

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

I. Ajle.

Ved S. Tovborg Jensen.

211. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Nærværende Beretning omhandler en Del Undersøgelser, som er udførte paa Statens Planteavls-Laboratorium med det Formaal at klarlægge Aarsagerne til det Kvælstoftab, der kan finde Sted ved Udbringning af Ajle og Staldgødning, og om muligt at angive Metoder til at modvirke dette Tab.

Arbejdet er planlagt og udført af Assistent, cand. polyt. S. *Tovborg Jensen*. Ved Analysearbejdet har Frk. *E. Christensen* medvirket. Beretningen er udarbejdet af *S. Tovborg Jensen*.

Forsøgslejerne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Man har længe været klar over, at der kan tabes betydelige Mængder af Værdistofferne i Ajle og Staldgødning, naar de bringes ud paa Marken. Paa Forsøgsstationen ved Askov (*Iversen (1)*¹⁾ er det vist, at Staldgødning ved at henligge paa Marken i 4 Døgn, inden Nedpløjning finder Sted, kan tabe henimod Halvdelen i Gødningsværdi, og at øjeblikkelig Nedpløjning i de fleste Tilfælde er nødvendig, hvis man vil undgaa dette Tab. For Ajlens Vedkommende er Spørgsmaalet endnu ikke saa klart belyst, men der foreligger dog et enkelt Forsøg (2), som viser, at Ajlens Kvælstofvirkning er gaaet næsten fuldstændig tabt ved Udbringning uden Nedfældning paa foraarsbehandlet Jord.

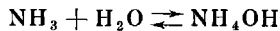
¹⁾ Tallene i Parentes henviser til Litteraturfortegnelsen, Side 146.

Da Værdien af Danmarks aarlige Staldgødningsproduktion ifølge *Iversen* (1) kan anslaaes til ca. 150 Mill. Kr., er det vigtigt at faa Rede paa, hvilke Faktorer det er, som betinger, at indtil Halvdelen af Gødningens Værdi som Plantenæringsstof kan tabes ved Udbringningen.

De naturlige Gødningers Værdi beror først og fremmest paa deres Indhold af Kvælstofforbindelser. Kvælstoffet stammer fra Fodermidlerne og findes i Gødningen, dels som Protein-stoffer, dels som Spaltningsprodukter af disse, idet disse Stoffer sønderdeles ved Forgøring af Gødningen under Opbevaringen i Mødding og Ajlekumme. Et af Slutningsprodukterne ved denne Spaltningsproces er Ammoniak, der findes i Gødningen som Salte af Kulsyre, Svovlbrinte og forskellige organiske Syrer.

Ammoniakkvælstoffet er de naturlige Gødningers værdifuldeste Bestanddel, men tillige, som vist af *Iversen* og talrige andre, den Del, som lettest tabes ved Opbevaring og Udbringning. Tabet fremkommer i Hovedsagen ved, at Ammoniakken gaar bort i Luftform fra de Opløsninger, hvori den forekommer i Gødningen. Vi vil derfor til en Begyndelse betragte nogle Ammoniak- og Ammoniumsaltopløsnings kemiske Forhold for om muligt ad den Vej at komme til Klarhed over, hvad det er, der betinger, at en saadan Fordampning kan finde Sted.

Ammoniak, NH_3 , Kvælstoffets vigtigste Brintforbindelse, er en farveløs Luftart med en karakteristisk, stikkende Lugt. Forbindelsen er meget let opløselig i Vand, idet der ved Opløsningsprocessen dannes Ammoniumhydroxyd efter Reaktionskemaet



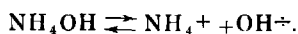
Hvor stor en Mængde Ammoniak, der opløses i et givet Tilfælde, beror paa Ammoniakkens Partialtryk i Luften over Opløsningen, idet Opløseligheden vil være tilnærmelsesvis ligefrem proportional med dette Tryk¹⁾. Omvendt kan man sige, at Ammoniakkens Partialtryk i Luften over en Ammoniakopløsning vil være ligefrem proportional med Opløsningens Ammoniakkoncentration. Hvis denne Koncentration er større, end der svarer til Ligevægten, vil der gaa Ammoniak fra Op-

¹⁾ Dette kan afledes af ovenstaaende Udtryk ved Anvendelsen af Massevirkningsloven i Forening med Loven om Luftarters Absorption i Vædsker.

løsningen over i Luften, er den mindre, vil der gaa Ammoniak fra Luften ned i Vædsken. Det beror saaledes ganske paa de ydre Forhold, om en Ammoniakopløsning vil afgive NH_3 til eller optage NH_3 fra den Luft, hvormed den er i Berøring.

Henstilles en Opløsning af Ammoniakvand i fri Luft, vil Ammoniakkens Partialtryk over Opløsningen være meget lille, praktisk talt $= 0$, idet den Ammoniak, som afgives til Luften, vil føres bort ved Strømning og Diffussion, og Ammoniakken vil efterhaanden dampe fuldstændig bort af Opløsningen. Fordampningshastigheden og dermed den Tid, det varer for en given Mængde NH_3 at gaa bort i Luftform, vil være afhængig af Overfladens Størrelse. Jo større Overfladen er i Forhold til Rumfanget, desto hurtigere vil Ammoniakken dampe bort. Desuden vil Hastigheden være afhængig af Ammoniakkoncentrationen, idet den tiltager med denne. Da Ammoniakkoncentrationen aftager under Fordampningen, foregaar denne med aftagende Hastighed.

