

Om bestemmelse af jordens kalkbehov.

Af Aage Henriksen.

Ifølge de provinsielle planteavlsberetninger udføres der her i landet årlig ca. 200 000 pH-bestemmelser i jordprøver. Stadig ifølge planteavlsberetningerne bliver der ved disse undersøgelser konstateret kalktrang i ca. 50 pct. af de undersøgte prøver, og det må formodes, at man i det overvejende antal af disse tilfælde foretager kalktilførsel til afhjælpning af kalktrangen.

Imidlertid er det en kendt sag — grundet på erfaringer såvel fra markforsøg som laboratorieundersøgelser — at pH-bestemmelsen alene ikke siger noget om, hvor store kalkmængder, der skal anvendes for at ændre pH med en vis størrelse. Dertil kræves en bestemmelse af jordens kalkbehov, og der findes flere forskellige metoder hertil. Herhjemme har man siden 1926 anvendt en af *S. Tovborg Jensen* (1) udarbejdet metode til disse bestemmelser, en metode, der verden over betragtes som standardmetode. Til trods for at denne med en for praksis tilstrækkelig nøjagtighed er i stand til at angive kalkbehovet, har den kun været anvendt i relativt ringe udstrækning. Det årlige antal kalkbehovsbestemmelser andrager kun nogle få hundrede, og det kan således — på baggrund af det store antal kalktrangsbestemmelser — fastslås, at man i det langt overvejende antal tilfælde nøjes med at skønne sig til kalkmængden.

Når kalkbehovsbestemmelsen kun anvendes i så ringe udstrækning, som tilfældet er, kan en af årsagerne være den, at analysen er ret omstændelig og tidskrævende, og derfor bliver noget dyr. Et andet forhold, der også kan spille ind, er det, at kalkbehovsbestemmelsen kun kan angive, hvor megen kalk, der skal tilføres for at hæve pH til en given størrelse, og ikke den optimale

kalkmængde netop for den pågældende jord. Med andre ord: Den kan ikke sige, hvilket pH der er det rigtige. Dette må man skønne sig til udfra en bedømmelse af jorden, støttet af de i vejledningen anførte optimale pH-værdier for de respektive jordtyper. Det ideale ville være, om man — ved en analyse i laboratoriet — kunne bestemme en forelagt jords optimale pH og kalkbehovet til opnåelse af samme. Forudsætningerne for en sådan analyse er desværre endnu ikke til stede; bl. a. har man kun ufuldstændigt rede på de faktorer, som øver indflydelse på en jords optimale pH. Indtil det — forhåbentlig — måtte lykkes at finde frem til disse og udforme en praktisk anvendelig analysemetode, må det imidlertid være af interesse at søge den nuværende kalkbehovsbestemmelse forenklet.

Med dette formål for øje er en del, i litteraturen angivne, metoder til bestemmelse af jordens kalkbehov blevet afprøvet. Princippet i langt den overvejende del af disse metoder er — under en eller anden form — en bestemmelse af jordens ombytningsaciditet. Udfra en sådan bestemmelse beregnes så, under anvendelse af en empirisk »virkningsfaktor«, som senere skal omtales, hvor store mængder kulsur kalk, der må anvendes til neutralisation af jorden til et fastsat pH i en vis — sædvanlig pløjelagets — dybde. Da man ved analyserne arbejder med bestemte vægtmængder jord, må endvidere jordens rumvægt bestemmes og indgå i beregningerne. Som udbytningsmiddel ved bestemmelse anvendes enten svage baser, stødpudeopløsninger eller neutralsalte.

S. *Tovborg Jensens* metode til bestemmelse af jordens kalkbehov er et eksempel på en titrering af jorden med en svag base. Man måler den stigning i pH, som kendte mængder CaCO_3 — ved anvendelse af en nærmere angivet teknik — er i stand til at give jorden (1,2). Dette princip går igen i flere andre arbejder om spørgsmålet. Da CaCO_3 imidlertid ikke lader sig anvende som titrervædske fra en burette, må man gå en noget besværlig omvej over Ca(OH)_2 . Dette medfører, at disse metoder bliver ret tids- og arbejdskrævende og følgelig bliver bestemmelse noget dyre.

Den af *H. Egnér* udarbejdede metode til kalkbehovsbestemmelse (3) er et eksempel på anvendelse af en stødpude. Men i stedet for at anvende en neutral eller basisk stødpude, med påfølgende bestemmelse af den derved udbyttede syremængde, anven-

des en laktatstødpude med pH 3,7 med efterfølgende bestemmelse af den neutraliserede syremængde. Ved anvendelse af en nærmere fastlagt metodik fører analysen til et tal, benævnt »basetallet«, der kan defineres som et udtryk for mindskningen i laktatopløsningens titrationsaciditet. Det drejer sig altså om en bestemmelse af basemængden i jorden. Udfra fastlagte grænseværdier for basetallet kan et eventuelt kalkbehov beregnes. Uden iøvrigt at diskutere denne metodes anvendelighed for danske jorder skal anføres, at man i Sverige har særlige betingelser for anvendelse af denne. Analysen kan nemlig udføres i en brøkdelen af den ekstrakt, som anvendes ved den svenske fosforsyrebestemmelse.

Anvendelse af neutralsaltopløsninger som udbytningsmiddel har været anvendt i nogen udstrækning, men er nu i det væsentlige forladt, idet brintionerne, bl. a. på grund af disses ringe størrelse, bindes så fast, at de ikke lader sig udbytte med rimelige mængder neutralsaltopløsning. *Daikuharas* metode (4) var netop et eksempel på en bestemmelse af jordens kalkbehov ved anvendelse af et neutralsalt (KCl), men som vist af *Touborg Jensen* (2) giver denne metode som helhed altfor lave resultater, idet man ved udbytning med neutralsalte i det væsentlige kun får bestemt den del af ombytningsaciditeten, som skyldes hydrolyse af udbyttede aluminiumioner. Ønsker man at fjerne en umættet jords samlede indhold af surt reagerende stoffer, d.v.s. såvel den del, som skyldes hydrolyse af udbyttede aluminiumioner som de frie og absorberede brintioner, må det umættede absorptionskompleks bringes i forbindelse med stoffer eller stofgrupper, f. eks. OH^- , CO_3^{2-} , $\text{CH}_3\text{-COO}^-$ eller lignende, som er i stand til at forbinde sig med brintionerne. Da de derved dannede syrer er svage, og følgelig kun lidet dissocierede, skulle det på den måde være muligt at fjerne en altovervejende del af en jords surt reagerende stoffer ved en enkelt behandling.

Jordens ombytningskompleks består imidlertid af svage uopløselige, »mangebaserede« syrer. Ganske vist må jordkolloiderne opfattes som amfolytter, d.v.s. at de er både syrer og baser samtidigt, men da jordkolloidernes isoelektriske punkt ligger ved pH-værdier på under 4, kommer deres basekarakter ikke, eller praktisk taget ikke, frem ved de pH-værdier, der almindeligst forefindes i jorden. Jordsyrerne kan ikke betragtes som rene syrer, idet en

større eller mindre del af syrebrinten — under normale forhold — vil være ombyttet med metalkationer. Vi må derfor regne med, at vi i jorden står over for »sure salte« af svage »mangebaserede« syrer, der med hensyn til de sidste dissocierbare brintioner er så svage, at de først afgiver dem ved meget høje pH-værdier, måske 11 eller derover. Længe inden disse pH-værdier nås, begynder imidlertid en nedbrydning, såvel af jordens organiske som uorganiske kolloider, rimeligvis under forbrug af OH-ioner.

Det vil heraf fremgå, at ombytningsaciditetens størrelse i høj grad afhænger af det pH, ved hvilket udbytningen foregår. *Tovborg Jensen* har således eksempelvis fundet, at en jord afgav 9,40 mækv. H^+ /100 g jord til en stødpude, når slut-pH i opslemningen var 7,75. Behandlede samme jord imidlertid med en stødpude af en sådan pH-værdi, at slut-pH i opslemningen var 11,68, afgav jorden 18,00 mækv. H^+ /100 g jord. Bestemmelse af en jords ombytningsaciditet må derfor foregå på et rent definitions-mæssigt grundlag. Ved *Tovborg Jensens* metode (5) defineres en jords ombytningsaciditet som den mængde brintioner, der fjernes fra jorden, når denne bringes i ligevægt med en mættet opløsning af calciumkarbonat og med kuldioxydtrykket i den normale atmosfære. Da man derved opnår en pH-værdi i jorden på 8,3—8,4, giver *Tovborg Jensens* metode altså udtryk for ombytningsaciditeten ved dette pH.

Andre forskere, f. eks. de fleste amerikanske, bestemmer ombytningsaciditeten ved pH 7,0, som oftest ved behandling af jorden med en stødpudeblanding. Som stødpude anvendes i de fleste tilfælde acetater af ammonium, calcium eller baryum, da opløsninger af disse salte har en udpræget stødpudekapacitet omkring pH 7,0. Mest anvendt er vel nok neutral ammoniumacetat, da denne stødpude specielt er velegnet for samtidig bestemmelse af baseværdien i jorden.

