

Undersøgelser over Ammoniakfordampning i Forbindelse med Kvælstoftab ved Udbringning af naturlige Gødninger.

II. Ajle.

Ved S. Tovborg Jensen.

221. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Med nærværende Beretning er de Undersøgelser, som har været udførte paa Statens Planteavls-Laboratorium vedrørende Ammoniakfordampning fra Ajle, foreløbig bragte til en Afslutning.

Arbejdet er et Supplement til det, som er omtalt i 211. Beretning (Tidsskrift for Planteavl, 34. Bind, Side 117—47). En Del Spørgsmaal af Interesse var, da 211. Beretning blev offentliggjort, endnu ikke taget op til Undersøgelse i Laboratoriet. Dette er siden sket, og disse Undersøgelseres Hovedresultater fremlægges herved.

Beretningen omfatter Undersøgelser over Omsætningen mellem Gips og Ammoniumkarbonat, samt Gipsens Anvendelighed som Ajle-konserveringsmiddel, endvidere Undersøgelser over Temperaturen's Indflydelse paa Ammoniakfordampningens Hastighed, og endelig angives der Metoder til hurtig Bestemmelse af Kvælstof- og Karbonat-indholdet i Ajle.

Arbejdet er planlagt og udført af Afdelingsbestyrer ved Statens Planteavls-Laboratorium, cand. polyt. *S. Tovborg Jensen*, der ogsaa har skrevet Beretningen.

Ved Analysearbejdet har Frk. *E. Christensen* medvirket.

Forsøgslederne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Som tidligere paavist, skyldes det store Kvælstoftab, der kan iagttages ved Udbringning af Ajle, den Omstændighed, at største Delen af Ajlens Kvælstof er til Stede i Form af Ammoniumkarbonat. Ajlens Reaktion er ret stærkt alkalisk, og

den er derfor i Besiddelse af en vis Ammoniakdampspænding. Naar Ajlen udsættes for Luftens Paavirkning, fordampes der Ammoniak, og samtidig fordampes Syren (CO_2), hvortil Ammoniakken er bunden. Ajlen vedbliver derfor at reagere alkalisk under Fordampningen, og da selv meget fortyndede Opløsninger af kulsur Ammoniak reagerer tydelig alkalisk, forklares herved, at praktisk talt hele Kvælstofindholdet i Ajle i Løbet af kort Tid kan gaa bort i Luftform, naar Ajlen med en stor Overflade bringes i Berøring med den atmosfæriske Luft.

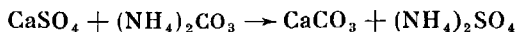
Endvidere blev det paavist, at Ammoniakfordampningen ikke er afhængig af Luftens Fugtighedsgrad, men foregaar med samme Hastighed, hvad enten Luften er tør eller mættet med Vanddamp, og endelig, at man kan undgaa Tab af Kvælstof, naar Kulsyren i Ajlen erstattes med en stærk Syre, der ikke er flygtig ved almindelig Temperatur.

Som Middel til at foretage denne Erstatning blev det foreslaaet at behandle Ajlen med en passende Mængde af et let opløseligt Kalksalt (CaCl_2 eller $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), hvorved største Delen af Kulsyren bundfældes i Form af CaCO_3 , medens en Del undviger fra Vædsken i Luftform som CO_2 , og det blev vist, at Kvælstoftabet ved Indtørring af Ajlen efter en saadan Behandling kunde bringes ned til en Ubetydelighed.

Det blev ogsaa forsøgt at anvende Kalciumsulfat, CaSO_4 , som Middel til at modvirke Kvælstoftabet¹⁾. Da CaCO_3 er langt tungere opløseligt end CaSO_4 , maatte man vente, at ogsaa dette Salt skulde kunne reagere med Ajlens Indhold af Ammoniumkarbonat og derved modvirke Kvælstoftab ved Fordampning.

Det viste sig imidlertid, at Gipsen i saa Henseende var næsten uvirksom, og de Forsøg, der i Tyskland er udførte med Gips som Ajlekonserveringsmiddel, viser da heller ingen nævneværdig Virkning af dette Stof.

Forklaringen herpaa er følgende: For at Omsætningen

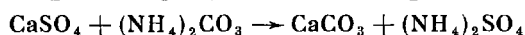


¹⁾ Dette Stof har tidligere, særlig i Tyskland, fundet Anvendelse som Middel til at modvirke Kvælstoftab ved Opbevaring og Udbringning af Ajle og Staldgødning, uden at det dog klart angives, hvilke Betingelser, der kræves opfyldte, for at Omsætningen mellem Gips og Ammoniumkarbonat kan løbe til Ende.

skal kunne løbe til Ende, maa hele Gipsmængden bringes i Opløsning.

En mættet Gipsopløsning indeholder ca. 0.2 pCt. CaSO_4 , og da der i Almindelighed vil kræves en Gipsmængde, der udgør fra 3 til 6 pCt. af Ajlens Vægt, for at fælde hele Karbonatmængden, maa Processen forløbe paa den Maade, at Gipsen efterhaanden gaar i Opløsning og derpaa omsætter sig med Ajlens Ammoniumkarbonat til CaCO_3 , der fældes ud, og $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, der forbliver i Opløsning. Denne Proces kræver en vis Tid til sit Forløb.

Sætter man Gips til Ajle, vil den Del, der ikke straks gaar i Opløsning, bundfældes og hurtigt blive dækket af et Lag kulsur Kalk, hvad der forhindrer Opløsningsprocessen i at løbe videre og bringer Omsætningen til at standse. Sørger man derimod for ved Omrøring at holde Gipspartiklerne i stadig Berøring med Ajlen, vil Omsætningen



løbe videre, indtil praktisk talt hele Gipsmængden er omdannet til fast Kalciumkarbonat og opløst Ammoniumsulfat, idet Kalciumkarbonatets Opløselighed kun er ca. $\frac{1}{1000}$ af Gipsens.