Ammoniakvand reagerer basisk, idet NH_4OH , der, som foran nævnt, dannes ved Opløsning af NH_3 i Vand, er elektrolitisk dissocieret efter Skemaet



Ammoniumhydroxyd er en svag Base, og det er kun en forholdsvis ringe Brøkdel af Ammoniumhydroxydet, der paa den Maade er spaltet i Ioner. Sætter man Syre til Ammoniakvand, forener Hydroxylionerne sig med den tilsatte Syres Brintioner til Vand. Derved forrykkes Ligevægten, som er udtrykt ved ovenstaaende Ligning, idet Processen løber videre fra venstre til højre, indtil hele NH_4OH -Mængden er omdannet til et stærkt dissocieret Salt af den paagældende Syre.

Ved Neutralisation af en Ammoniakopløsning forsvinder saaledes Ammoniumhydroxydet NH_4OH . Som vi allerede har set, er Ammoniakdampspændingen over Opløsningen proportional med NH_4OH -Koncentrationen. Naar denne bliver forsvindende lille, bliver ogsaa Ammoniakdampspændingen forsvindende lille, d. v. s., Ammoniakken er ikke længer til Stede i Opløsningen i flygtig Tilstand.

For nærmere at undersøge, hvorledes Koncentrationen af Ammoniumhydroxyd og dermed Ammoniakdampspændingen er afhængig af Opløsningens Reaktion, vil vi anvende Masse-

virkningsloven paa Ammoniumhydroxydets Dannelsesproces. Man faar derved følgende Udtryk:

$$\frac{C(\text{NH}_4^+ \cdot \text{COH}^+)}{\text{CNH}_4\text{OH}} = K,^1)$$

hvor K er en konstant Størrelse. Da der i vandige Opløsninger af Ammoniumsalte altid forekommer saavel NH_4^+ som OH^- , vil denne Ligning have Gyldighed for enhver vandig Opløsning af et Ammoniumsalt, ligegyldig hvilken Værdi OH^- end har, d. v. s., enten Opløsningen er sur, neutral eller basisk. Forøger man COH^+ ved Tilsætning af en Base, maa Forholdet $\frac{\text{CNH}_4^+}{\text{CNH}_4\text{OH}}$ aftage, idet ovenstaaende Brøk stadig bevarer samme Værdi. Dette Forhold kan kun aftage ved, at CNH_4^+ aftager, samtidig med at CNH_4OH vokser, idet den sidste Forbindelse dannes af den første. Vi ser altsaa, at CNH_4OH i en Ammoniumsaltopløsning forøges, naar man forøger COH^- ved at tilsætte en Base. Samtidig forøges, som vi har set, Ammoniakdampspændingen over Opløsningen, d. v. s., i en vandig Opløsning af et Ammoniumsalt er Ammoniakken mere flygtig og gaar lettere tabt ved Fordampning, jo mere alkalisk Opløsningen er. (Desuden vil, som det senere vil blive vist, Flygtigheden være afhængig af Temperaturen.)

For Praksis bliver det nu af Vigtighed at faa Rede paa følgende Spørgsmaal: Ved hvilken Brintionkoncentration (Reaktionstal) vil Koncentrationen af NH_4OH i en forelagt Ammoniumsaltopløsning antage en saadan Værdi, at Ammoniakken bliver kendelig flygtig? — Endvidere: Hvorledes vil Opløsningens Reaktion ændres, medens Ammoniakfordampningen foregaar, og hvilken Indflydelse vil Reaktionsændringen udøve paa Fordampningsprocessens Forløb?

Det første Spørgsmaal maa afgøres ad eksperimentel Vej. Angaaende det andet, da vil det være muligt ud fra vort Kendskab til Ammoniumsaltenes kemiske Egenskaber at forudsige, hvorledes Fordampningsprocessen i Hovedtrækkene vil forløbe. Vi vil betragte en alkalisk Opløsning af et Ammoniumsalt i Berøring med en Atmosfære, i hvilken Ammoniakkens Partialtryk holdes konstant i Nærheden af Nul, saaledes som det, som allerede nævnt, vil være Tilfældet, hvis Opløsningen henstilles

¹⁾ CNH_4^+ betyder: Koncentrationen af NH_4^+ -ioner o. s. v.

i Berøring med den fri Luft. En Del af Opløsningens Ammoniak vil forflygtiges. Herved vil der i de fleste Tilfælde foregaa en Ændring af Opløsningens Reaktion, som vil indvirke paa Fordampningsprocessens Hastighed, idet denne vil stige, hvis Reaktionen ændres i alkalisk Retning, og falde, hvis den ændres i sur Retning. Reaktionsændringens Forløb under i øvrigt ens Forhold vil være bestemt af følgende Faktorer: 1) Opløsningens Stødpudevirkning, 2) Arten af det tilstedeværende Ammoniumsalt. Den første af disse to Faktorer vil i nogen Grad være afhængig af den anden. Angaaende Arten af det tilstedeværende Ammoniumsalt vil vi betragte nogle Tilfælde enkeltvis.

Saaframt vi har at gøre med et Ammoniumsalt af en stærk Syre, som ikke er kendelig flygtig ved den foreliggende Temperatur, vil Opløsningens Brintionkoncentration stige, naar Ammoniakken fordampes, idet Syren bliver tilbage. Hvis Opløsningen ikke indeholder Stoffer, som kan optage de dannede Brintioner, vil deres Koncentration hurtigt naa en saadan Værdi, at der ikke mere kan gaa Ammoniak bort, og Fordampningen standser automatisk. Hvorlænge den bliver ved at forløbe, afhænger af Forholdet mellem Mængderne af Ammoniumsalt og Base ved Fordampningens Begyndelse.