Den syremængde, som en jord afgiver til en stødpude, kan bestemmes på flere måder. Indirekte kan den — specielt i ammoniumacetat — bestemmes som differens mellem de af jorden absorberede ammoniumioner og den udbyttede mængde metalkationer. Direkte kan den bestemmes ved tilbagetitring af stødpuden til dennes udgangs-pH, som angivet af *Schollenberger* og *Dreibelbis* (6) eller ved måling af pH-depressionen, som foreslået af *Brown* (7).

Woodruff (8) og *Schachtschabel* (9) har beskrevet metoder til bestemmelse af jordens kalkbehov, baseret på bestemmelse af jordens ombytningsaciditet ved måling af den pH-depression, der finder sted i en stødpudeopløsning, når denne reagerer med ombytningskomplekset i jord af lavere pH end opløsningen. Som stødpude anvender *Woodruff* en blanding af calciumacetat og paranitrophenol, medens *Schachtschabel* anvender ren calciumacetat. Da analyser efter disse — i princippet ens — metoder er hurtige at gennemføre og lidet arbejdskrævende, toges disse op til en nærmere afprøvning. Sammen med de 2 nævnte stødpuder blev neutral ammoniumacetat også afprøvet.

Vurderingen af de forskellige stødpuders egnethed foretoges ved — i en række jorder af forskellige typer — at undersøge korrelationen mellem pH-depressionen og kalkbehovet til pH 7,0, bestemt efter *Tovborg Jensens* standardmetode. Afprøvningen resulterede i, at neutral ammoniumacetat valgtes som udbytningsmiddel, først og fremmest fordi der ved anvendelse af denne stødpudeblanding opnåedes den stærkeste korrelation mellem pH-depression og kalkbehov til pH 7,0. Da den foreløbige afprøvning havde vist, at der var grundlag for anvendelse af princippet, blev spørgsmål i forbindelse med fastlæggelse af den nærmere metodik taget op til undersøgelse.

Ved fastsættelse af stødpudeopløsningens styrke og jord/vædskeforholdet gør forskellige forhold sig gældende. Når kun een behandling af jorden udføres, vil pH-værdien i stødpudeblandingen falde, og man får derfor ikke bestemt ombytningsaciditeten ved pH 7,0 men ved den pH-værdi, som stødpudeblandingen i ligevægt med jorden antager. Som tidligere anført vil dette føre til for lave værdier, og det gælder derfor — rent teoretisk — om at gøre stødpudeblandingen tilstrækkelig stærk, og jord/vædskeforholdet så vidt som muligt, for at begrænse pH-depressionen til et minimum. Men rent praktisk er der grænser for, hvor meget man kan begrænse pH-depressionen, uden at det går ud over målingernes, og dermed analysernes nøjagtighed. Selv med det fineste apparatur til pH-måling, og gennemført omhyggelig verifikation af apparatet, både før og under brugen, vil det næppe være muligt at foretage pH-målinger med større nøjagtighed end 0,01—0,02 pH-enheder. Disse forhold taget i betragtning fastsattes ammoniumacetatens

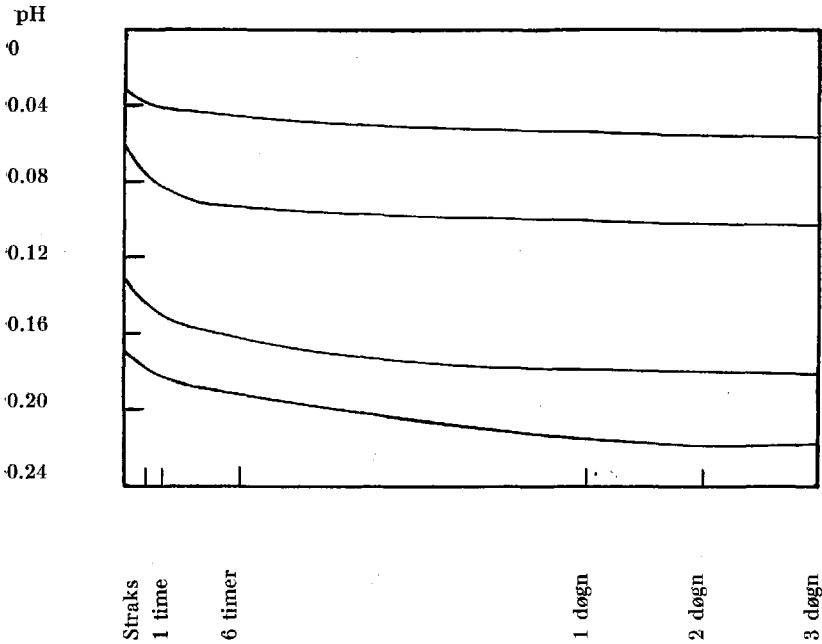


Fig. 1. Reaktionstidens indflydelse på pH-depressionen ved opslæmning af 10 g jord i 100 ml N ammoniumacetat.

styrke til 1 N og jord/vædskeforholdet til 1 : 10 for mineraljordernes vedkommende, hvilket må anses som et rimeligt kompromis.

For humusjordernes vedkommende (definitions-mæssigt fastsat som jorder med rumvægt 0,70 eller derunder), der har en betydelig større ombytningsaciditet, end man normalt finder i mineraljorder, ville der ved anvendelse af 1 n ammoniumacetat kunne blive tale om ret betydelige størrelser af pH-depression. For at begrænse pH-depressionen til en rimelig størrelse, brugtes 2 n ammoniumacetat til disse jorder. Begrænsningen kunne også være opnået ved at nedsætte indvejningen af jord til 5 g, men her ved ville man multiplicere en eventuel afvejningsfejl op til det dobbelte. Ligeledes kan der være vanskeligheder ved så små afvejninger i et materiale som f.eks. humusblandet sand, der har stor tilbøjelighed til at separere ud i æskerne.

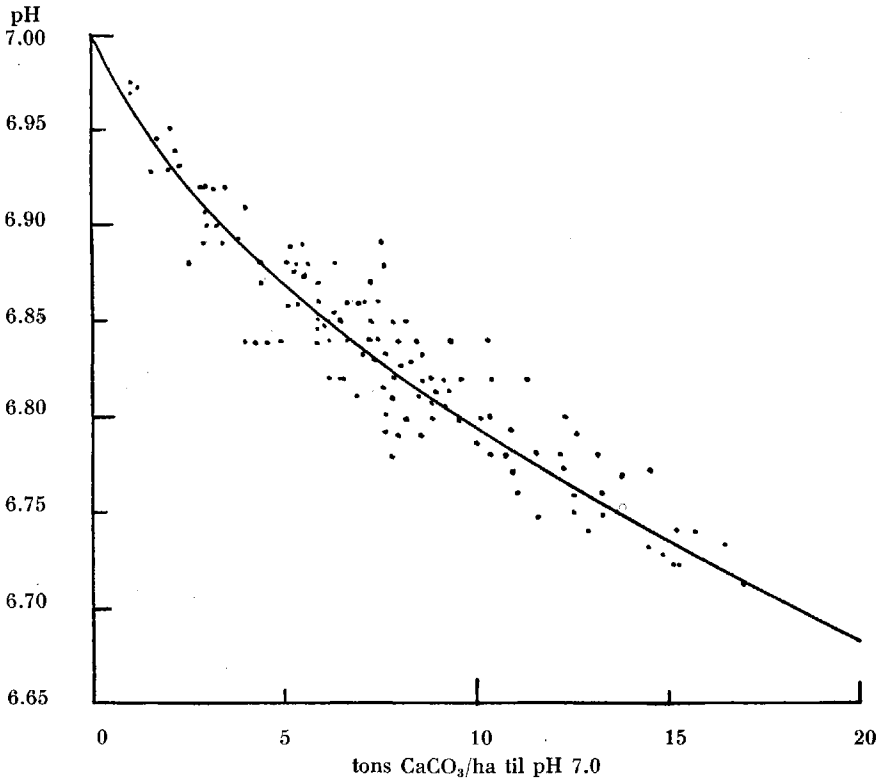


Fig. 2. Sammenhængen mellem pH i n ammoniumacetat og tons CaCO₃/ha til pH 7.0 (rumvægtsfaktor 1.0).

Reaktionstidens indflydelse fremgår af fig. 1, hvor der er anført typiske eksempler på pH-depressionens forløb. Som det vil fremgå, er der i det væsentlige opnået ligevægt efter 1 døgn; det svage fald gennem andet og tredje døgn skyldes formodentlig en langsom opløsning af humusstoffer. Prøverne henstod under lejlighedsvis omrystning. Rystning i 2 timer i roterende rysteapparat blev prøvet, såvel ved reaktionstidens begyndelse som slutning, men var uden indflydelse på pH-depressionen. Yderligere var 3 timers rystning heller ikke i stand til at erstatte 1 døgn's henstand med lejlighedsvis omrystning.