For at se, hvor hurtigt et let opløseligt Karbonat paa den Maade kan omsætte sig med Gips, blev følgende Forsøg foretaget:

Der fremstilledes en Opløsning af Ammoniumkarbonat ved at tilsætte den beregnede Mængde Ammoniakvand til en Opløsning af Ammoniumbikarbonat, 100 cm^3 af Opløsningen blev tilsat den ækvi-

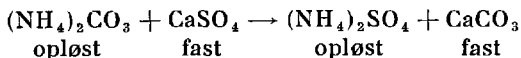
Tabel 1. CO_2 og N i Opløsning til forskellige Tidspunkter i en Blanding af ækvivalente Mængder Gips (CaSO_4) og Ammoniumkarbonat $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

Omsætningstid i Minutter	cm^3 i 5 cm^3 Opløsning	
	CO_2	N_2
0.....	48.4	55.0
5.....	7.0	55.8
10.....	2.8	55.2
15.....	1.2	54.8
25.....	1.0	55.0

valente Mængde malet Gips, CaSO_4 , $2\text{H}_2\text{O}$, og Blandingen blev holdt i livlig Bevægelse ved Hjælp af en motordreven Omrører. Med en Pipette udtoges med visse Mellemrum 15 cm^3 af Blandingen, og i Filtratet bestemtes CO_2 og N gasvolumetrisk. Disse Bestemmelser, der vil blive nærmere omtalte i det følgende, er vel ikke ganske eksakte, men de giver dog et godt Billede af Omsætningens Forløb.

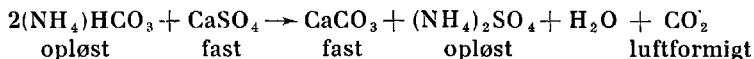
Bestemmelsernes Resultat findes i Tabel 1.

Det fremgaar af Tallene, at Processen:



praktisk talt løber til Ende i Løbet af et Kvarter, naar Blandingen holdes i livlig Bevægelse.

Har man i Stedet for det normale Ammoniumkarbonat en Opløsning af Ammoniumbikarbonat, vil Reaktionen i Hovedtrækkene forløbe efter følgende Skema:



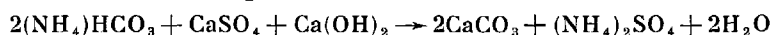
Der dannes normalt Kalciumkarbonat og fri Kulsyre, der undviger fra Blandingen som luftformigt CO_2 . Processen er reciprok. Saafremt den dannede CO_2 ikke kan fjernes fra Vædsken, vil der indstille sig en Ligevægt, og det beror paa Kulsyretrykket over Blandingen, hvor stor en Mængde Gips, der gaar i Opløsning. Lader man saaledes Ammoniumbikarbonatopløsning og Gips reagere i en lukket Beholder, vil Processen ikke kunne løbe til Ende fra venstre til højre, og der vil forblive en vis Mængde Ammoniumkarbonat i opløst Tilstand. Hvis Blandingen derimod er i Berøring med den atmosfæriske Luft, vil CO_2 -Trykket over Opløsningen være forsvindende lille, og det vil være muligt at faa omtrent hele Mængden af Ammoniumbikarbonat omdannet til Kalciumkarbonat og Ammoniumsulfat. Da Kulsyren imidlertid undviger forholdsvis langsomt, vil Omsætningen mellem Gips og Ammoniumbikarbonat forløbe noget langsommere end mellem Gips og normalt Ammoniumkarbonat. I Tabel 2 er opført Resultaterne af et Forsøg over Forløbet af Reaktionen mellem Gips og Ammoniumbikarbonat, foretaget under de samme Betingelser som det, der gengives ved Tallene i Tabel 1.

Tabel 2. CO₂-Mængden i Opløsning til forskellige Tidspunkter i en Blanding af ækvivalente Mængder Gips (CaSO₄) og Ammoniumbikarbonat (NH₄)HCO₃.

Omsætningstid i Minutter	cm ³ i 5 cm ³ Opløsning	
	CO ₂	N ₂
0.....	49.5	29.0
10.....	19.4	29.1
25.....	9.0	28.4
60.....	4.0	28.3
120.....	1.4	28.4

Man ser af Tallene, som det var at vente, at Reaktionen mellem Ammoniumbikarbonat og Gips tager længere Tid til sit Forløb end Reaktionen mellem Gips og det normale Karbonat. Efter en Times Forløb er dog mere end 90 pCt. af Karbonatet forsvundet fra Opløsningen, efter to Timers Forløb er praktisk talt hele Karbonatmængden borte, og Ammoniakken er nu til Stede i en ikke flygtig Form. Samtidig er der foregaaet et ringe Tab af Ammoniakkvælstof, et Tab, der andrager et Par pCt. af hele den tilstedeværende Mængde.

Omsætningshastigheden mellem Gips og Ammoniumbikarbonat kan forøges ved at tilsætte brændt Kalk i en Mængde, som er tilstrækkelig til at binde den fri Kulsyre. Processen forløber da efter følgende Skema:



I Tabel 3 gengives Resultaterne af et Omsætningsforsøg af denne Art.

Tabel 3. CO₂ og N i Opløsning til forskellige Tidspunkter i en Blanding af ækvivalente Mængder Gips, Calciumhydroxyd og Ammoniumbikarbonat.

Omsætningstid i Minutter	cm ³ i 5 cm ³ Opløsning	
	CO ₂	N ₂
0.....	49.5	28.0
5.....	7.5	28.2
10.....	3.2	28.0
15.....	1.6	27.6
25.....	1.5	27.6

Det fremgaar af Tallene, at Omsætningen under disse Forhold løber med samme Hastighed som Omsætningen mellem Gips og normalt Ammoniumkarbonat, d. v. s., efter et Kvarters Forløb er praktisk talt hele Opløsningens Indhold af Ammoniumbikarbonat omdannet til Ammoniumsulfat og Kalciumkarbonat.

Da Ajlens Indhold af flygtigt Kvælstof for største Delen bestaar af Ammoniumkarbonat og Ammoniumbikarbonat, skulde det være muligt at omdanne disse Salte til en Opløsning af Ammoniumsulfat ved at tilsætte en passende Mængde malet Gips og ved Omrøring i 1 à 2 Timer sørge for, at Reaktionen faar Mulighed for at løbe til Ende.

Tallene i Tabel 4 viser Forløbet af Reaktionen mellem Ajle og malet Gips paa tilsvarende Maade som ved de foregaaende Forsøg med rene Salte.

Tabel 4. CO_2 og N i Opløsning til forskellige Tidspunkter i en Blanding af Ajle og malet Gips.

Omsætningstid i Minutter	cm ³ i 5 cm ³ Ajle	
	CO_2	N_2
0.....	40.2	19.2
10.....	18.5	
30.....	11.3	
60.....	5.8	
120.....	3.5	
180.....	1.8	19.2

Efter 2 Timers Forløb er mere end 90 pCt. af Karbonatmængden forsvunden fra Opløsningen, og efter 3 Timer er Reaktionen praktisk talt løbet til Ende.