Hvis Ammoniakken har været bunden til en svag, ikke flygtig Syre, vil det gaa paa lignende Maade, dog vil der her kunne dampe betydelig større Mængder bort, inden Reaktionen bliver saa sur, at Fordampningen standser.

Anderledes vil Fordampningen derimod forløbe, hvis Ammoniakken har været bunden til en svag Syre, som er let flygtig ved almindelig Temperatur, f. Eks. CO_2 eller H_2S . Her vil Syren dampe bort samtidig med Ammoniakken. Brintionkoncentrationen vil ikke stige, og Forflygtigelsen vil foregaa uhindret, indtil der ikke er mere Ammoniak i Opløsningen. Saaframt Syren er lettere flygtig end Ammoniakken, vil Brintionkoncentrationen aftage under Processen, der vil foregaa med konstant, eller med stigende Hastighed, alt efter Koncentrationsforholdene.

Altsaa: i en alkalisk Opløsning af et Ammoniumsalt af en ikke flygtig Syre vil der kun kunne forflygtiges en Ammoniakmængde, som omtrent svarer til den tilstedeværende Basemængde. Har man derimod at gøre med et Ammoniumsalt af en let flygtig Syre i alka-

lisk Opløsning, vil hele Ammoniakmængden kunne forflygtiges. Vil man sikre sig imod Ammoniaktab ved den Slags Opløsninger, maa man derfor skaffe den let flygtige Syre bort og erstatte den med en stærk eller middelstærk Syre, som ikke er flygtig.

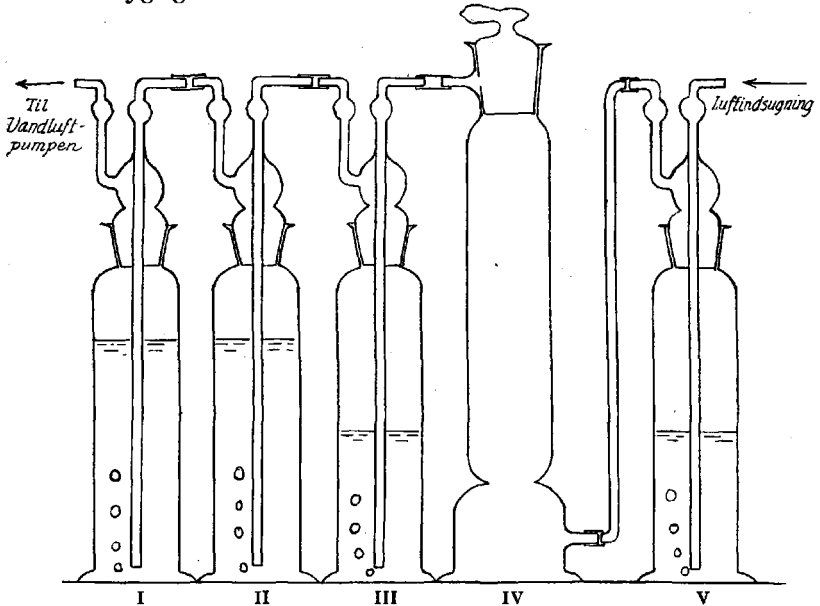


Fig. 1. Apparat til Undersøgelse af Ammoniakfordampningens Forløb. I og II Vadskeflasker med $\frac{n}{10}$ Syre. III. Vadskeflasker med Vædsken, fra hvilken Ammoniakfordampningen foregaar. IV. Taarn fyldt med Bomuld. V. Vadskeflasker med konc. Svovlsyre.

Dette kan ske enten ved Tilsætning af en stærkere Syre, der uddriver den svagere, som vil undvige fra Vædsken i Luftform, eller ved Tilsætning af et opløseligt Salt af en stærk, ikke flygtig Syre, hvis Kation danner uopløselige Forbindelser med Anionen af den flygtige Syre.

(Det skal senere vises, at de sidstnævnte Forhold foreligger ved Ajlen, og man kan undgaa Tab ved Ammoniakfordampning paa de her angivne Maader.)

For at vise Rigtigheden af de udviklede Forhold vedrørende Ammoniakforflygtigelse blev der foretaget en Række Laboratorieforsøg med Gennemluftning af forskellige Ammoniumsaltopløsninger og Bestemmelse af den bortdampede Ammoniakmængde til forskellige Tidspunkter.

Forsøgene foretoges paa den Maade, at Forsøgsvædsken anbragtes i en Vadskeflaske af sædvanlig Type. Foran Flasken var indskudt i Række to andre Vadskeflasker med $\frac{n}{10}$ Saltsyre, bagved den et Taarn med Bomuld og en Vadskeflaske med koncentreret Svovlsyre. Arrangementet fremgaar af Fig. 1.

Ved Hjælp af en Vandluftpumpe blev der drevet en kraftig Luftstrøm gennem Systemet, hvorved Ammoniak fra Forsøgsvædsken blev drevet over i Forlaget med $\frac{n}{10}$ Saltsyre, hvor Mængden bestemtes til forskellige Tidspunkter ved Titring med $\frac{n}{10}$ NaOH og med Metylrødt som Indikator. Det viste sig ved Forsøgene, at hele Ammoniakmængden altid blev absorberet i den første Vadskeflaske med Saltsyre. Ved nogle af Forsøgene var Flasken med Forsøgsvædsken erstattet med et Taarn med et Stykke sammenrullet Filtrepapir, i hvilket Forsøgsvædsken var opsugt.