I overensstemmelse med det foran anførte blev der foretaget bestemmelse af pH ved opslemning af 10 g jord i 100 ml 1 n ammo-

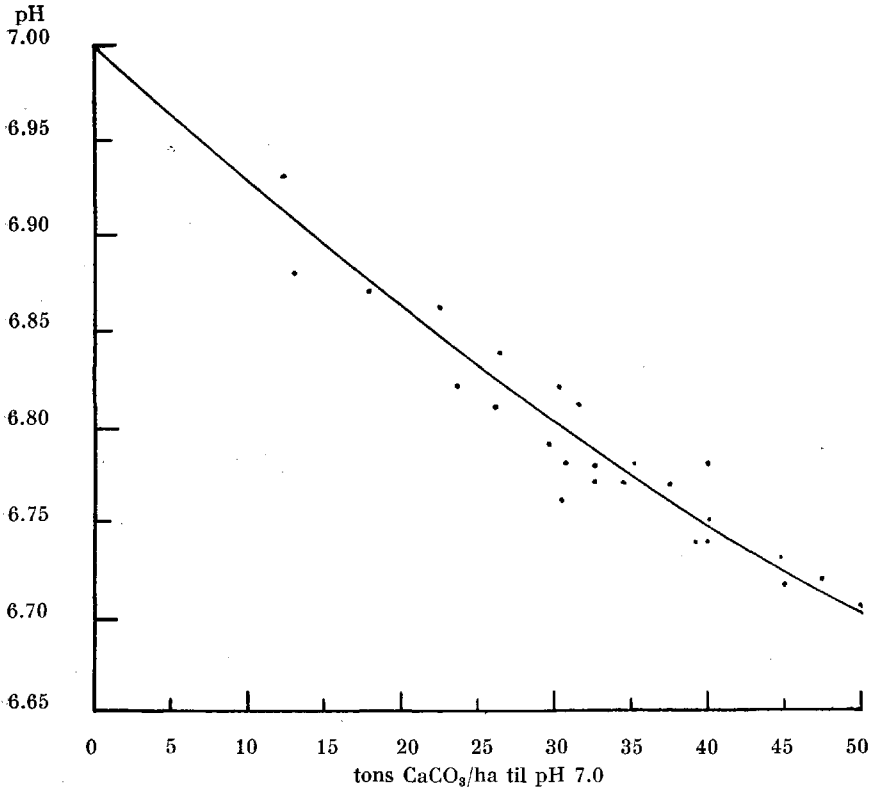


Fig. 3. Sammenhængen mellem pH i 2 n ammoniumacetat og tons CaCO₃/ha til pH 7.0 (rumvægtsfaktor 1.0).

iumacetat for 170 mineraljorders vedkommende. Henstandstiden var 1 døgn. Ligeledes blev der foretaget kalkbehovsbestemmelse efter *Tovborg Jensens* metode i samtlige jorder. Kalkbehovet beregnedes under anvendelse af rumvægtsfaktor 1,0 (10). Derefter afsattes i et koordinatsystem pH i ammoniumacetat som funktion af kalkbehovet til pH 7,0. Resultatet heraf fremgår af fig. 2.

De samme undersøgelser foretoges i 25 humusjorder, blot med anvendelse af 2 n ammoniumacetat i stedet for 1 n ammoniumacetat. Resultaterne heraf fremgår af fig. 3. De på figurerne indtegnede kurver danner grundlaget for henholdsvis tabel 1 og 2 til omregning fra det fundne pH i ammoniumacetat til tons CaCO₃ pr. ha til opnåelse af pH 7,0.

Tabel 1. Omregningstabel fra pH til tons CaCO_3 pr. ha til pH 7.0 for mineraljorder (rumvægtsfaktor 1.0).

| pH | t CaCO_3 | pH | t CaCO_3 | pH | t CaCO_3 | pH | t CaCO_3 |
|------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|
| 6.99 | 0.2 | 6.89 | 3.7 | 6.79 | 10.5 | 6.69 | 19.5 |
| 6.98 | 0.4 | 6.88 | 4.4 | 6.78 | 11.2 | 6.68 | 20.5 |
| 6.97 | 0.6 | 6.87 | 5.0 | 6.77 | 11.9 | 6.67 | 21.7 |
| 6.96 | 0.9 | 6.86 | 5.6 | 6.76 | 12.7 | 6.66 | 22.9 |
| 6.95 | 1.2 | 6.85 | 6.2 | 6.75 | 13.6 | 6.65 | 24.4 |
| 6.94 | 1.5 | 6.84 | 6.9 | 6.74 | 14.5 | 6.64 | 26.0 |
| 6.93 | 1.9 | 6.83 | 7.6 | 6.73 | 15.5 | 6.63 | 27.6 |
| 6.92 | 2.3 | 6.82 | 8.3 | 6.72 | 16.4 | 6.62 | 29.1 |
| 6.91 | 2.8 | 6.81 | 9.0 | 6.71 | 17.4 | 6.61 | 30.7 |
| 6.90 | 3.2 | 6.80 | 9.8 | 6.70 | 18.4 | 6.60 | 32.3 |

Det undersøgtes, om den »spredning«, der navnlig fandtes inden for mineraljorderne, var forårsaget af forskelle, som kunne tilskrives bestemte jordtyper. Men resultaterne fra en almindelig skønmæssig opdeling af jorderne i sand- og lerjorder viste ikke nogen ensidig afvigelse fra den indtegnede kurve. Det kunne nemlig tænkes, at forskellen i syrestyrke mellem »lersyre« og »humussyre«, der formentlig er den reaktionsbestemmende faktor i sandjord, kunne spille ind. Opslemmer man en jord i ammoniumacetat, »titrerer« man faktisk ammoniumacetaten med jorden. Har jorden, som i de udførte forsøg, $\text{pH} < 7,0$ betyder det, at man titrerer med en »syre«. Jo svagere denne syre er, desto færre

Tabel 2. Omregningstabel fra pH til tons CaCO_3 pr. ha til pH 7.0 for humusjorder (rumvægtsfaktor 1.0).

| pH | t CaCO_3 | pH | t CaCO_3 | pH | t CaCO_3 | pH | t CaCO_3 |
|------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|
| 6.99 | 1.2 | 6.89 | 15.8 | 6.79 | 32.3 | 6.69 | 51.0 |
| 6.98 | 2.5 | 6.88 | 17.4 | 6.78 | 34.0 | 6.68 | 53.0 |
| 6.97 | 3.8 | 6.87 | 19.0 | 6.77 | 35.8 | 6.67 | 55.0 |
| 6.96 | 5.2 | 6.86 | 20.6 | 6.76 | 37.6 | 6.66 | 57.1 |
| 6.95 | 6.6 | 6.85 | 22.3 | 6.75 | 39.5 | 6.65 | 59.2 |
| 6.94 | 8.1 | 6.84 | 23.9 | 6.74 | 41.4 | 6.64 | 61.3 |
| 6.93 | 9.6 | 6.83 | 25.5 | 6.73 | 43.3 | 6.63 | 63.4 |
| 6.92 | 11.2 | 6.82 | 27.2 | 6.72 | 45.2 | 6.62 | 65.6 |
| 6.91 | 12.8 | 6.81 | 28.9 | 6.71 | 47.1 | 6.61 | 67.8 |
| 6.90 | 14.3 | 6.80 | 30.6 | 6.70 | 49.0 | 6.60 | 70.0 |

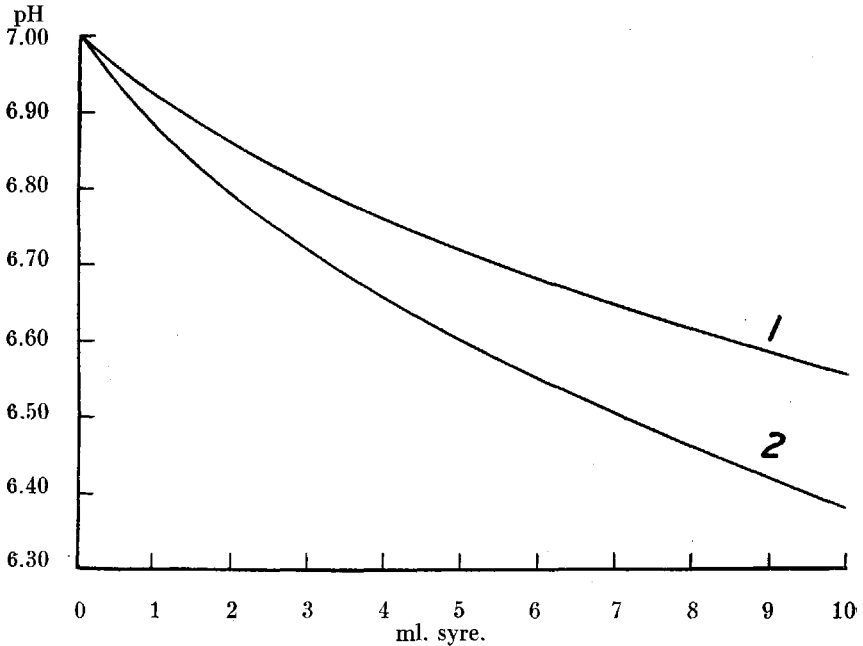


Fig. 4. Titreringskurver for ammoniumacetat.

brintioner vil den afgive til en vædske som ammoniumacetat. Følgelig bliver — for en svag syre — pH-depressionen relativt lille, og derved undervurderes antallet af brintioner. Dette forhold illustreres af fig. 4. Denne viser titreringskurver for ammoniumacetat. Kurven, mrk. 1, er frembragt ved titrering med KH_2PO_4 , medens kurven, mrk. 2 er frembragt ved at titrere med eddikesyre. Der er anvendt ækvivalente mængder af de 2 syrer, men pH-depressionen er betydelig mindre for den svage syre KH_2PO_4 . Spørgsmålet er så, om der er så stor forskel på jordsyrernes styrke, at dette forhold kan øve indflydelse. Der skal ved senere lejlighed vendes tilbage til dette spørgsmål.