Sætter man malet Gips til Ajle uden Omrøring, foregaar der, som allerede nævnt, ingen Reaktion af Betydning. Dette fremgaar tydeligt af Tallene i Tabel 5, der gengiver Forløbet af Omsætningen mellem malet Gips og Ajle, naar der ikke røres rundt i Blandingen. Gipsen sættes til Ajlen i et Cylinderglas paa 25 cm Højde og fordeltes ved Omrystning, hvorefter Glasset henstilledes, og Kulsyre- og Kvælstofindholdet bestemtes fra Dag til Dag.

Tabel 5. CO_2 og N i Opløsning til forskellige Tidspunkter i en Blanding af Ajle og malet Gips (uden Omrøring).

Omsætningstid	cm ³ i 5 cm ³ Ajle	
	CO_2	N_2
0 Døgn	38.2	19.8
1 "	34.0	20.0
2 "	33.0	19.0
3 "	32.2	19.0
4 "	31.8	17.8

I det første Døgn er der foregaaet et ringe Fald i Vædskens CO_2 -Indhold, senere er Faldet ganske ubetydeligt og er sandsynligvis forekommet ved Fordampning fra Overfladen, idet der er foregaaet en kendelig Ammoniakfordampning i det paagældende Tidsrum.

Virkningen af Gipsbehandlingen paa Ammoniakfordampningen er søgt anskueliggjort ved Tallene i Tabel 6 og ved Fig. 1, der giver en grafisk Fremstilling af Ammoniakfordampningens Forløb fra Ajle med og uden Gipstilsætning.

Forløbet af Ammoniakfordampningen bestemtes ved at op-suge 5 cm³ Ajle i Filterpapir og bestemme den Mængde Ammoniakkvælstof, der afgives i en given Tid, paa den Maade, der er beskrevet i 211. Beretning, Side 136.

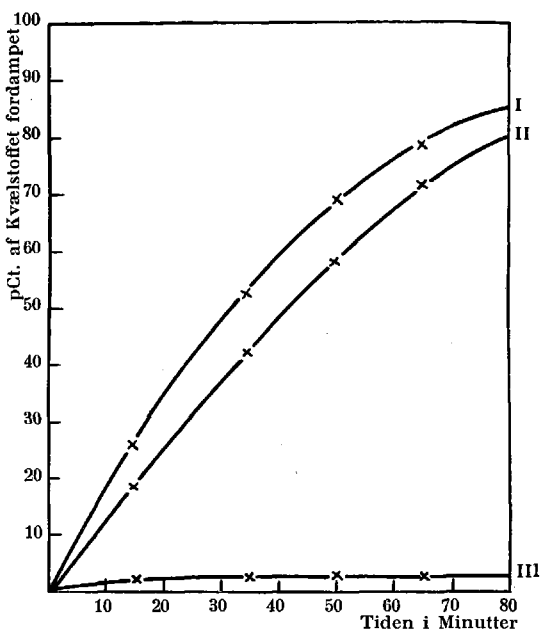


Fig. 1. Ammoniakfordampningens Forløb fra Ajle med og uden Tilsætning af Gips.

I. Ajle uden Tilsætning.

II. " tilsat Gips.

III. " " " 2 Timers Omrøring.

Tabel 6. Ammoniakfordampningens Forløb fra Ajle med og uden Tilsætning af Gips.

Behandling	pCt. af Kvælstoffet forflygtiget i Minutter				
	15	35	50	65	80
Ubehandlet. I	26	52	69	79	85
Tilsat Gips. Ingen Omrøring, 4 Dages Henstand. II.....	18.5	42	58	72	80
Tilsat Gips. 2 Timers Omrøring. III	1.3	2.2	2.2	2.2	2.2

Det fremgaar tydeligt af Tallene, at Gips er omtrent virkningsløst som Ajlekonserveringsmiddel, naar man ikke holder Blandingen i Bevægelse i nogen Tid efter Tilsætningen. 2 Timers Omrøring af Blandingen er tilstrækkelig til, at Reaktionen kan

løbe til Ende og Ammoniakken bindes, paa lignende Maade som det finder Sted, naar Ajlen behandles med et let opløseligt Kalksalt, CaCl_2 eller $\text{Ca}_2(\text{NO}_3)_2$.

Anvendelse af Gips som Ajlekonserveringsmiddel Praksis vil kræve Installation af et mekanisk drevet Røreapparat, men bortset fra dette, kan det næppe volde større Vanskeligheder at gennemføre en saadan Behandling af Ajlen.

Endnu skal omtales Temperaturens Indflydelse paa Ammoniakfordampningen fra Ammoniumkarbonatopløsninger og fra Ajle. Som nævnt i 211. Beretning, stiger Ammoniakdampspændingen af ammoniakalske Opløsninger med stigende Temperatur, d. v. s., jo højere Tempe-

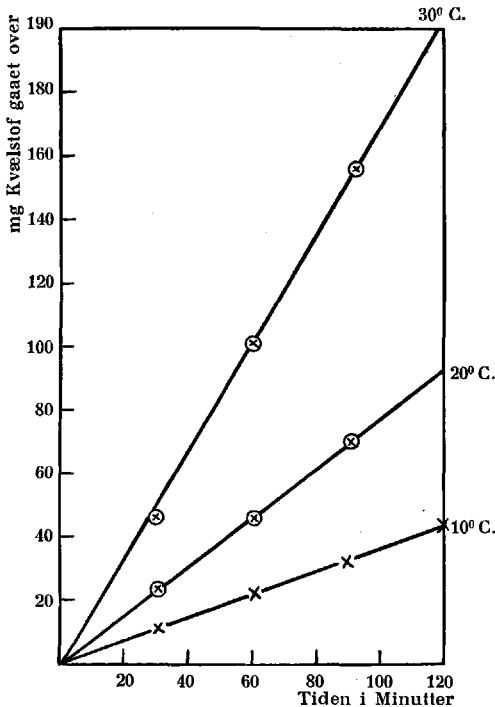


Fig. 2. Temperaturens Indflydelse paa Ammoniakfordampningen fra en Ammoniumbikarbonatopløsning.

raturen er, jo hurtigere vil Ammoniakfordampningen foregaa, naar de øvrige Faktorer, som bestemmer Fordampningen, holdes konstante.