Luftstrømmens Hastighed blev ikke maalt, men den holdtes tilnærmelsesvis konstant ved at indskyde et Kapillarrør mellem Systemet og Pumpen og derpaa holde Pumpen gaaende med et bestemt Vakuüm, 20 cm Kviksølv. Trykfaldet i Systemet er da ca. $2\frac{1}{2}$ m Vand-søjle, og en eventuel ringe Ændring i Vædskehøjden i Flaskerne vil ikke influere nævneværdigt paa Luftstrømmens Hastighed. Reaktionen i Forsøgsvædskerne maaltet kolorimetrisk under Forsøget, idet der var tilsat disse en Indikator, Bromfenolblaat.

Resultaterne af nogle af disse Gennemluftningsforsøg med Ammoniumsalte er anførte i Tabel 1 og opførte grafisk i Fig. 2.

Tabel 1. Ammoniakforflygtigelse fra forskellige Ammoniumsaltopløsninger.
25 cm³ Vædske, 57.0 mg N i Opløsningen.

I. (NH ₄) ₂ SO ₄ + 15 cm ³ conc. NaOH			II. (NH ₄) ₂ SO ₄ + 5 cm $\frac{n}{10}$ NaOH			III. (NH ₄) ₂ SO ₄ + 10 cm $\frac{n}{10}$ NaOH			IV. NH ₄ HCO ₃		
Tiden i Min.	mg N gaaet over	Reak- tion	Tiden i Min.	mg N gaaet over	Reak- tions- tal	Tiden i Min.	mg N gaaet over	Reak- tions- tal	Tiden i Min.	mg N gaaet over	Reak- tions- tal
2.5	27.30	st. alk.	0	—	9.0	0	—	9.4	0	—	7.9
5.0	39.70	»	15	2.73	8.7	15	5.60	9.2	30	3.64	8.8
7.5	46.50	»	30	4.27	8.6	30	8.40	9.0	60	7.24	9.0
12.5	54.20	»	45	4.97	8.4	45	9.94	8.8	90	12.00	9.1
17.5	56.35	»	75	5.81	8.0	75	11.76	8.4	120	16.62	9.1
22.5	57.50	»	105	6.23		105	12.32	8.0	155	21.10	9.1
27.5	57.50	»	135	6.51		135	12.88		185	25.72	9.1
			165	6.57		165	13.16		215	29.08	9.1
			195	6.70	7.2	195	13.44		245	32.44	9.1
			225	6.70	6.5	225	13.72		275	35.52	9.1
			255	6.70	5.8	255	14.00		305	37.90	9.1
			285	6.70	5.8	285	14.00	6.65	335	41.28	9.1

Det fremgaar af Kurverne i Fig. 2, at Ammoniakfordampningens Hastighed er afhængig af Brintionkoncentrationen. Hvor der er tilsat et stort Overskud af NaOH I, er hele Ammoniakmængden uddrevet efter ca. 20 Minutters Forløb. Ved Tilsætning af 5 og 10 $\text{cm}^3 \frac{n}{10}$ NaOH foregaar Ammoniakforflygtelsen med langt ringere Hastighed paa Grund af den lavere

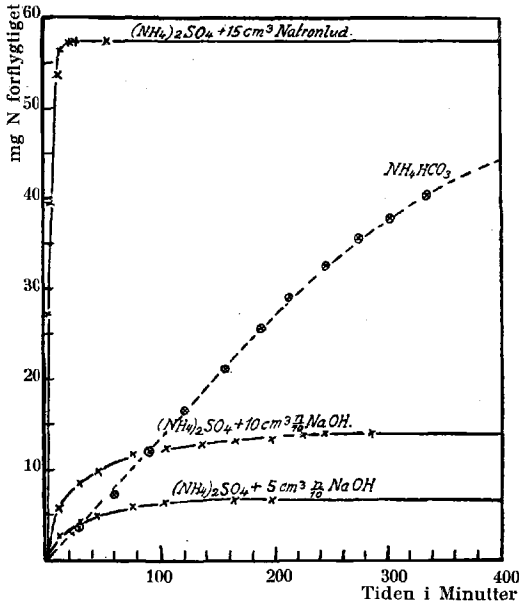


Fig. 2. Grafisk Fremstilling af Ammoniakfordampningens Forløb fra forskellige Ammoniumsaltopløsninger.

ens Forløb for en Ammoniumbikarbonatopløsning. I Overensstemmelse med den foran udviklede Teori viser det sig, at Brintionkoncentrationen her i Begyndelsen aftager, for derefter at holde sig konstant. Ammoniakfordampningen kan af den Grund foregaa uhindret, og efter $5\frac{1}{2}$ Times Forløb er allerede mere end 70 pCt. af hele den tilstedeværende Mængde fordampet, til Trods for, at Brintionkoncentrationen i denne Opløsning til at begynde med var lavere end i Opløsningerne II og III. Det er saaledes ikke Ammoniumkarbonatopløsningens svagt alkaliske Reaktion, men først og fremmest Opløsningens Indhold af Karbonationer, der bevirker, at saa store Mængder Ammoniak tabes ved Fordampning.