Metoden giver, i den foreliggende udformning, kun kalkbehovet til opnåelse af pH 7,0. Dette vil i praksis være utilstrækkeligt under hensyn til den kendsgerning, at de forskellige jordtyper har forskelligt optimalt pH. En tillem্পning af metoden ved anvendelse af stødpudeblandinger med forskelligt pH, som skulle kunne angive kalkbehovet til opnåelse af et ønsket, lavere eller højere pH, viste sig uigennemførlig i praksis. Man kan kun usik-

kert, ved besigtigelse af en tørret, findelt jordprøve i laboratoriet, udtale sig om, hvilket pH den pågældende jord bør kalkes op til. Desuden ville det medføre, at der skulle foretages flere bestemmelser på hver prøve, hvilket ville komplicere metoden stærkt.

Der valgtes derfor en anden udvej. Resultaterne af ca. 2200 kalkbehovsbestemmelser efter *Tovborg Jensens* metode, der i tidens løb er udført ved Statens Planteavls-Laboratorium, opdeltes efter 2 hensyn, først efter jordens oprindelige pH (korrigeret måling i KCl), dernæst indenfor hver pH-gruppe efter den til opnåelse af pH 7 nødvendige kalkmængde.

Det undersøgte derpå, for hver enkelt gruppe, hvor stort det gennemsnitlige kalkbehov var til opnåelse af pH 6,0, 6,5 og 7,5. F. eks. fandtes for jorder, hvis oprindelige pH var 5,5 og som til opnåelse af pH 7 havde et kalkbehov på 8 tons CaCO_3 pr. ha, at der til opnåelse af pH 6,0 gennemsnitligt var medgået 1,5 tons CaCO_3 . Efter en frihåndsudjævning af de fundne gennemsnitstal fremgik de i tabellerne 3, 4 og 5 anførte tal.

Tabel 3. Omregningstabel fra kalkbehovet til pH 7.0 til kalkbehovet til pH 6.0 (rumvægtsfaktor 1.0).

| t CaCO_3 pr. ha til pH 7.0 | Prøvens pH: | | | | | | | | | |
|--|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| | 5.9 | 5.8 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.4 | 5.3 | 5.2 | 5.1 | 5.0 |
| 1..... | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| 2..... | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 3..... | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
| 4..... | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.2 |
| 5..... | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 1.7 |
| 6..... | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 |
| 7..... | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.3 |
| 8..... | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.6 |
| 9..... | 1.0 | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.2 | 2.5 | 2.7 | 2.9 |
| 10..... | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.1 | 2.3 | 2.6 | 2.8 | 3.1 | 3.3 |
| 12..... | 1.5 | 1.7 | 2.0 | 2.3 | 2.5 | 2.7 | 3.0 | 3.3 | 3.6 | 4.0 |
| 14..... | 1.8 | 2.1 | 2.4 | 2.7 | 3.0 | 3.3 | 3.6 | 3.9 | 4.3 | 4.6 |
| 16..... | 2.1 | 2.5 | 2.9 | 3.3 | 3.7 | 4.1 | 4.5 | 4.9 | 5.3 | 5.8 |
| 18..... | 2.5 | 2.9 | 3.3 | 3.8 | 4.3 | 4.7 | 5.2 | 5.7 | 6.2 | 6.7 |
| 20..... | 2.8 | 3.2 | 3.8 | 4.7 | 5.2 | 5.8 | 6.4 | 6.9 | 7.5 | 8.3 |
| 22..... | 3.2 | 3.7 | 4.3 | 4.9 | 5.7 | 6.4 | 7.0 | 7.7 | 8.4 | 9.5 |
| 24..... | 3.6 | 4.0 | 4.5 | 5.3 | 6.0 | 6.6 | 7.5 | 8.3 | 9.1 | 10.0 |
| 26..... | 3.9 | 4.4 | 5.1 | 5.9 | 6.8 | 7.8 | 8.6 | 8.9 | 9.5 | 10.5 |
| 28..... | — | — | — | — | 8.0 | 8.7 | 9.2 | 9.8 | 10.3 | 11.7 |
| 30..... | — | — | — | — | — | 9.6 | 10.2 | 10.7 | 11.3 | 12.2 |

Tabel 4. Omregningstabel fra kalkbehovet til pH 7.0 til kalkbehovet til pH 6.5 (rumvægtsfaktor 1.0).

| t CaCO ₃ pr. ha til pH 7.0 | Prøvens pH: | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 6.4 | 6.3 | 6.2 | 6.1 | 6.0 | 5.9 | 5.8 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.4 | 5.3 | 5.2 | 5.1 | 5.0 |
| 1..... | 0.8 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 2..... | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 |
| 3..... | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 2.0 |
| 4..... | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.6 |
| 5..... | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.1 | 2.2 | 2.4 | 2.5 | 2.7 | 2.8 | 3.0 | 3.1 | 3.3 | 3.4 |
| 6..... | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.7 | 2.9 | 3.2 | 3.4 | 3.6 | 3.8 | 4.0 | 4.2 |
| 7..... | 1.6 | 1.9 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.9 | 3.1 | 3.3 | 3.6 | 3.7 | 3.9 | 4.2 | 4.4 | 4.6 | 4.8 |
| 8..... | 2.2 | 2.5 | 2.8 | 3.0 | 3.2 | 3.4 | 3.6 | 3.8 | 4.1 | 4.3 | 4.5 | 4.8 | 5.0 | 5.1 | 5.3 |
| 9..... | 2.8 | 3.1 | 3.3 | 3.5 | 3.7 | 4.0 | 4.2 | 4.4 | 4.7 | 5.0 | 5.2 | 5.4 | 5.5 | 5.7 | 5.9 |
| 10..... | 3.1 | 3.4 | 3.6 | 3.9 | 4.2 | 4.5 | 4.8 | 5.0 | 5.3 | 5.6 | 5.8 | 6.0 | 6.3 | 6.4 | 6.6 |
| 12..... | 3.5 | 3.8 | 4.1 | 4.5 | 4.8 | 5.1 | 5.4 | 5.7 | 6.0 | 6.3 | 6.6 | 6.9 | 7.2 | 7.5 | 7.7 |
| 14..... | 4.0 | 4.4 | 4.9 | 5.3 | 5.7 | 6.1 | 6.5 | 6.7 | 7.1 | 7.4 | 7.8 | 8.1 | 8.4 | 8.7 | 9.0 |
| 16..... | — | 5.2 | 5.6 | 5.9 | 6.5 | 6.9 | 7.3 | 7.8 | 8.2 | 8.7 | 9.2 | 9.6 | 10.0 | 10.5 | 10.9 |
| 18..... | — | — | — | 6.4 | 7.1 | 7.7 | 8.3 | 8.8 | 9.2 | 9.6 | 10.2 | 10.7 | 11.2 | 11.8 | 12.4 |
| 20..... | — | — | — | — | 8.7 | 9.2 | 9.6 | 10.1 | 10.5 | 11.1 | 11.7 | 12.3 | 12.9 | 13.4 | 14.0 |
| 22..... | — | — | — | — | — | 10.4 | 10.9 | 11.5 | 12.1 | 12.7 | 13.5 | 14.2 | 14.8 | 15.4 | 15.9 |
| 24..... | — | — | — | — | — | — | — | 12.3 | 13.0 | 13.8 | 14.5 | 15.2 | 16.0 | 16.7 | 17.3 |
| 26..... | — | — | — | — | — | — | — | 14.5 | 15.1 | 15.8 | 16.5 | 17.3 | 18.1 | 18.9 | 19.8 |

Tabel 5. Omregningstabel fra kalkbehovet til pH 7.0 til kalkbehovet til pH 7.5 (rumvægtsfaktor 1.0).

