen end Sandjorder. Man tør dog ikke heraf slutte, at denne Antagelse er forkert, thi det maa erindres, at Undersøgelsen kun belyser Spørgsmaalet om Reaktionsændringen og ikke »Kalktrangen« som saadan, og at Reaktionen kun er een enkelt af de Faktorer, som tilsammen udgør dette Begreb, om end i Reglen vel nok een af de vigtigste.

For de stærkest sure Jorders Vedkommende varierer de Kalkmængder, som er nødvendige for at bringe Reaktionstallene op til 7.0, mellem 10 000 og 30 000 kg pr. ha. Dette stemmer nogenlunde overens med de Mængder, man i Praksis anser for formaalstjenligt at anvende til saadanne Jorder.

Til Afhjælpning af Mineralsurheden eller Udvekslingsaciditeten (Klorkaliummetoden) kræver Lerjorderne gennemgaaende mere Kalk end Sandjorderne, men de Mængder, man ad den Vej bestemmer, er dog sikkert gennemgaaende alt for smaa til Afhjælpning af Kalktrangen. Klorkaliummetoden giver ikke som Titreringskurverne et fuldstændigt Udtryk for en Jords Indhold af basebindende Stoffer og er næppe i Stand til at staa alene ved den kvantitative Kalktrangsundersøgelse, men da Mineralsurheden hovedsagelig er betinget af Aluminiumioner i Ekstrakten og derfor vistnok med Rette anses for en særlig skadelig Aciditetsform, vil Klorkaliummetoden dog utvivlsomt i mange Tilfælde kunne give særdeles vigtige Oplysninger om Jordens Reaktionstilstand.

Litteraturfortegnelse.

1. *Harald R. Christensen og O. H. Larsen*: Undersøgelser over Jordens Kalktrang. Tidsskrift for Planteavl, 117. Bind, 1910, og Untersuchungen über Methoden für Bestimmung des Kalkbedürfnisses des Bodens. Centralblatt für Bakt. II. Bd. 29, 1911.
2. *Harald R. Christensen*: Undersøgelser over Fremgangsmaader til Bestemmelse af Jordens Reaktion. Tidsskrift for Planteavl, 23. Bind, 1916, og Experiments in Methods for determining the reaction of soils. Soil Science, Vol. IV, 1917.
3. *B. Tacke*: Ueber die Bestimmung der freien Humussäuren. Chemiker Zeitung, 21. Jahrg. 1897.
4. *F. P. Veitch*: Comparison of methods for the estimation of soil acidity. The Journal of the american chem. soc. Vol. 26, 1909.
5. *H. B. Hutchinson and K. Mac Lennan*: The determination of the lime requirements of the soil. Chem. news, Vol. 110, 1914.
6. *R. Albert*: Eine neue Methode zur Bestimmung der Bodenacidität. Zeitschrift für angewandte Chemie, 1909.
7. *C. G. Hopkins, W. H. Knox and J. H. Pettit*: A quantitative method for determining the acidity of soils. U. S. Dept. of agriculture. Bureau of chemistry. Bull. Nr. 73, 1903.
8. *Daikuhara*: Ueber saure Mineralböden (The bull. of the Imp. central agricultural experiment station Japan. Vol. II, Nr. 1, 1914).
9. *A. Baumann and E. Gully*: Untersuchungen über die Humussäuren. Mitt. der Kgl. Bayrischen Moorkulturanstalt, Heft 4, 1910.
10. *Heggenhougen, S.*: Undersøgelser over den norske Jords reaktionsforhold. Nordisk Jordbrugsforskning, 5. Aarg. 1923.
11. *N. Bjerrum og J. K. Gjaldbæk*: Undersøgelser over de Faktorer, som bestemmer Jordbundens Reaktion. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Aarsskrift 1919.
12. *O. Arrhenius*: Der Kalkbedarf des Bodens vom pflanzenphysiologischen Standpunkt. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung. III. Band, Heft 3, 1924.
- 12 a. *O. Arrhenius*: Anvisningar angående utförande av markreaktions- och kalkbehovsundersökningar vid Sockerfabrikarne. Separattryck av förhandlingar vid Svenska Sockerfabrikarsdrigenternas förenings årsmöte d. 26.—27. Marts 1924. Malmö 1924.