For nærmere at bestemme Temperaturen's Indflydelse paa Ammoniakfordampningens Hastighed blev følgende Forsøg foretaget:

2 Liter af en 1 m Ammoniumbikarbonatopløsning anbragtes i en tohalset Flaske og der sugedes en Luftstrøm igennem Opløsningen med konstant Hastighed. Den medførte Ammoniak absorberedes i en Vadskeflaske med en afmaalt Mængde N/10 Saltsyre. Temperaturen holdtes konstant ($\pm 0.5^\circ \text{C.}$) ved at anbringe Flasken med Karbonatopløsningen i et Vandbad. Da Luften ved Gennem sugningen mætter sig med Ammoniak, bliver den Mængde NH_3 , der føres over i et givet Tidsrum, et relativt Maal for Opløsningens Ammoniakdampspænding og for den Hastighed, hvormed Ammoniakken vil dampe væk fra Opløsningen, naar den udsættes for Luftens Paavirkning.

Bestemmelserne af den overførte Ammoniakmængde gav følgende Resultater:

Tabel 7. Ammoniakfordampning ved Gennemluftning af en Ammoniumbikarbonatopløsning ved forskellige Temperaturer.

Temperatur	mg N gaaet over i Minutter			
	30	60	90	120
10° C.....	10.0	21.4	31.6	41.8
20° »	23.1	45.9	68.6	92.5
30° »	45.7	100.7	155.2	

Resultaterne er opførte grafisk i Fig. 2. Det fremgaar af Diagrammet, at Ammoniakfordampningen foregaar med konstant Hastighed ved konstant Temperatur, saaledes som man ogsaa skulde vente det, naar Vædskemængden, fra hvilken Fordampningen foregaar, er saa stor, at dens Ammoniak-koncentration ikke ændres kendeligt under Fordampningen.

Et tilsvarende Forsøg blev foretaget med Ajle, der indeholdt 0.7 g Amoniakkvælstof pr. 100 cm^3 , idet der dog kun blev foretaget een Bestemmelse af den medførte Ammoniakmængde ved hver enkelt Temperatur. Resultaterne af dette Forsøg er anførte i Tabel 8.

Tabel 8. Ammoniakfordampning ved Gennemluftning af Ajle ved forskellige Temperaturer.

Temperatur	mg N gaaet over i 30 Minutter
10° C.....	13.0
20° ».....	24.0
30° ».....	57.2

Temperaturen viser her en ganske lignende Indflydelse som ved det rene Salt.

Det fremgaar af Tallene i de to Tabeller, at den Mængde Ammoniak, der under konstante ydre Betingelser fordampes i et givet Tidsrum, stiger stærkt med stigende Temperatur. Ved en Temperaturforøgelse paa 10° C., bliver Fordampningshastigheden mere end fordoblet. Dette stemmer overens med Iagttagelser af *H. Bjørn-Andersen* (1)¹⁾.

Ved at sammenholde disse Iagttagelser med dem, der findes omtalt i 211. Beretning, Side 137—138, kan man udlede følgende Regel: Man formindsker Chancerne for Ammoniaktab ved at udbringe Ajlen i koldt, stille Vejr paa en Jord, hvori den let kan sive ned og absorberes²⁾. Særligt gode Betingelser vil der være for Ammoniaktab, naar Ajlen bringes ud om Sommeren paa Græsmark i blæsende Vejr. Temperaturen er da relativ høj. En stor Del af Ajlen bliver hængende i Græsset, udsat for en livlig Luftfornyelse, og i denne Del vil sikkert største Parten af Kvælstoffet tabes, saaledes som det tidligere er fremhævet af *Tylvad* (2).

De Undersøgelser, som er refererede her og i 211. Beretning, viser tydeligt, at Kvælstoffet i Ajle er overordentlig let flygtigt, og det samme fremgaar af de Undersøgelser, som tidligere er

¹⁾ Tallene i Parentes henviser til Litteraturfortegnelsen, Side 79.

²⁾ Endelig kan der være Grund til at nævne, hvad der ogsaa er fremhævet af *H. Bjørn-Andersen*, at Ajlens Ammoniakdampspænding stiger med stigende Kvælstofindhold. Altsaa: jo bedre man har passet paa Ajlen under Opbevaringen, desto mere Kvælstof vil man tabe ved Spredningen af den.

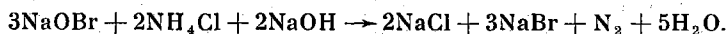
udførte her i Landet vedrørende Forhold ved Ajlens Opbevaring.

Markforsøg har vist (3), at Virkningen af en vis Mængde Kvælstof i Ajle til Græs i eet Tilfælde har været mindre end Halvdelen af samme Mængde, givet i svovlsur Ammoniak. Da mere end $\frac{9}{10}$ af Ajlens Kvælstof i Reglen er til Stede i Form af Ammoniak, kan den store Forskel i Virkning kun forklares ved, at en stor Del af Ajlens Kvælstof er fordampet og saaledes ikke er kommet Planterne til Gode.

Talrige andre Forsøg peger i samme Retning, og der kan ikke være Tvivl om, at en stor Del af det Kvælstof, der opsamles i Ajlebeholderne, tabes under Udbringningen. Skal man undgaa et saadant Tab, maa det ske enten ved hurtig Nedbringning — muligvis ved Anvendelse af en passende konstrueret Ajlenedfælder — eller ved Præparering af Ajlen. Den første Fremgangsmaade er den simpleste, men der mangler dog endnu Forsøg, som viser, at man ved denne Fremgangsmaade altid vil være i Stand til at holde Tabet inden for rimelige Grænser. Dette kan man derimod sikkert opnaa ved Behandling af Ajlen med Kalksalte, blot en saadan Behandling bliver udført rigtigt. Hertil kræves, at man kender Indholdet af bunden Kulsyre (CO_2) i Ajlen. For en økonomisk rigtig Anvendelse af Ajlen er det ønskeligt ogsaa at kende Kvælstofindholdet, der, som det tidligere er vist, ikke staar i noget bestemt Forhold til CO_2 -Indholdet.

Det blev derfor forsøgt at finde Metoder til Bestemmelse af disse Stoffer, Metoder, der er saa simple, at de kan udføres paa Stedet med tilstrækkelig Nøjagtighed uden Bistand af særlig faguddannet Medhjælp. Til dette Formaal er gasvolumetriske Bestemmelser de mest hensigtsmæssige, og da saavel Kvælstoffet som Kulsyren i Ajle let kan bringes over i Luftform, blev det prøvet, om disse Fremgangsmaader er anvendelige.