| t CaCO ₃ pr. ha til pH 7.0 | Prøvens pH: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 6.9 | 6.8 | 6.7 | 6.6 | 6.5 | 6.4 | 6.3 | 6.2 | 6.1 | 6.0 | 5.9 | 5.8 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.4 | 5.3 | 5.2 | 5.1 | 5.0 |
| 1.... | 3.8 | 3.3 | 3.3 | 3.2 | 3.2 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.... | — | 5.1 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.9 | 4.9 | 4.9 | 4.8 | 4.8 | 4.8 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.6 | 4.6 | — | — | — | — |
| 3.... | — | — | 8.2 | 7.9 | 7.7 | 7.5 | 7.4 | 7.3 | 7.2 | 7.1 | 7.0 | 6.9 | 6.8 | 6.7 | 6.6 | 6.5 | 6.8 | 6.1 | — | — |
| 4.... | — | — | — | 9.8 | 9.7 | 9.6 | 9.4 | 9.2 | 9.1 | 9.0 | 8.9 | 8.8 | 8.7 | 8.6 | 8.4 | 8.3 | 8.0 | 7.9 | 7.9 | 7.8 |
| 5.... | — | — | — | — | 10.7 | 10.6 | 10.6 | 10.5 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.1 | 9.9 | 9.8 | 9.7 | 9.6 | 9.5 | 9.4 | 9.3 | 9.2 |
| 6.... | — | — | — | — | — | 12.9 | 12.7 | 12.6 | 12.5 | 12.4 | 12.3 | 12.2 | 12.1 | 12.0 | 11.9 | 11.7 | 11.5 | 11.4 | 11.3 | 11.0 |
| 7.... | — | — | — | — | — | — | 13.3 | 13.2 | 13.1 | 13.0 | 13.0 | 12.9 | 12.9 | 12.7 | 12.6 | 12.5 | 12.4 | 12.3 | 12.2 | 11.8 |
| 8.... | — | — | — | — | — | — | — | 14.7 | 14.6 | 14.5 | 14.5 | 14.4 | 14.4 | 14.3 | 14.1 | 14.0 | 13.9 | 13.7 | 13.6 | 13.4 |
| 9.... | — | — | — | — | — | — | — | — | 16.1 | 16.0 | 15.9 | 15.8 | 15.7 | 15.6 | 15.5 | 15.4 | 15.2 | 15.0 | 14.7 | 14.4 |
| 10.... | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 17.8 | 17.7 | 17.6 | 17.5 | 17.3 | 17.2 | 17.1 | 17.0 | 16.9 | 16.8 | 16.7 |
| 12.... | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 20.5 | 20.4 | 20.3 | 20.3 | 20.2 | 20.1 | 20.0 | 20.0 | 19.9 | 19.8 |
| 14.... | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 23.2 | 23.1 | 23.0 | 22.9 | 22.8 | 22.6 | 22.5 | 22.3 | 22.2 |
| 16.... | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 25.5 | 25.4 | 25.3 | 25.2 | 25.0 | 24.8 | 24.6 | 24.4 |
| 18.... | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 27.1 | 27.0 | 26.9 | 26.8 | 26.4 | 26.3 | 26.2 |
| 20.... | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 28.9 | 28.8 | 28.8 | 28.7 | 28.6 | 28.3 |
| 22.... | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 32.0 | 31.7 | 31.4 | 31.1 | 30.9 |

Frihåndsudjævningen foretoges på den måde, at hver enkelt tabel blev aftegnet på et stykke millimeterpåpir, som fastlimedes til en korkplade. Ved hjælp af strikkepinde, anbragt i tabellens felter på en sådan måde, at den fri ende af strikkepinden over korkpladen svarede til det fundne kalkbehovs størrelse i det pågældende felt, frembragtes en »flade«, der dernæst udjævnedes ved at forskyde strikkepindene op og ned til enderne dannede en jævn flade. Derefter målttes pindene igen, og de således udjævnedes gennemsnitstal er angivet i de ovennævnte tabeller.

I hovedtabellen findes anført analyseresultaterne af de til undersøgelserne anvendte prøver. Den gennemsnitlige afvigelse mellem kalkbehovet til pH 7,0, bestemt efter *Touborg Jensens* metode og ved måling af pH-depressionen i ammoniumacetat, andrager 1,2 tons CaCO_3 pr. ha eller 13,7 relative procent. For omregningen af kalkbehovet ved anvendelse af de anførte tabeller 3, 4 og 5 — med kalkbehovet til pH 7,0, bestemt ved måling af pH-depressionen i ammoniumacetat, som grundlag — fandtes følgende gennemsnitsafvigelser:

Omregning fra 7.0 til 6.0: Gns.-afv. 0.6 t CaCO_3 pr. ha

| | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|------|---|---|-----|---|---|
| » | » | 7.0 | » | 6.5: | » | » | 0.8 | » | » |
| » | » | 7.0 | » | 7.5: | » | » | 1.7 | » | » |

Som det vil fremgå af det foranstående, bygger den nye metode på det grundlag, der blev skabt ved *Touborg Jensens* undersøgelser. Der er redegjort for den sammenhæng, som er fundet mellem det pH, en opslemning af jord i ammoniumacetat — under fastsatte betingelser — antager, og kalkbehovet, bestemt efter standardmetoden. Dette betyder, at den af *Touborg Jensen* fundne »virkningsfaktor«, 2,9, også indgår i de anførte tabeller til aflæsning af kalkbehovet. »Virkningsfaktoren« angiver — som bekendt — hvor mange gange mere kalk der skal anvendes i marken end i laboratoriet for at hæve pH til en given størrelse. Den blev i sin tid bestemt som gennemsnitsværdi ud fra relativt få forsøg, og dækker over variationer fra 2,3—3,6. Forskellige udenlandske forskere, der også har bestemt en »virkningsfaktor« ud fra titreringskurver og markkurver, angiver gennemgående lavere værdier, som oftest varierende fra 1,5—2,5.

At der må tilføres mere kalk i marken end i laboratoriet for at opnå samme pH-stigning er indlysende. I laboratoriet anvendes $\text{Ca}(\text{OH})_2$ i stedet for CaCO_3 , og omsætningsbetingelserne mellem kalk og jord er ideelle. Det samme er derimod ikke tilfældet i marken, hvor kalken tilføres som CaCO_3 i mere eller mindre findelt form, og først tid efter anden blandes effektivt med jorden ved bearbejdning med redskaberne. Endvidere forudsættes det ved beregning af kalkbehovet, at kalken kun omsætter sig med jorden indtil 20 cm dybde, og det er vel tvivlsomt, om denne beregning altid holder stik.

Det er imidlertid vanskeligt at få kalkforsøg nok til at kalibrere kalkbehovsbestemmelsen med, og selve kalibreringen rummer også problemer. Forhold som jordtype og det anvendte kalkmiddels oprindelse og findelingsgrad samt nedbørsforhold og længden af reaktionstid mellem kalk og jord spiller ind. Men det skal anføres, at undersøgelser her på laboratoriet i jordprøver fra de af landbrugsorganisationerne for nogle år siden iværksatte kalkmiddelforsøg i det store og hele bekræfter, at den af *Touborg Jensen* fundne værdi, 2,9, ikke er for høj, men stadig må betragtes som den bedste gennemsnitsværdi.

Kalkbehovsbestemmelserne ved måling af pH i ammoniumacetat er udført således:

a) For mineraljorder: 10 g jord afvejes og overføres til en passende kolbe eller flaske. Der påfyldes 100 ml n ammoniumacetat (pH 7,00). Efter 1 døgn henstand under lejlighedsvis omrystning — 4—5 gange — måles pH. Ud fra det fundne pH aflæses kalkbehovet til opnåelse af pH 7,0 direkte på tabel 1. Kalkbehov til pH 6,0, 6,5 og 7,5 aflæses på tabellerne 3, 4 og 5. De fundne resultater multipliceres med jordens rumvægtsfaktor.

b) For humusjorder: Samme fremgangsmåde som ovenstående, blot anvendes 2 n ammoniumacetat og resultatet aflæses på tabel 2. Her beregnes kalkbehovet til det ønskede pH mellem jordens udgangs-pH og pH 7,0 direkte ved interpolation, idet titreringskurven er retlinet.

I tilknytning til ovenstående skal følgende bemærkes: Ammoniumacetatopløsningen fremstilles lettest og billigst ved at blande lige dele af nøjagtig 2 n eddikesyre og 2 n ammoniakvand. Det er dog sjældent, at man opnår en fuldstændig neutral blanding af dette, så det som oftest er nødvendigt at indstille blandingens pH ved hjælp af lidt eddikesyre eller ammoniakvand. Nøjagtigere styrkeindstilling — f. eks. ved bestemmelse af blandingens ammoniakindhold — skulle det ikke være nødvendigt at foretage. Har man een gang bestemt, hvor

megen eddikesyre og ammoniakvand, man skal bruge, bliver de eventuelle udsving i den fremkomne opløsnings normalitet betydningsløse.

Derimod er det af yderste vigtighed, at opløsningens pH er indstillet til nøjagtig 7,00. Først og fremmest på grund af, at denne værdi er fastlagt som »nulpunkt« ved beregningen af kalkbehovet. Dernæst fordi den udbyttede mængde syre — som nævnt — i langt højere grad er afhængig af det pH, udbytningen sker ved, end af småvariationer i udbytningsmidlets normalitet.

De opnåede resultatets kvalitet og reproducerbarhed afhænger helt og holdent af pH-målingernes nøjagtighed. Der kræves et meget fint apparatur til udførelsen af målingerne, og dette må — både før og under målingerne — omhyggeligt kontrolleres, såvel over for den anvendte ammoniumacetat som mindst en stødpudeblanding yderligere (en stødpude med pH 6,50 er her velegnet). Ligeledes må elektrodekædens temperatur tages i betragtning.