13. *Thorbjørn Gaarder* og *Oskar Hagem*: Salpetersyredannelse i udyrket Jord. En orienterende Analyse. Meddelelse Nr. 4 fra Vestlandets forstlige Forsøgsstation. Bd. 2, Hefte 2, Bergen 1921.
14. *Hudig, J.* og *Sturm, W.*: Het meten van waterstof-ionenconcentraties in Bodenextraktes in Bodensuspensies. Rijkslandbouwproefstation 23. 1919.
15. *S. Touborg Jensen*: Om Bestemmelse af Jordens Stødpudevirkning. Tidsskrift for Planteavl, 30. Bind, 1924, og Ueber die Bestimmung der Pufferwirkung des Bodens. Intern. Mitt. für Bodenkunde, Bd. 14, 1924.
16. *P. Christensen*: Hvilke Mængder af kulsur Kalk skal tilføres de forskellige Jordbundstyper for at hidføre en vis Ændring i deres Reaktionstilstand? Ugeskrift for Landmænd 1924, Side 756.
17. *Edvard M. Crowther*: Studies on Soil Reaction. IV. The determination of the hydrogen ion concentration of soil suspensions by means of the hydrogen electrode. The Journal of Agricultural Science, Vol. XV, Part 2, April 1925.
18. *E. Büllmann*: On the measurements of hydrogen ion concentration in soil by means of the quinhydronelectrode. The Journal of Agricultural Science. Vol. XIV. Part 2, April 1925.
19. *Harald R. Christensen* og *S. Touborg Jensen*: Undersøgelser vedrørende elektrometriske Metoder til Bestemmelse af Jordreaktionen. Tidsskrift for Planteavl, 29. Bind, 1923, og Untersuchungen bezüglich der zur Bestimmung der Bodenreaktion benutzten elektrometrischen Methoden. Intern. Mitt. für Bodenkunde, Bd. 14, 1924.
20. *W. Brenner*: Ueber die Reaktion finnländischer Böden (Memoires sur le nomenclature et la classification des sols, Helsingfors 1924, S. 115).

Summary.

Investigations on the effect of carbonate of lime on soil reaction.

The most important result from the experiments described here is the fact that by making a titration curve of a soil after the method early described (15), it is possible to obtain information in regard to the amount of lime it is necessary to add to the soil in question in order to bring about certain changes in the soil reaction.

These changes may not however be computed directly from the titration curve for the change in reaction figure due to corresponding quantities of lime varies, depending on whether the lime was to be added in the laboratory or applied in the field.

The relation between the amounts of lime causing the same reaction change in corresponding quantities of soil applied in field and laboratory was determined using as a basis a series of field experiments in which increasing quantities of lime were given. In the majority of cases the relation was as 3 to 1.

The average figure to express this relation the 'liming factor' was determined by adding lime to soil and computing, by help of the titration curve, the amount necessary for attaining the reaction figures (p_H values) 6.8, 7.0, 7.2, 7.4 and in all cases, taking an average of 8 experiments, it was found to be 2.9.

In combination with the titration curves this result was used to investigate a series of acid soils in order to obtain a survey of the

quantities of lime generally required to bring such soils up to a p_H value of 7.3. Simultaneously acidity determinations were made in a chloride of potassium extract of the various soils (the *Daikuhara* method), and with these determinations as a basis, the "lime requirement" was computed.

Investigations of these 115 Danish field soils (mineral soils) from various parts of the country shows that the quantities of lime to be added to acid soils in the field in order to bring the p_H up to 7.0 vary greatly. Although the quantities increase with diminishing p_H values, they vary so greatly within the same reaction domains that a single reaction determination can by no means form a basis in computing the lime quantities to be used in the separate cases in practical farming, even if the reaction determination is combined with a judgment of the physical condition of the soil.

With our present knowledge and understanding of the terms actual and potential acidity this result is not surprising, but the fact should be emphasized, for the p_H value is often erroneously understood to be a quantitative expression for lime requirement.

Sandy soils seem on the whole to require larger quantities of lime to cause the same reaction change than loamy soils. This supposition does not coincide with observations made in practical farming where it is a generally accepted fact that loamy soils need on the average larger quantities of lime to satisfy the lime requirement than sandy soils. However it does not do to conclude that this supposition is wrong, for we must remember that the investigation only elucidates the question of reaction change and not lime requirement as such, and that the reaction is only one of the factors concerned even though one of the most important.

In the case of the strongly acid soils the amounts of lime necessary to bring the p_H up to 7.0 vary between 10,000 and 30,000 kg per ha. These coincided fairly well with the amounts a practical farmer considers necessary to apply to such soils.

To neutralize "mineral acidity" or "exchange acidity" (determined by the chloride of potassium method) loamy soils require on an average more lime than sandy soils, but the amounts determined in this way are undoubtedly on the average much too small to satisfy the lime requirement. The chloride of potassium method does not give, as do the titration curves, a complete expression of a soil's content of base-binding substances and can therefore hardly be used alone in making the quantitative lime requirement tests; however, as mineral acidity is mainly due to the aluminium ions in the extract and may therefore rightly be considered a particularly pernicious form for acidity, the chloride of potassium method will doubtless in many instances give important information in regard to the reaction condition of the soil.