Behandler man en Opløsning af et Ammoniumsalt med en alkalisk Opløsning af Bromnatron, iltes Ammoniak til frit Kvælstof efter Skemaet:



Processen løber kvantitativt til Ende og kan anvendes til eksakt Bestemmelse af Kvælstofmængden i Ammoniumsalt-

opløsninger og i Opløsninger af fri Ammoniak, idet Volumenet af den udviklede Kvælstofmængde maales.

Urinstof iltes paa lignende Maade til frit Kvælstof, idet man dog her kun faar udviklet ca. 95 pCt. af hele Kvælstofmængden.

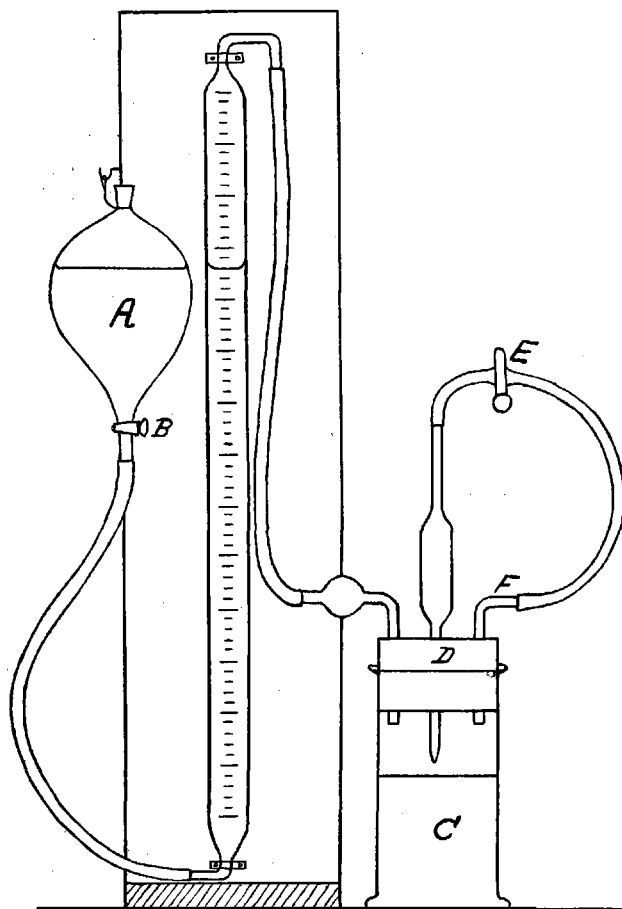


Fig. 3. Apparat til Kvælstofbestemmelse i Ajle.

Ved Udførelse af Analysen bestemmes Volumen af det udviklede Kvælstof ved at opfange det over Vand i et Maalerør, forsynet med Niveaubeholder, saa Volumen kan maales ved Atmosfæretryk. I Fig. 3 gengives Apparatet, som blev benyttet.

Fremgangsmaaden ved Analysen er følgende:

Vædsken i Buretten bringes op til 0-Stregen ved at hæve Niveau-beholderen, A, og Hanen, B, lukkes. I Cylinderglasset, C, fyldes ca. 25 cm³ Bromnatronopløsning¹⁾, og Proppen, D, sættes i Glasset, idet Gennemboringen lades aaben. Dernæst afmaales nøjagtig 5 cm af den Vædske, hvis Kvælstofindhold skal bestemmes, i Pipetten, som er forsynet med en Gummislange paa 10 cm Længde, der lukkes med en Klemhane, E. Pipetten føres nu forsigtig ned gennem den frie Gennemboring i Kautschukproppen, og den frie Ende af Slangen forbindes med Glaserøret, F. Efter at Hanen, B, igen er aabnet, lader man Vædsken flyde fra Pipetten ned i Bromnatronopløsningen ved at aabne Klemhanen. Der foregaar nu en livlig Luftudvikling, idet Ammoniakken iltes. Processen løber til Ende paa et Øjeblik. Der omrystes, til Vædskeoverfladen i Maalerøret ikke mere falder; Niveau-beholderen indstilles saaledes, at Overfladen staar i samme Højde i Røret og i Beholderen, og Volumenet aflæses.

Apparatet justeredes ved Hjælp af en Ammoniumsulfatopløsning med bekendt Kvælstofindhold: 28.2 mg N i 5 cm³, idet det udviklede Kvælstofs Volumen bestemtes i 5 cm³ af ovennævnte Opløsning ved tre forskellige Fortyndinger. Resultaterne fremgaar af Tabel 9.

Tabel 9. Gasvolumetrisk Kvælstofbestemmelse i Opløsninger med bekendt Indhold af Ammoniakkvælstof.

Opløsning	cm ³ Luft udv. af 5 cm ³		mg Kvælstof i 1 cm ³ udviklet Luft	
	Enkelt	Middel	Enkelt	Middel
100 cm ³ Opløsning (NH ₄) ₂ SO ₄	26.1 26.1 26.1	26.1	$\frac{28.1}{26.1} = 1.08$	1.08
100 cm ³ Opløsning + 50 cm ³ Vand..	17.4 17.3 17.5	17.4	$\frac{28.1}{1.5 \cdot 17.4} = 1.08$	
100 cm ³ Opløsning + 100 cm ³ Vand .	13.1 13.0 13.1	13.07	$\frac{28.1}{2 \cdot 13.07} = 1.08$	

¹⁾ Den anvendte Bromnatronopløsning fremstilledes ved at opløse 100 g Natriumhydroxyd i 1250 cm³ Vand og derpaa tilsætte 25 cm³ Brom under Afkøling. Opløsningen opbevares bedst i Mørke, da den ikke er holdbar i direkte Sollys.

Volumenvægten kan ogsaa beregnes, idet Vægten af 1 cm³ Kvælstof ved Maalingen fremgaar af følgende Udtryk:

$$v = \frac{V \cdot 273 \cdot (B \div p)}{(273 + t) \cdot B}$$

V er Vægten af 1 cm³ Kvælstof ved 0° og 760 mm Tryk, 1.25 mg. v er Vægten i mg af 1 cm³ Kvælstof i Maalerøret, t Temperaturen i Celsiusgrader, B Barometerstanden og p Reaktionsblandingsens Damptryk ved Temperaturen t.

Ved det foran omtalte Forsøg maaltess Temperaturen ved Aflæsningen til 25° C. Barometerstanden var 760 mm Hg. Reaktionsblandingsens Damptryk kan med Tilnærmelse sættes lig med Vandets ved 25°, 24 mm Hg. Man faar da følgende Udtryk:

$$v = \frac{1.25 \cdot 273 \cdot (760 \div 24)}{(273 + 25) \cdot 760} = 1.08 \text{ mg.}$$

hvad der stemmer meget nær med det eksperimentelt fundne Tal, 1.08 mg.