Målingerne er foretaget med glaselektrode på pH-meter 3 (radiometer). Måling med kinhydronelktrode i forbindelse med et fintmærkende potentiometer og spejlgalvanometer som nulinstrument kan også anvendes. Men da ammoniumacetatopløsningen dekomponerer kinhydron, må tilsætningen af dette stof i så tilfælde ske umiddelbart før målingen, der må foretages på så kort tid, som muligt.

Ved kalkbehovsbestemmelserne er der, for alle prøvers vedkommende, foretaget uafhængige dobbeltbestemmelser af pH. Til belysning af resultaternes reproducerbarhed skal anføres, at differencen mellem 2 uafhængige bestemmelser kun sjældent har andraget 0,02 pH-enhed eller derover. I næsten alle tilfælde har det været muligt, at holde afvigelserne på omkring 0,01 pH-enhed.

Oversigt over resultaterne af 150 kalkbehovsbestemmelser bestemt
såvel efter *Touborg Jensens* metode som efter ny metode.
Mineraljorder.

| Jord nr. | pH | Kalkbehov tons pH 7.0 | | Kalkbehov tons pH 6.0 | | Kalkbehov tons pH 6.5 | | Kalkbehov tons pH 7.5 | |
|-------------|-----|--------------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|
| | | Tovb. J. | ny met. | Tovb. J. | ny met. | Tovb. J. | ny met. | Tovb. J. | ny met. |
| 605 | 5.7 | 11.6 | 12.2 | 1.9 | 2.0 | 5.3 | 5.8 | 16.7 | 20.5 |
| 607 | 5.7 | 13.3 | 14.3 | 2.4 | 2.5 | 6.8 | 6.8 | 23.5 | 23.4 |
| 609 | 5.3 | 10.4 | 9.8 | 3.1 | 2.5 | 6.3 | 5.9 | 16.7 | 16.9 |
| 611 | 5.3 | 14.8 | 12.2 | 3.1 | 3.1 | 7.5 | 7.1 | 23.6 | 20.4 |
| 614 | 5.6 | 7.5 | 7.7 | 0.5 | 1.1 | 3.6 | 3.9 | 11.9 | 13.1 |
| 615 | 6.1 | 8.0 | 7.0 | — | — | 3.1 | 2.4 | 14.8 | 13.0 |
| 616 | 6.1 | 8.7 | 9.0 | — | — | 3.9 | 3.5 | 14.3 | 16.0 |
| 617 | 6.0 | 8.5 | 7.4 | — | — | 3.6 | 2.7 | 14.1 | 13.6 |
| 621 | 5.5 | 10.9 | 10.5 | 2.7 | 2.2 | 6.3 | 5.8 | 17.2 | 18.5 |
| 622 | 5.2 | 33.0 | 37.5 | 14.8 | 16.7 | 23.8 | 27.8 | — | — |
| 627 | 5.6 | 6.1 | 6.2 | 1.2 | 0.9 | 3.1 | 3.1 | 10.9 | 11.9 |
| 628 | 6.3 | 5.3 | 4.7 | — | — | 1.2 | 1.2 | 12.1 | 10.2 |
| 629 | 5.4 | 7.3 | 5.0 | 1.5 | 1.0 | 3.9 | 2.8 | 11.9 | 9.6 |
| 630 | 6.0 | 6.1 | 5.9 | — | — | 1.7 | 2.1 | 11.6 | 12.3 |
| 632 | 6.4 | 7.8 | 5.4 | — | — | 3.1 | 1.1 | 11.1 | 11.4 |
| 634 | 5.9 | 9.2 | 8.7 | — | — | 3.1 | 3.8 | 22.3 | 15.3 |
| 635 | 5.4 | 10.6 | 7.2 | 1.8 | 1.4 | 6.1 | 4.0 | 17.0 | 12.5 |
| 638 | 5.8 | 8.7 | 6.2 | 0.9 | 0.6 | 3.5 | 2.7 | 16.0 | 12.2 |
| 639 | 6.3 | 7.5 | 5.4 | — | — | 2.2 | 1.3 | 15.5 | 11.5 |
| 640 | 6.2 | 6.6 | 5.6 | — | — | 1.2 | 1.6 | 13.8 | 11.6 |
| 646 | 5.2 | 14.5 | 12.2 | 4.1 | 3.8 | 8.7 | 7.4 | 21.0 | 20.4 |
| 647 | 5.2 | 13.8 | 10.5 | 3.1 | 2.9 | 7.8 | 6.8 | 19.0 | 19.1 |
| 649 | 5.0 | 16.5 | 13.0 | 7.0 | 4.3 | 11.4 | 8.4 | 22.8 | 21.1 |
| 652 | 5.3 | 9.5 | 8.8 | 1.7 | 2.1 | 4.4 | 5.2 | 18.7 | 14.3 |
| 655 | 5.2 | 12.9 | 8.8 | 3.1 | 2.5 | 7.3 | 5.5 | 20.8 | 14.7 |
| 656 | 5.3 | 12.9 | 9.0 | 2.7 | 2.2 | 6.8 | 5.4 | 21.0 | 15.0 |
| 662 | 5.7 | 6.6 | 7.0 | 0.8 | 0.8 | 2.7 | 3.3 | 12.1 | 12.7 |
| 664 | 5.6 | 7.8 | 5.3 | 0.9 | 0.7 | 3.9 | 2.6 | 12.9 | 10.3 |
| 663 | 5.8 | 6.3 | 4.4 | 0.6 | 0.4 | 1.9 | 1.9 | 14.5 | 9.6 |
| 666 | 5.7 | 10.6 | 11.6 | 1.7 | 1.9 | 4.8 | 5.5 | 17.4 | 19.0 |
| 670 | 6.1 | 5.1 | 3.9 | — | — | 1.7 | 1.3 | 10.2 | 9.0 |
| 671 | 5.5 | 9.7 | 9.8 | 2.0 | 2.1 | 4.6 | 5.5 | 16.5 | 16.9 |
| 672 | 6.1 | 7.0 | 6.8 | — | — | 3.9 | 2.4 | 11.9 | 12.8 |
| 673 | 6.1 | 5.6 | 4.4 | — | — | 1.9 | 1.4 | 10.6 | 9.6 |
| 675 | 6.1 | 8.5 | 7.4 | — | — | 5.1 | 2.7 | 13.6 | 13.6 |
| 676 | 5.6 | 8.2 | 8.3 | 1.5 | 1.3 | 4.4 | 4.4 | 13.3 | 14.5 |
| 677 | 6.4 | 5.1 | 5.6 | — | — | 1.9 | 1.2 | 10.4 | 11.7 |
| 678 | 5.8 | 9.0 | 8.9 | 0.7 | 1.1 | 4.1 | 4.1 | 15.5 | 15.6 |
| 681 | 5.9 | 7.5 | 8.5 | — | — | 3.9 | 3.7 | 12.4 | 15.1 |
| 682 | 6.0 | 6.3 | 6.2 | — | — | 2.4 | 2.4 | 15.0 | 12.5 |
| 683 | 5.6 | 9.2 | 8.1 | 2.2 | 1.2 | 5.3 | 4.2 | 13.6 | 14.2 |
| 685 | 5.9 | 6.1 | 7.0 | 0.2 | 0.6 | 2.4 | 2.9 | 10.9 | 12.9 |
| 686 | 6.0 | 4.8 | 6.6 | — | — | 1.9 | 2.4 | 9.2 | 12.6 |
| 687 | 6.1 | 3.9 | 5.3 | — | — | 1.5 | 1.7 | 8.5 | 10.6 |
| 688 | 6.0 | 6.8 | 8.6 | — | — | 2.7 | 3.5 | 12.6 | 15.1 |
| 690 | 5.9 | 7.8 | 8.3 | 0.5 | 0.7 | 3.6 | 3.6 | 14.1 | 14.6 |
| 691 | 5.7 | 6.6 | 6.5 | 1.2 | 0.8 | 3.4 | 3.0 | 12.1 | 12.3 |
| 693 | 5.8 | 8.5 | 7.0 | 1.0 | 0.7 | 3.9 | 3.1 | 15.0 | 12.9 |

(Fortsættes næste side).