Brintionkoncentration, som imidlertid tiltager, efterhaanden som Ammoniakken gaar bort i Luftform. Ved p_H -Værdien ca. 6.5 i Forsøgsvædsken kan det ikke mere paavises, at der gaar Ammoniak over med Luftstrømmen. Grænseværdien for den

Brintionkoncentration, ved hvilken Ammoniakken ikke mere er kendelig flygtig ved almindelig Temperatur, synes altsaa at ligge ved p_H -Værdien ca. 6.

Forsøg IV viser Fordampningsproces-

Tabel 2. Ammoniakfordampning ved Indtørring af forskellige Ammoniumsaltopløsninger.

Opløsningens Art	PH	mg N i Filtrerpapir		Kvælstoftab	
		Før Indtørring	Efter Indtørring	mg	pCt.
$(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ i Stødpudeblanding.....	6.2	19.1	18.8	0.3	1.57
do.	6.7	18.8	18.1	0.7	3.37
do.	7.0	18.6	17.6	1.0	5.40
do.	7.6	18.8	17.7	1.1	5.85
do.	8.2	19.1	16.4	2.7	14.1
do.	9.0	17.7	11.8	5.9	33.2
$\text{NH}_4 \text{HCO}_3$	7.9	19.6	0.40	19.2	98.0
$\text{NH}_4 \text{HCO}_3 + 1 \text{ Ækv } \text{CaCl}_2$	7.0	16.1	15.6	0.5	3.10
$\text{NH}_4 \text{HCO}_3 + 1 \text{ Ækv } \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	6.8	17.5	16.6	0.90	5.10

Ved de her omtalte Forsøg er der kun fordampet en ringe Mængde Vand fra Opløsningerne. For at se, hvormegen Ammoniak der forflygtiges, naar hele Vandmængden fordampes, blev der foretaget Forsøg med Indtørring af Ammoniumsaltopløsninger paa Filtrerpapir. Disse Forsøg udførtes paa følgende Maade:

5 cm³ af Opløsningen opsuges i et Stykke Filtrerpapir, 20 × 20 cm, som henstilledes sammenrullet i et Bægerglas, til Papiret var fuldstændig tørt. Dernæst blev Papiret klippet i Stykker i Glasset og udludet i ca. 1/2 Time med 200 cm³ destill. Vand. Heraf udtoges 150 cm³, i hvilken Ammoniakken bestemtes ved Destillation med MgO og Titration.

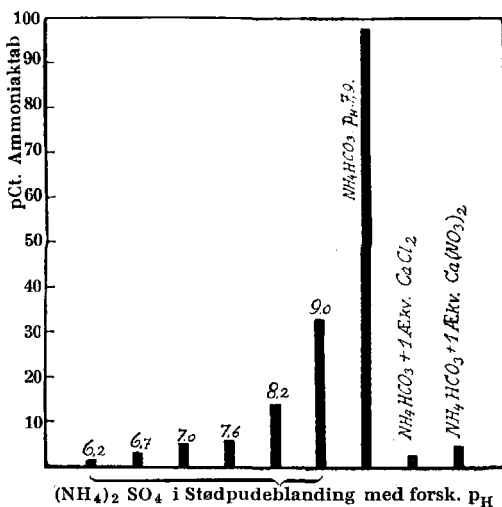


Fig. 3. Grafisk Fremstilling af Kvælstoftabet ved Indtørring af forskellige Ammoniumsaltopløsninger.

Resultaterne af disse Forsøg fremgaar af Tabel 2, og en grafisk Fremstilling af Ammoniaftabet er givet i Fig 3.

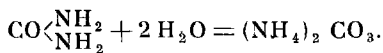
Det fremgaar tydeligt af Tabellen og Figuren, at hvor

Ammoniakken er bunden til H_2SO_4 , tabes der ikke større Mængder Ammoniak ved Indtørring, selv om p_H -Værdien ligger omkring 8 i en Stødpudeblanding.

Som ved Gennemluftningsforsøget synes en p_H -Værdi omkring 6 her at være den omtrentlige nedre Grænse for Ammoniakforflygtigelse ved den paagældende Temperatur, ca. $20^\circ C.$ ¹⁾.

Hvor Ammoniakken er til Stede i Form af Ammoniumkarbonat, gaar den praktisk talt fuldstændig tabt ved Indtørring af Opløsningen. Tilsætning af $CaCl_2$ eller $Ca(NO_3)_2$ i tilstrækkelig Mængde til at fælde Kulsyren som $CaCO_3$ reducerer Kvælstoftabet ved Indtørring til en Ubetydelighed.

Vi vil nu undersøge Problemet: Kvælstoftab ved Udbringning af de naturlige Gødninger, i Belysning af de her meddelte Kendsgerninger. Da Forholdet stiller sig simplest for den flydende Gødnings Vedkommende²⁾, vil vi først betragte den. Hovedparten af Ajlens Kvælstof er til Stede som Ammoniumkarbonat, dannet ved mikrobiologisk Spaltning af Urinstof efter Skemaet



Med Hensyn til Ammoniakforflygtigelse vil Ajle forholde sig i Hovedtrækkene som den ovenfor omtalte Opløsning af Ammoniumbikarbonat, d. v. s. ved Indtørring af Ajlen vil praktisk talt hele dens Indhold af Ammoniak gaa bort i Luftform.