Ved praktiske Analyser af den omtalte Art staar man sig ved at bestemme v eksperimentelt, som angivet her. Ved de Bestemmelser, som anføres i det efterfølgende, er der regnet med, at 1 cm³ udviklet Kvælstof vejer 1.08 mg. Dette passer kun med en vis Tilnærmelse, idet v varierer med Barometerstanden og Temperaturen, saaledes som det er angivet ved ovenstaaende Formel. Sørger man for, at Bestemmelsen foretages ved almindelig Stuetemperatur, 18—20° C., vil den Fejl, der kan indløbe ved Svingninger i Barometerstanden, ikke være større, end at man kan se bort fra den ved den Slags Bestemmelser, her er Tale om. For Ajle med 0.50 pCt. Kvælstof vil en Svingning i Barometerstanden paa 15 mm ændre Resultatet med en Enhed i andet Ciffer efter Kommaet¹⁾.

Ved Iltningsprocessen udvikles der Varme, og Reaktionsblandingsens Temperatur stiger derved i det Apparat, som her

¹⁾ Indflydelsen af Temperatursvingninger paa Analyseresultatet vil afhænge af Udviklingsbeholderens Rumfang. Jo større dette er, jo større Fejl vil en given Temperatursvingning foraarsage. Udviklingsbeholderen bør derfor ikke være større end højst nødvendig (her 75 cm³), og den bør være af temmelig tykvægget Glas, saa den faar en betydelig Varmekapacitet. Under Omrystningen fattes den med to Fingre omkring Randen for at undgaa unødvendig Opvarmning fra Haanden.

er anvendt, ca. 4° over Omgivelsernes. Venter man med at foretage Aflæsningen, indtil Temperaturen har udlignet sig, vil man finde en lidt mindre Værdi, end naar Aflæsningen foretages straks. Det maa dog anbefales at foretage Aflæsningen straks, som det her overalt er gjort, idet Temperaturudligningen tager temmelig lang Tid.

I det følgende skal nu anføres Resultater af Kvælstofbestemmelse i forskellige Ajleprøver efter denne Metode. Samtidig foretoges der Bestemmelse af Ammoniakkvælstof ved Destillation med MgO og Totalkvælstof efter *Kjeldahls* Metode. I Tabel 10 er Tallene for de forskellige Analyser opførte.

Det fremgaar af Tabellen, at Ammoniakkvælstoffet bestemmes omtrent lige saa nøjagtigt ved den her anvendte gasvolumetriske Metode som ved Destillation med MgO. Forskellen i Mængderne, bestemt ved de to Metoder, er ikke meget større, end den vil være ved gentagne Bestemmelser efter Destillationsmetoden. Søger man Udtryk for Ajlens Indhold af Ammoniakkvælstof, faar man det lige saa sikkert ved Anvendelse af Bromnatronmetoden som ved Destillation med MgO¹⁾. I Almindelighed angives Kvælstofindholdet paa Grundlag af Kjeldahlanalysen. Det Tal, man derved faar frem, vil altid ligge noget højere end det, der angiver Indholdet af Ammoniakkvælstof. Vil man benytte den gasvolumetriske Analyse til Sammenligning med den almindelige Analyse, maa man føje en Korrektion til.

Ved Analyser, udførte paa Statens Planteavls-Laboratorium, svingede Indholdet af Ikke-Ammoniakkvælstof i en Række paa ca. 50 Prøver mellem 0.04 og 0.09 g pr. 100 cm³, i Gennemsnit var det 0.06 g. I Tabellens sidste Kolonne er Indholdet af Totalkvælstof opført, bestemt ved at addere 0.06 til Indholdet af Ammoniakkvælstof, bestemt efter den gasvolumetriske Metode. Den største Afvigelse er ca. 5 pCt. af Totalmængden, og Metoden maa derfor siges at være egnet til hur-

¹⁾ Da den Del af Kvælstoffet, som ikke er Ammoniak, i Hovedsagen maa antages at hidrøre fra opslemmede Partikler, d. v. s. tungt sønderdelige Forbindelser, er den næppe af stor Gødningsværdi, og det er derfor et Spørgsmaal, om man ikke burde benytte den Mængde, der udvikles ved Behandlingen med Bromnatron, som Udtryk for Ajlens Kvælstofværdi, idet denne Del jo ogsaa omfatter Urinstof, der endnu maatte findes i uomsat Form.

Tabel 10. Gasvolumetrisk Kvælstofbestemmelse
i forskellige Ajleprøver, sammenlignet med
Kvælstofbestemmelser efter de sædvanlige Metoder.

Nr.	g Ammoniakkvælstof i 100 cm ³		g Totalkvælstof i 100 cm ³	
	Ved Destillation	Gas- volumetrisk	Direkte bestemt	Beregnet efter gasvolumetr. NH ₃ - Bestem.
1.....	0.79	0.79	0.87	0.85
2.....	0.73	0.71	0.78	0.77
3.....	0.64	0.63	0.68	0.69
4.....	0.57	0.56	0.63	0.62
5.....	0.58	0.59	0.63	0.65
6.....	0.56	0.55	0.63	0.61
7.....	0.58	0.56	0.62	0.62
8.....	0.59	0.58	0.62	0.64
9.....	0.52	0.53	0.62	0.59
10.....	0.54	0.53	0.58	0.59
11.....	0.52	0.52	0.56	0.58
12.....	0.49	0.49	0.56	0.55
13.....	0.50	0.48	0.55	0.54
14.....	0.49	0.49	0.55	0.55
15.....	0.53	0.51	0.55	0.57
16.....	0.48	0.48	0.53	0.54
17.....	0.45	0.43	0.52	0.49
18.....	0.42	0.42	0.50	0.48
19.....	0.45	0.43	0.48	0.49
20.....	0.40	0.40	0.48	0.46
21.....	0.37	0.37	0.46	0.43
22.....	0.37	0.38	0.46	0.44
23.....	0.38	0.38	0.43	0.44
24.....	0.35	0.35	0.40	0.41
25.....	0.36	0.35	0.40	0.41
26.....	0.34	0.36	0.40	0.42
27.....	0.36	0.35	0.39	0.41
28.....	0.36	0.36	0.39	0.42
29.....	0.31	0.32	0.39	0.38
30.....	0.31	0.32	0.39	0.38
31.....	0.34	0.33	0.36	0.39
32.....	0.26	0.26	0.34	0.32
33.....	0.26	0.24	0.29	0.30
34.....	0.19	0.18	0.22	0.24
I Gennemsnit...	0.45	0.45	0.51	

tig Kvælstofbestemmelse i Ajle, idet man sjældent vil være interesseret i at kende Indholdet med større Nøjagtighed.