Oversigt (fortsat).

| Jord nr. | pH | Kalkbehov tons pH 7.0 | | Kalkbehov tons pH 6.0 | | Kalkbehov tons pH 6.5 | | Kalkbehov tons pH 7.5 | |
|----------|-----|--------------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|
| | | Tovb. J. | ny met. | Tovb. J. | ny met. | Tovb. J. | ny met. | Tovb. J. | ny met. |
| 694 | 5.9 | 5.1 | 5.4 | 0.2 | 0.4 | 2.4 | 2.2 | 10.7 | 10.2 |
| 695 | 6.2 | 4.1 | 6.9 | — | — | 1.5 | 2.1 | 8.7 | 12.9 |
| 697 | 5.9 | 10.2 | 14.6 | 1.2 | 1.8 | 4.8 | 6.3 | 21.8 | 23.8 |
| 698 | 5.6 | 12.1 | 11.4 | 2.2 | 2.2 | 6.1 | 5.8 | 20.8 | 19.6 |
| 709 | 5.7 | 8.2 | 9.8 | 1.7 | 1.7 | 4.6 | 4.9 | 13.6 | 17.3 |
| 710 | 5.5 | 6.6 | 8.3 | 1.0 | 1.5 | 3.6 | 4.4 | 11.1 | 14.5 |
| 715 | 5.5 | 8.5 | 8.6 | 1.7 | 1.6 | 4.6 | 4.6 | 13.8 | 14.0 |
| 716 | 5.6 | 12.4 | 13.9 | 2.2 | 2.7 | 6.1 | 7.0 | 19.6 | 22.8 |
| 717 | 5.6 | 8.7 | 9.8 | 1.0 | 1.8 | 4.4 | 5.1 | 14.3 | 16.9 |
| 719 | 5.8 | 16.5 | 15.8 | 1.2 | 2.4 | 6.8 | 7.2 | — | — |
| 720 | 5.7 | 10.9 | 12.2 | 1.5 | 2.0 | 4.6 | 5.7 | 21.8 | 20.6 |
| 721 | 5.9 | 7.5 | 9.0 | 0.6 | 1.0 | 3.4 | 4.0 | 12.6 | 15.8 |
| 722 | 5.5 | 12.1 | 15.3 | 2.9 | 3.3 | 7.0 | 8.1 | 19.7 | 23.6 |
| 724 | 5.6 | 23.2 | 24.1 | 5.8 | 5.4 | 13.1 | 13.8 | — | — |
| 726 | 5.4 | 31.0 | 36.2 | — | — | — | — | — | — |
| 727 | 5.4 | 12.9 | 14.3 | 2.7 | 3.4 | 7.0 | 7.9 | 20.6 | 22.6 |
| 728 | 5.4 | 8.0 | 9.5 | 1.2 | 2.1 | 3.6 | 5.5 | 15.3 | 15.9 |
| 730 | 5.8 | 9.5 | 10.0 | 1.4 | 1.5 | 3.9 | 4.8 | 16.7 | 17.5 |
| 732 | 5.7 | 10.4 | 11.4 | 1.9 | 1.9 | 5.6 | 5.6 | 17.2 | 18.5 |
| 733 | 5.6 | 10.9 | 12.2 | 1.5 | 2.3 | 5.1 | 6.1 | 22.0 | 20.7 |
| 737 | 5.9 | 13.3 | 11.4 | 2.7 | 1.5 | 7.0 | 4.9 | 23.2 | 19.8 |
| 747 | 5.6 | 8.5 | 9.0 | 1.9 | 1.5 | 4.8 | 4.7 | 13.6 | 15.5 |
| 748 | 5.5 | 8.5 | 8.9 | 1.0 | 1.7 | 4.4 | 4.9 | 15.5 | 15.3 |
| 749 | 5.4 | 11.6 | 13.6 | 2.2 | 2.9 | 6.1 | 7.4 | 19.8 | 21.4 |
| 750 | 5.6 | 8.5 | 8.9 | 2.4 | 1.5 | 4.8 | 4.7 | 14.3 | 15.2 |
| 751 | 5.4 | 8.7 | 8.2 | 2.7 | 1.7 | 5.3 | 5.3 | 13.1 | 14.1 |
| 752 | 5.7 | 13.8 | 12.3 | 0.2 | 2.0 | 5.8 | 5.8 | 27.8 | 21.0 |
| 753 | 5.3 | 12.9 | 12.8 | 3.6 | 3.3 | 8.2 | 7.5 | 21.3 | 21.0 |
| 754 | 5.6 | 11.6 | 11.4 | 1.2 | 2.0 | 5.3 | 5.8 | 17.5 | 18.8 |
| 755 | 5.5 | 7.5 | 8.6 | 0.7 | 1.5 | 3.9 | 4.7 | 13.3 | 14.7 |
| 756 | 5.4 | 12.4 | 12.2 | 2.9 | 2.9 | 7.3 | 7.3 | 20.9 | 20.6 |
| 761 | 5.4 | 10.6 | 8.5 | 4.1 | 1.8 | 7.3 | 4.9 | 15.3 | 14.5 |
| 762 | 6.5 | 5.3 | 4.4 | — | — | — | — | 11.1 | 10.0 |
| 763 | 5.6 | 7.3 | 9.4 | 1.5 | 1.6 | 3.6 | 4.9 | 13.6 | 16.0 |
| 764 | 5.4 | 13.3 | 12.8 | 3.1 | 3.1 | 7.5 | 7.2 | 21.8 | 21.1 |
| 765 | 5.0 | 15.0 | 16.7 | 5.3 | 6.0 | 9.7 | 11.3 | 22.3 | 25.2 |
| 766 | 5.4 | 9.5 | 12.4 | 2.5 | 2.8 | 5.6 | 6.8 | 14.3 | 20.2 |
| 767 | 5.4 | 10.2 | 10.4 | 2.4 | 2.4 | 5.8 | 6.1 | 16.2 | 17.5 |
| 768 | 5.5 | 5.6 | 5.9 | 1.2 | 1.1 | 2.9 | 3.2 | 9.5 | 11.6 |
| 769 | 5.6 | 2.9 | 2.8 | 0.4 | 0.4 | 1.0 | 1.2 | 6.8 | 6.6 |
| 771 | 5.5 | 12.6 | 13.9 | 2.7 | 3.0 | 6.1 | 7.2 | 21.2 | 22.7 |
| 774 | 5.0 | 11.9 | 8.0 | 4.6 | 2.6 | 7.3 | 5.3 | 15.6 | 13.4 |
| 776 | 6.2 | 7.3 | 7.0 | — | — | 2.0 | 2.2 | 15.0 | 13.1 |
| 777 | 5.7 | 5.3 | 4.2 | 0.5 | 0.4 | 2.4 | 2.0 | 10.2 | 9.1 |
| 778 | 5.8 | 5.3 | 4.5 | 0.5 | 0.5 | 2.4 | 2.0 | 10.0 | 9.5 |
| 35671 | 5.9 | 7.5 | 10.3 | 0.8 | 1.4 | 2.9 | 4.7 | 14.1 | 18.0 |
| 33447 | 6.1 | 4.4 | 6.3 | — | — | 1.7 | 2.1 | 9.5 | 12.9 |
| 32615 | 6.0 | 3.0 | 3.2 | — | — | 0.9 | 1.1 | 6.4 | 7.5 |
| 34532 | 6.1 | 2.6 | 3.4 | — | — | 0.8 | 1.1 | 5.6 | 8.0 |
| 32456 | 6.2 | 3.2 | 3.6 | — | — | 1.1 | 1.0 | 7.6 | 8.2 |
| 34536 | 5.8 | 5.0 | 5.0 | 0.4 | 0.5 | 2.3 | 2.2 | 10.2 | 10.1 |

(Fortsættes næste side).

Oversigt (fortsat).