Udsættes Ajlen med en stor Overflade for Luftens Indvirkning, vil der i Løbet af kort Tid kunne tabes en stor Del af dens Kvælstofindhold ved Ammoniakfordampning. Naar Ajlen ved Udbringning fordeles paa Jordoverfladen, er der saaledes Mulighed for Kvælstoftab, og at et saadant Tab finder Sted,

¹⁾ Ved højere Temperaturer ligger denne Grænseværdi betydelig lavere, hvad der let kan vises eksperimentelt. Indkoges en Ammoniumsulfatopløsning, vil der bortgaa Ammoniak, indtil Opløsningens p_H -Værdi er ca. 3.0. Ved en 0.4 n Opløsning vil der herved forflygtiges ca. 4 pCt. af den samlede Ammoniummængde. Ved en 0.1 n NH_4OH -Opløsning, tilsat 1.5 Ækv. KH_2PO_4 , p_H ca. 7.0, bortkoges 90 pCt. af den hele Ammoniummængde i Løbet af 30 Min. p_H -Værdien falder herved til ca. 4.6. Da disse Forhold er af mindre Betydning for Kvælstoftabet ved Gødningens Udbringning, er de ikke gjort til Genstand for nærmere Undersøgelser.

²⁾ Forholdet er for Staldgødningens Vedkommende tidligere undersøgt af *Frode Hansen* (5), som kom' til det Resultat, at det er ret kompliceret.

er forlængst paavist saavel ved Laboratorie- som ved Markforsøg. Tabet har man søgt at undgaa i Praksis ved at bringe Ajlen ud i fugtigt og stille Vejr, hvorved Mulighederne for Fordampning antages at være formindskede, endvidere ved hurtig Nedfældning efter Udbringningen, saa Ajlen ikke med en stor Overflade er udsat for Luftens Paavirkning i længere Tid, og endelig ved Konservering af Ajlen, idet der tilsættes Kemikalier, som overfører Ammoniakken i en ikke flygtig Form.

At Tabet ved fornuftig Anvendelse af de to første Metoder kan formindskes, er utvivlsomt. Ofte hænder det imidlertid, at Omstændighederne forbyder en saadan, og vil man da undgaa Tab, er man henvist til Konserveringsmetoderne. Af disse er der foreslaaet en hel Række, navnlig fra tysk Side. *Honcamp* og *Blanck* (3) har givet en indgaaende Oversigt over foreliggende Arbejder vedrørende Ajle- og Staldgødningskonservering, og disse skal derfor ikke beskrives enkeltvis. Det fremgaar af denne Oversigt, at man i de fleste Tilfælde gaar ud fra den Forudsætning, at det gælder om at »binde« Ammoniakken ved Tilsætning af Syre eller sure Salte. Til at binde Ammoniakken er saaledes foreslaaet frie Syrer, Superfosfat, Gips, Tørvejord, Mælkesyre m. m. Brændt Kalk er ogsaa foreslaaet ud fra den Forudsætning, at det skal give Mulighed for, at Ammoniakken omdannes til Salpetersyre paa samme Maade, som det finder Sted i de saakaldte Salpeterplantager.

De Resultater, man er kommet til, er meget ofte i Modstrid med hverandre. Der synes dog at være Enighed om, at frie, stærke Syrer og Superfosfat, anvendt i tilstrækkelig Mængde, er i Stand til at modvirke Kvælstoftab og forøge Gødningsvirkningen af Ajle og Staldgødning. Aarsagen til disse Stoffers konserverende Virkning angives almindeligt at være den, at Ammoniakken »bindes« paa lignende Maade, som naar Ammoniakvand neutraliseres med Syrer; man finder ogsaa omtalt, at den kulsure Ammoniak er flygtig, og at Kvælstoftabet i Hovedsagen er betinget heraf. Det angives ligeledes, at naar Gips »absorberer« Ammoniak fra Gødning, dannes der samtidig en Del Calciumkarbonat, og at dette Karbonat paa Grund af dets alkaliske Reaktion kan give Anledning til Ammoniakforflygtigelse.

Ingen synes dog hidtil at have studeret Relationen mellem Ajlens og Staldgødningens Indhold af Karbonater og

Ammoniakforflygtigelsen eller at have været opmærksom paa, at det ved Ajlekonservering først og fremmest kommer an paa at fjærne Karbonationen og erstatte denne med Anionen af en stærk Syre.

I Lærebøger og Afhandlinger finder man angivet, at et stort Indhold af Kulsyre i Ajle og Staldgødning vil trænge Dissociationen af Ammoniumkarbonat tilbage og modvirke Ammoniakforflygtigelsen. Dette, som særligt tager Sigté paa Forhold vedrørende Tab ved Opbevaring, er vel rigtigt. Ved Udbringningen maa imidlertid nødvendigvis Kulsyretensionen over Ajle og Gødning antage en meget lille Værdi, og som allerede paavist, vil der herved blive Mulighed for en livlig Ammoniakfordampning, og dermed et Kvælstoftab.

I det følgende skal der nu gøres Rede for nogle Forsøg paa Ajlekonservering ud fra den Forudsætning, at man herved skal tilstræbe at erstatte Karbonationerne i Ajle med Anioner af stærke Syrer.

Denne Erstatning kan, som nævnt under Omtale af de rene Salte, foretages paa forskellige Maader, nemlig ved Tilsætning af en stærk eller middelstærk Syre, hvorved Kulsyren gaar bort i Luftform, eller ved Tilsætning af et let opløseligt Salt, hvis Kation danner et tungt opløseligt Karbonat.