Analysen er simpel og billig i Udførelse og vil kunne foretages paa Stedet uden faguddannet Medhjælp. Apparatet

kan konstrueres, saa man direkte aflæser Kvælstofindholdet paa Maalerøret¹⁾. En Kvælstofbestemmelse kan udføres i Løbet af et Par Minutter.

Vil man bestemme Indholdet af Karbonat i Ajle, kan det gøres ved at sætte Syre til en afmaalt Mængde og bestemme Volumen af det udviklede Kuldioxyd, idet man ved kraftig Omrystning bringer Opløsningen i Ligevægt med Luften, som er i Berøring med den. Analysen kan foretages med det samme Apparat, som anvendes til Kvælstofbestemmelse, idet man lader Ajlen flyde ned i 5 cm³ 4 n HCl, anbragt i Cylinderglasset.

Da Vand opløser kendelige Mængder Kuldioxyd, maa man indføre Korrektion for den Del, der bliver tilbage i Vædsken, ligesom Vædsken i Maalerøret bør dækkes af et Lag Petroleum, som forhindrer Absorption af CO₂ under Maalingens Udførelse.

For at bestemme Korrektionens Størrelse blev følgende Forsøg foretaget:

Der fremstilledes en Opløsning af Natriumkarbonat, som indeholdt nøjagtig 19.5 g CO₂ pr. Liter. Af denne Opløsning fremstilledes nye Opløsninger saaledes, at der til 1 Del Opløsning føjedes henholdsvis 0.5, 1, 2, 4 og 10 Dele Vand. I disse Opløsninger bestemtes CO₂-Indholdet gasvolumetrisk, idet der foretoges 4 Fællesbestemmelser i hver. Resultaterne af disse Bestemmelser fremgaar af Tabel 11.

Det fremgaar af Tabellen, at den Mængde CO₂, der bliver tilbage i Vædsken, staar i konstant Forhold til den udviklede Mængde. Vægten af 1 cm³ CO₂ ved Maaletrykket (765 mm Hg) og Temperatur 20° C. fremgaar af Udtrykket:

$$v = \frac{1.96 \cdot 273 \cdot (765 \div p)}{(273 + 20) \cdot 765},$$

hvor p er de mættede Vanddampes Tryk ved 20° C. = 17.5 mm Hg. Heraf findes $v = 1.78$.

1 cm³ udviklet CO₂ svarer da til $1.78 \cdot 1.10 = 1.96$ mg CO₂ i Opløsningen. Dette Udtryk gælder under Forudsætning af, at Bestemmelsen foretages i det nævnte Apparat og at der stedse anvendes 5 cm³ Opløsning til Analysen. Her som ved Kvælstofbestemmelsen gælder Udtrykket kun med en vis Tilnærmelse. Angaaende Korrektionen for Temperatur og Barometerstand gælder det samme, som blev nævnt under Kvælstof-

¹⁾ Et saadant Apparat er efter Laboratoriets Anvisning fremstillet og bragt i Handelen af Firmaet *Bie & Berntsen*, Læderstræde 28, København.

bestemmelsen. Ved de Bestemmelser, her er Tale om, kan man se bort fra Korrektionerne, naar Bestemmelserne foretages ved almindelig Stuetemperatur, 17—20° C.

Tabel 11. Gasvolumetrisk Bestemmelse af Kuldioxyd i en Opløsning af Natriumkarbonat (19.5 g CO₂ pr. Liter), tilsat forskellige Mængder kulsyreft Vand.

Sodaopl. Vand	mg CO ₂ i 5 cm ³ Opl.	CO ₂ udviklet af 5 cm ³			CO ₂ i Opl. CO ₂ udv.
		cm ³		mg	
$\frac{1}{0}$	97.5	49.4	49.4	88.0	1.11
		49.4			
		49.4			
		49.5			
$\frac{1}{0.5}$	65.0	33.0	33.1	58.8	1.11
		33.2			
		33.1			
		33.2			
$\frac{1}{1}$	48.7	25.0	24.7	44.0	1.11
		24.8			
		24.5			
		24.5			
$\frac{1}{2}$	32.5	16.6	16.6	29.6	1.10
		16.6			
		16.5			
		16.6			
$\frac{1}{4}$	19.5	9.9	9.9	17.6	1.11
		9.9			
		9.8			
		9.9			
$\frac{1}{10}$	8.87	4.5	4.6	8.20	1.08
		4.6			
		4.5			
		4.7			

Middel: 1.10

I Tabel 12 er opført Resultaterne af Kulsyrebestemmelse i en Række Ajleprøver. Bestemmelserne er foretagne dels vægtanalytisk efter *Fresenius'* Metode og dels gasvolumetrisk efter den foran beskrevne Fremgangsmaade.

Overensstemmelsen mellem CO₂-Mængderne, bestemt efter de to Fremgangsmaader, er knap saa god her som ved Ammoniakbestemmelserne, men til Bestemmelse af Kulsyremængden i Ajle for de her omtalte Formaal er Metoden fuldt til-

strækkelig. Luftudviklingen foregaar meget langsommere end ved Kvælstofbestemmelsen, og man maa ved kraftig Omrystning sikre sig, at Luftudviklingen er til Ende, før Volumenet aflæses. I Reglen varer det 3—4 Minutter, før Aflæsningen kan foretages.

Foruden »Totalkulsyre« er tillige Ajlens Indhold af »Bikarbonatkulsyre«, d. v. s. den Mængde, der ved Behandling af Ajle med Kalksalte undviger fra Vædsken i Luftform, bestemt. Bestemmelsen er foretaget ved i Stedet for med Syre at behandle 5 cm³ Ajle med 5 cm³ af en 1 m Opløsning af CaCl₂ og bestemme det derved udviklede Luftvolumen.

Tabel 12. Gasvolumetrisk Bestemmelse af Total- og Bikarbonatkulsyre i Ajle.