| Jord nr. | pH | Kalkbehov tons pH 7.0 | | Kalkbehov tons pH 6.0 | | Kalkbehov tons pH 6.5 | | Kalkbehov tons pH 7.5 | |
|-------------|-----|--------------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|
| | | Tovb. J. | ny met. | Tovb. J. | ny met. | Tovb. J. | ny met. | Tovb. J. | ny met. |
| 36129 | 5.6 | 7.0 | 7.0 | 1.0 | 1.0 | 3.5 | 3.5 | 12.8 | 12.6 |
| 37630 | 6.3 | 5.6 | 3.7 | — | — | 1.5 | 0.8 | 12.1 | 8.3 |
| 37648 | 6.3 | 3.4 | 2.3 | — | — | 0.7 | 0.5 | 8.0 | 6.0 |
| 41631 | 6.1 | 2.0 | 1.9 | — | — | 0.5 | 0.5 | 4.2 | 4.3 |
| 41632 | 6.3 | 2.0 | 1.1 | — | — | 0.4 | 0.3 | 4.5 | 3.2 |
| 40233 | 6.4 | 2.0 | 1.9 | — | — | — | — | 5.0 | 4.9 |
| 40538 | 6.2 | 3.1 | 2.3 | — | — | 1.2 | 0.5 | 6.6 | 6.0 |
| 40539 | 5.8 | 4.0 | 2.8 | 0.7 | 0.3 | 2.0 | 1.1 | 7.9 | 6.5 |
| 40540 | 6.8 | 1.0 | 0.6 | — | — | — | — | 3.9 | 1.8 |
| 42409 | 6.6 | 1.1 | 0.6 | — | — | — | — | 3.6 | 1.9 |
| 42453 | 6.6 | 2.8 | 2.3 | — | — | — | — | 5.6 | 6.5 |
| 42467 | 6.7 | 2.1 | 1.8 | — | — | — | — | 4.1 | 4.6 |
| 42471 | 6.8 | 1.6 | 1.3 | — | — | — | — | 6.1 | 3.9 |
| 39299 | 6.5 | 1.7 | 2.1 | — | — | — | — | 4.4 | 5.3 |
| 145 | 6.0 | 6.1 | 8.1 | — | — | 2.3 | 3.2 | 12.8 | 14.5 |
| 154 | 5.6 | 5.8 | 7.8 | — | — | 2.0 | 3.5 | 12.8 | 13.1 |
| 157 | 5.8 | 5.8 | 5.4 | — | — | 2.6 | 2.3 | 12.8 | 11.2 |
| 163 | 6.0 | 7.3 | 7.4 | — | — | 2.3 | 2.8 | 13.9 | 13.7 |
| 169 | 5.8 | 6.9 | 5.2 | — | — | 2.8 | 2.8 | 12.0 | 10.0 |
| 170 | 5.5 | 11.0 | 10.4 | — | — | 6.0 | 5.8 | 17.0 | 17.5 |
| 192 | 6.0 | 5.2 | 5.6 | — | — | 1.7 | 2.1 | 10.5 | 11.2 |
| 201 | 5.7 | 4.4 | 5.0 | — | — | 1.2 | 2.4 | 9.5 | 9.9 |
| 198 | 5.4 | 16.8 | 14.9 | 4.4 | 3.7 | 9.2 | 8.4 | 22.8 | 23.6 |
| 5919 | 5.0 | 16.8 | 15.0 | 6.5 | 5.2 | 11.6 | 10.3 | 24.1 | 23.0 |
| 24 | 5.0 | 18.0 | 21.3 | 8.2 | 8.9 | 12.8 | 14.8 | 27.6 | 29.8 |
| 606 | 5.0 | 21.8 | 21.8 | 7.8 | 9.2 | 13.6 | 15.3 | 31.2 | 30.4 |
| 46688 | 5.1 | 9.4 | 8.1 | 3.4 | 2.5 | 6.1 | 5.4 | 14.2 | 13.6 |
| 704 | 5.0 | 22.0 | 19.0 | 8.5 | 7.5 | 13.8 | 13.2 | 30.8 | 27.2 |
| 706 | 5.2 | 17.9 | 16.1 | 5.6 | 5.0 | 10.6 | 10.2 | 25.4 | 24.6 |
| 744 | 5.2 | 15.4 | 15.8 | 5.6 | 4.9 | 10.0 | 9.8 | 23.2 | 24.3 |
| 738 | 5.4 | 15.7 | 15.1 | 4.8 | 3.7 | 10.6 | 9.7 | 20.6 | 23.6 |
| 745 | 5.2 | 10.9 | 12.0 | 3.6 | 3.9 | 7.0 | 7.2 | 15.7 | 19.9 |
| 746 | 5.4 | 7.8 | 8.2 | 1.9 | 1.8 | 4.6 | 4.6 | 12.6 | 14.2 |
| 773 | 5.5 | 9.2 | 8.7 | 2.2 | 1.6 | 5.1 | 4.8 | 15.3 | 14.8 |
| 775 | 5.0 | 13.6 | 10.8 | 5.3 | 3.6 | 9.7 | 7.0 | 19.4 | 17.0 |
| 626 | 5.6 | 9.2 | 8.0 | 1.5 | 1.3 | 4.4 | 4.1 | 15.3 | 14.1 |
| 631 | 6.2 | 8.5 | 9.6 | — | — | 2.5 | 3.5 | 16.5 | 16.7 |
| 636 | 6.5 | 3.4 | 3.2 | — | — | — | — | 8.2 | 8.1 |
| 637 | 6.5 | 2.9 | 3.4 | — | — | — | — | 7.3 | 8.3 |
| 642 | 6.0 | 8.2 | 9.7 | — | — | 2.9 | 3.9 | 16.1 | 17.3 |
| 2470 | 5.9 | 4.7 | 5.6 | 0.4 | 0.5 | 2.0 | 2.4 | 9.8 | 11.2 |
| 3275 | 5.8 | 13.0 | 12.0 | 3.8 | 3.0 | 7.5 | 6.9 | 21.4 | 20.0 |
| 3276 | 5.9 | 6.1 | 7.0 | 0.7 | 0.6 | 2.6 | 2.9 | 11.3 | 12.9 |
| 4791 | 6.0 | 5.8 | 8.9 | — | — | 2.0 | 3.6 | 12.0 | 15.7 |
| 5572 | 6.0 | 10.4 | 10.1 | — | — | 4.6 | 4.2 | 17.3 | 17.7 |
| 5624 | 5.0 | 10.9 | 11.8 | 3.9 | 4.0 | 7.2 | 7.6 | 18.8 | 19.6 |
| 5625 | 5.5 | 6.1 | 6.1 | 1.5 | 1.0 | 3.5 | 3.2 | 11.0 | 11.8 |
| 5626 | 5.1 | 10.5 | 10.4 | 3.6 | 3.3 | 6.3 | 6.6 | 18.0 | 18.2 |
| 5627 | 6.1 | 4.4 | 4.1 | — | — | 1.9 | 1.3 | 8.1 | 9.3 |
| 5628 | 5.4 | 8.7 | 7.0 | 2.5 | 1.4 | 5.1 | 3.9 | 14.0 | 12.4 |
| 6301 | 6.0 | 3.3 | 2.8 | — | — | 1.2 | 0.8 | 6.8 | 6.8 |
| Sum: | | 1336.2 | 1327.1 | 240.5 | 231.5 | 662.6 | 658.9 | 2119.1 | 2126.8 |
| Gens.: | | 8.9 | 8.8 | 2.5 | 2.4 | 4.8 | 4.7 | 14.5 | 14.6 |

(Fortsættes næste side).

Oversigt (fortsat).

Humusjorder.

| Jord nr. | pH | Kalkbehov tons pH 7.0 | | Jord nr. | pH | Kalkbehov tons pH 7.0 | |
|----------|-----|--------------------------|---------|----------|-----|--------------------------|---------|
| | | Tovb. J. | ny met. | | | Tovb. J. | ny met. |
| 146 | 5.3 | 32.4 | 27.0 | 735 | 5.8 | 49.4 | 43.0 |
| 191 | 5.3 | 47.0 | 47.0 | 19800 | 6.2 | 20.4 | 19.6 |
| 204 | 4.8 | 40.0 | 33.0 | 01 | 5.8 | 33.4 | 24.8 |
| 622 | 5.2 | 33.0 | 34.0 | 03 | 6.2 | 17.5 | 15.6 |
| 680 | 5.2 | 120.0 | 110.0 | 05 | 5.7 | 24.8 | 21.4 |
| 691 | 5.0 | 84.0 | 76.0 | 19797 | 6.3 | 11.1 | 12.8 |
| 705 | 4.8 | 30.1 | 36.0 | 99 | 6.2 | 20.4 | 18.2 |
| 707 | 5.0 | 33.0 | 34.0 | 19841 | 6.4 | 19.2 | 21.7 |
| 711 | 5.4 | 52.8 | 59.0 | 43 | 6.4 | 17.1 | 17.6 |
| 740 | 5.0 | 62.9 | 61.0 | 55 | 6.0 | 12.0 | 11.2 |
| 741 | 5.6 | 39.5 | 40.0 | 23627 | 5.7 | 32.3 | 31.5 |
| 743 | 5.2 | 44.0 | 42.5 | 620 | 5.0 | 35.8 | 31.9 |
| 712 | 5.6 | 40.5 | 38.0 | 623 | 4.9 | 32.0 | 39.0 |

Litteratur:

1. S. Tovborg Jensen: Om Bestemmelse af Jordens Stødpudevirkning. *Tidsskrift for Planteavl*, bd. 30, 1924, s. 565—85.
2. S. Tovborg Jensen: Undersøgelser over Kalciumkarbonats reaktionsændrende Virkning i Jordbunden. *Tidsskrift for Planteavl*, bd. 31, 1925, s. 744—78.
3. H. Egnér: Kongresberetning 1948. *N. J. F.s kongres i Oslo 1947*.
4. Daikuhara: Ueber saure Mineralböden (*The bull. of the Imp. central agricultural experiment station, Japan*. Vol. II, nr. 1, 1914).
5. S. Tovborg Jensen: Kalkens omsætninger i Jordbunden, teoretisk og eksperimentelt belyst. *Tidsskrift for Planteavl*, bd. 41, 1936, s. 571—649.
6. C. J. Schollenberger og F. R. Dreibelbis: Analytical methods in base exchange investigations on soils. *Soil Science*, bd. 30, 1930, s. 161—73.
7. Irvin C. Brown: A rapid method of determining exchangeable hydrogen and total exchangeable bases of soils. *Soil Science*, bd. 56, 1943, s. 353—57.
8. C. M. Woodruff: Testing soils for lime requirement by means of a buffered solution and the glass electrode. *Soil Science*, bd. 66, 1948, s. 53—65.
9. P. Schachtschabel: Die Bestimmung der Bodenreaktion und des Kalkbedarfs. *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde*, bd. 40, s. 159—61.
10. K. A. Bondorff: Om bestemmelse af jordens rumvægt. *Tidsskrift for Planteavl*, bd. 53, 1950, s. 449—60.