Anvendelse af frie Syrer har vist sig at frembyde saa mange Ulemper, at der i Praksis næppe vil kunne blive Tale herom. Anvendelse af Humussyre (Tørvejord) og Mælkesyre (Valle) synes heller ikke at egne sig for vore Forhold. Tilbage bliver da Muligheden for en Fældning af Karbonationerne. Hertil vil de fleste Salte, som opfylder de nævnte Betingelser, kunne bruges. Af Metaller, som danner tungt opløselige Karbonater, kan nævnes: Kalcium, Baryum, Strontium og Magnium, endvidere Jærn. Baryum- og Strontiumforbindelser er imidlertid for kostbare til praktisk Anvendelse. Magnium danner let opløselige, billige Salte, men disse fælder ikke Karbonationer i ammoniakalsk Vædske og kan som Følge deraf ikke komme i Betragtning.¹⁾ Jærnsalte fælder vel til Dels Kar-

¹⁾ Eventuelt kunde der blive Tale om at anvende Magniumklorid i Forbindelse med Superfosfat som Konserveringsmiddel. Man vilde herved faa al Ammoniak fældet i Form af Magniumammoniumfosfat, i hvilken Ammoniakken let nitrificeres i Jorden. Det vide Forhold mellem Fosforsyre og Kvælstof i dette Støf vil dog sikkert stille sig hindrende i Vejen for denne Metodes praktiske Anvendelse.

bonationerne, men det dannede Karbonat er ubestandigt, idet det efterhaanden omdannes til Ferrihydroxyd under Afgivelse af CO_2 , og derved bliver det, som det senere skal vises, af ringe Værdi som Konserveringsmiddel.

Tilbage bliver da Kalciumsaltene. Af disse kan der blive Tale om at anvende Kloridet eller Nitratet. Sulfatet (Gips), det billigste af Kalciumsaltene, opfylder ikke Fordringerne, idet det er tungt opløseligt, og ikke under almindelige Forhold kan bringes til at fælde Karbonationerne i Ajle. Endelig er der Superfosfat¹⁾, det hyppigst foreslaaede Konserveringsmiddel. Dette Stof virker paa Ajle dels som en Syre og dels som et Kalciumsalt.

Spørgsmaalet om Anvendelse af Superfosfat er her til Lands undersøgt af *R. K. Kristensen* (4), som paa Grundlag af sine Undersøgelser udtaler, at dette Stof ikke kan anbefales som Konserveringsmiddel. Vel var det muligt at hindre Ammoniaktab ved Hjælp af Superfosfat, men der krævedes hertil saa uforholdsmæssig store Mængder,²⁾ at det vilde være utænkeligt at indføre Metoden i Praksis.

Der foretoges nu Laboratorieforsøg med følgende forskellige Konserveringsmidler:

Kalciumklorid, Kalciumnitrat, Norgesalpeter, Superfosfat, Ferrosulfat, Kalciumklorid og Kalciumnitrat i Kombination med brændt Kalk og eksempelvis Baryumklorid. Ajlen, som anvendtes ved Forsøgene, stammede fra Statens Forsøgsstation ved Lyngby, og blev taget fra Slambrønden i Stalden. Straks efter Udtagelsen viste Ajlen et Indhold af 2.2 g Ammoniakkvælstof pr. Liter. Efter 2 Døgns Forløb var dette Indhold steget til 3.33 g pr. Liter, et Indhold, som forblev konstant under Forsøgenes Udførelse. Omdannelsen af Urinstof til Ammoniumkarbonat var altsaa paa det Tidspunkt, da Prøven toges ud,

¹⁾ Ved at anvende Saltsyre i Stedet for Svovlsyre ved Fremstilling af Superfosfat vilde man faa dannet en Blanding af CaCl_2 og $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Dette Stof vil sikkert være langt mere virksomt som Konserveringsmiddel end almindelig Superfosfat, idet det indeholder hele Kalciummængden i let opløselig Form.

²⁾ Ifølge *R. K. Kristensens* Angivelser maatte man anvende 260 kg Superfosfat pr. 1000 kg Ajle. Ved de her omtalte Forsøg viser det sig dog, at betydelig ringere Mængder har vist sig særdeles virksomme til at modvirke Tab af Ammoniak. At man i sin Tid kom til saa store Mængder, beror sikkert for en Del paa, at Indtørringen af Ajlen foregik paa Vandbad, altsaa ved en Temperatur af ca. 100°C ., hvor, som tidligere nævnt, Ammoniakken er langt lettere flygtig end ved almindelig Temperatur.

endnu ikke tilendebragt. Mængden af Kemikalier beregnedes paa Grundlag af Kulsyrebestemmelse i Ajlen, der foretoges vægtanalytisk efter Fresenius' Metode. Ajlen viste samme Indhold af Kulsyre¹⁾ i hele Forsøgsperioden 12.5 g CO₂ pr. Liter. Efter Tilsætning af Kemikalierne henstilledes Prøverne i kort Tid til Bundfældning af det dannede Kalciumkarbonat. Derpaa udtoges med Pipette 25 cm³ til Kulsyrebestemmelse, 5 cm³ til Ammoniakbestemmelse og 5 cm³ til Opsugning i Filtrerpapir, som omtalt under de rene Salte. Papiret henstilledes til Tørring i Laboratoriet. Derefter blev det sønderdelt, udludet med 200 cm³ destilleret Vand, og Ammoniakindholdet bestemtes paa sædvanlig Maade.