Prøvens Nr.	g CO ₂ i 100 cm ³		Bikarbonatkulsyre, g pr. 100 cm ³
	Ved Vejning	Gasvolum.	
1.....	1.01	0.94	0.45
2.....	1.26	1.26	0.35
3.....	0.99	0.99	0.31
4.....	0.76	0.74	0.26
5.....	1.57	1.60	0.40
6.....	1.14	1.12	0.42
7.....	1.12	1.08	0.37
8.....	1.35	1.29	0.31

Som tidligere nævnt, reagerer Ammoniumbikarbonat med Klorcalcium efter Skemaet:



Den Del af Kulsyren, som gaar bort i Luftform, kræver ingen Tilsætning af Kalksalt for at fjærnes fra Ajlen. De Mængder af Kalksalte, som beregnes ud fra Indholdet af »Totalkulsyre«, bliver følgelig noget for store. Den korrekte Mængde beregnes efter Mængden af normalt Karbonat, d. v. s. efter Differensen mellem Totalkulsyre og Bikarbonatkulsyre, idet der for hvert Gram Kulsyre, der findes som normalt Karbonat, vil kræves 2.52 g CaCl₂ eller 3.72 g Ca(NO₃)₂ til Karbonatfældningen.

En Bestemmelse af Bikarbonatkulsyre efter denne Fremgangsmaade tager længere Tid end en Bestemmelse af Total-

kulsyre. Man maa i Reglen med Mellemrum ryste Opløsningen i ca. et Kvarter, før Luftudviklingen er ophørt. Den saaledes bestemte Mængde svarer næppe til hele den tilstedeværende Mængde, idet Kulsyretrykket over Opløsningen i Maalerøret forhindrer Reaktionen i at løbe til Ende.

For at se, om man opnaar fuldstændig Karbonatfældning ved Anvendelse af den Mængde Kalksalt, der beregnes paa Grundlag af Indholdet af normalt Karbonat, blev de i Tabel 12 omtalte 8 Prøver behandlede med de beregnede Mængder CaCl_2 . Efter et Døgns Henstand bestemtes Mængden af CO_2 i Opløsningen og ligeledes Tabet af Ammoniakkvælstof ved Indtørring af de saaledes behandlede Ajleprøver. Resultaterne af disse Bestemmelser er samlede i Tabel 13.

Tabel 13. Karbonatfældning i forskellige Ajleprøver ved Tilsætning af CaCl_2 , beregnet paa Grundlag af gasvolumetriske CO_2 -Bestemmelser.

Nr.	g CO_2 pr. 100 cm Ajle			Tilsat g CaCl_2 pr. 100 cm ³	Efter 1 Døgns Henstand g CO_2 pr. 100 cm ³	Kvælstof- tab ved Indtørr., pCt. af hele Mængden	pCt. N
	Total	Som Bi- karb.	Diff.				
1.....	0.94	0.45	0.49	1.23	0.165	12.0	0.35
2.....	1.26	0.35	0.91	2.23	0.08	7.0	0.59
3.....	0.99	0.31	0.68	1.70	0.10	8.4	0.35
4.....	0.74	0.26	0.48	1.20	0.10	7.0	0.38
5.....	1.60	0.40	1.20	3.00	0.12	7.2	0.71
6.....	1.12	0.42	0.70	1.75	0.10	8.5	0.35
7.....	1.08	0.37	0.71	1.78	0.10	4.8	0.43
8.....	1.29	0.31	1.02	2.54	0.12	5.2	0.59

Det fremgaar af Tabellen, at de saaledes beregnede Mængder har været tilstrækkelige til at fjærne omtrent hele Karbonatindholdet i Ajlen og til at nedsætte Kvælstoftabet ved Indtørring til en Ubetydelighed.

Da Indholdet af Bikarbonatkulsyre efter de anførte Tal synes at udgøre 20—30 pCt. af hele Mængden, vil de Mængder, Kalksalte, der i 211. Beretning anføres som nødvendige for Karbonatfældningen, kunne formindskes i tilsvarende Grad.

Litteraturfortegnelse.

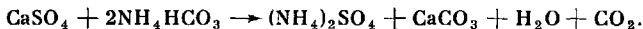
1. *H. Bjørn-Andersen*: Om Kvælstofabet i Koajle ved Spredningen og om mulig Forebyggelse deraf ved Tilsætning af Superfosfat. Tidsskrift for Landøkonomi 1905.
2. *J. J. Tylvad*: Tørvejord som Strøelse. Hedeselskabets Tidsskrift 1911.
3. *M. K. Kristensen*: Beretning om Planteavlssarbejdet i Jylland 1927.

Summary.

Investigations on Ammonia Evaporation in Liquid Manure.

Ammonia vapor tension in liquid manure and ammonia carbonate solutions increases greatly with increasing temperature. An increase in temperature of 10° C more than doubles the speed of ammonia evaporation.

Gypsum, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, can precipitate carbonates in liquid manure according to the formula:



and thereby transform the ammonia in liquid manure to a non-volatile form.

In order to bring the reaction to completion the mixture of gypsum and liquid manure should be stirred constantly and thoroughly from 2 to 3 hours. The addition of a quantity of burnt lime equivalent to the amount of bicarbonate present, greatly increases the speed of the reaction which can be expressed by the above equation.

If gypsum is added to liquid manure without stirring the mixture, no appreciable precipitation of carbonates occurs, for the gypsum sinks to the bottom and is covered by a layer of CaCO_3 which prevents more gypsum from being dissolved. The diagram, Fig. 1, shows the effect of stirring on ammonia evaporation in liquid manure to which gypsum has been added. This explains why in the many experiments made with gypsum as a preservative that substance has proved almost useless.

The content of ammonia nitrogen and carbonate in liquid manure can be determined gas-volumetrically with the help of the apparatus shown in Fig. 3.

Nitrogen is determined by letting 5 cm³ liquid manure pass into 25 cm³ sodium hypobromide solution (25 cm³ bromine added to 100 gm NaOH dissolved in 1250 cm³ water) and measuring the volume of the amount of ammonia nitrogen generated. By adding 0.06 gm per 100 cm³ to the amount of ammonia nitrogen determined by the method given here we obtain a fairly accurate figure for the content of total nitrogen in the liquid manure.

The total amount of carbonic acid is determined by letting 5 cm³ liquid manure pass into 5 cm³ 10% HCl and after a thorough shaking, determining the volume of CO₂ generated. The CO₂ remaining in solution is about 10% of the total amount.

CO₂ in form of bicarbonate is determined in a similar way, but instead of acid, a 1 m CaCl₂ solution is used. In this case the mixture must be shaken very thoroughly for about 15 minutes.

The apparatus is adjusted by making analyses of solutions in which the nitrogen and carbonate content are known.

The amount of calcium salts necessary for the preservation of liquid manure is computed on the basis of the difference between the content of total and bicarbonate CO₂.