Tabel 3. Ammoniaktab ved Indtørring af Ajle med Tilsætning af forskellige Stoffer.

Tilsætning, Stof og Mængde m. m.	Reaktion	mg N i 5 cm ³		Kvælstof-tab		Kulsyreindhold g CO ₂ pr. Liter
		Før Indtørring	Efter Indtørring	mg	pCt.	
Uden Tilsætning	st. alk.	16.7	0.2	16.5	98.8	12.2
do.	»	16.8	0.3	16.5	98.5	12.4
31 kg CaCl ₂ pr. 1000 Liter Ajle (Indt. straks)	6.9	16.8	15.1	1.7	10.1	3.55
26 » do. (3 Døgns Henstand)	6.7	16.8	16.0	0.8	4.8	0.56
26 » CaCl ₂ + 2.6 kg CaO (Indt. straks)	7.3	16.7	15.2	1.5	9.0	1.54
46 » Ca(NO ₃) ₂ pr. 1000 Liter (Indt. straks).	—	16.7	15.1	1.6	9.6	3.69
39 » + 2.6 kg CaO (Indt. straks)	—	16.7	15.6	1.1	6.6	1.50
20 » Norgesalp. pr. 1000 Liter (Indt. straks)	7.2	16.8	6.6	10.2	60.8	8.19
25 » do.	7.1	16.7	8.7	8.0	47.8	6.05
30 » do.	7.0	16.8	10.7	6.1	36.0	4.89
35 » do.	6.9	16.7	12.2	4.5	27.0	4.69
40 » do.	6.7	16.6	14.7	1.9	11.3	3.59
50 » do.	6.5	16.8	15.3	1.3	7.7	3.32
40 » Superf. pr. 1000 Liter (1 Døgns Henst.)	7.8	16.7	1.7	15.0	90.0	10.40
53 » do. do.	7.6	16.7	3.4	13.3	80.2	9.40
80 » do. do.	7.3	16.5	7.3	9.2	55.7	5.10
106 » do. do.	6.9	16.7	12.3	4.4	26.2	1.99
49 » Gips pr. 1000 Liter	st. alk.	16.8	2.8	14.0	83.5	8.58
20 » Norgesalpeter + 20 kg Superfosfat pr. 1000 Liter	7.6	16.8	9.4	7.4	44.0	5.09
30 » Norgesalpeter + 20 kg Superfosfat pr. 1000 Liter	6.4	16.7	15.4	1.3	7.3	1.73
70 » BaCl ₂ , 2H ₂ O pr. 1000 Liter (Indt. straks)	6.6	16.8	14.2	2.6	15.4	2.39
70 » do. (3 Døgns Henstand)	6.8	16.8	16.2	0.6	3.7	0.26
79 » FeSO ₄ , 7H ₂ O pr. 1000 Liter	—	13.7	6.6	7.1	51.7	9.50

¹⁾ De første Kulsyrebestemmelser foretoges dog ikke før 3 Døgn efter Urinstofomdannelsen var tilendebragt. Det er saaledes muligt, at Ajlen paa dette Tidspunkt har haft et lavere Kulsyreindhold, idet der kan være dannet en Del CO₂ ved Forgæring af Ajlens organiske Stoffer.

Resultaterne af disse Forsøg er samlede i Tabel 3 og opførte grafisk i Fig. 4. I Fig. 5 er angivet Ammoniaktabet ved Indtørring som en Funktion af Vædskens Kulsyreindhold.

Tallene behøver ingen længere Forklaring. Det fremgaar af disse med stor Tydelighed, at det er Ajlens Indhold af Karbonat, som betinger det store Ammoniaktab, samt at et Stofs Værdi som Konserveringsmiddel beror paa, om det er i Stand til at fjærne Karbonationerne eller ej.

I den rene Ajle tabes praktisk talt hele Indholdet af Ammoniakkvælstof ved Indtørring.

Tilsætning af CaCl_2 i en Mængde, som svarer til 31 kg pr. 1000 Liter Ajle, bringer Tabet ved Indtørring ned til ca. 10 pCt. af Ammoniakkvælstoffet. Den samme Virkning opnaas ved Tilsætning af den ækvivalente Mængde $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (46 kg pr. 1000 Liter). Kulsyre-

indholdet i Ajlen er ved Tilsætning af disse Stoffer faldet fra 12.5 g pr. Liter til ca. 3.5 g CO_2 pr. Liter. Ved Henstand i nogen Tid efter Tilsætning af Kalksaltene falder Ajlens Kulsyreindhold yderligere. Foretager man nu paany Indtørring og Bestemmelse af Ammoniaktabet, viser det sig, at dette ogsaa er blevet formindsket. Det fremgaar af Tabellen, at en Tilsætning af 26 kg CaCl_2 pr. 1000 Liter Ajle og Henstand i 3 Døgn før Indtørringen har bragt Kulsyreindholdet ned fra 12.5 g pr. Liter til 0.5 g pr. Liter. Ammoniaktabet ved Indtørring er i dette Tilfælde kun 4.9 pCt. af Totalmængden. Et tilsvarende Forhold iagttages, hvor der er brugt BaCl_2 som Fældningsmiddel. Kulsyreindholdet er her endog gaaet ned til 0.26 g pr. Liter med et tilsvarende Ammoniaktab ved Indtørringen paa 3.7 pCt. af Totalindholdet.

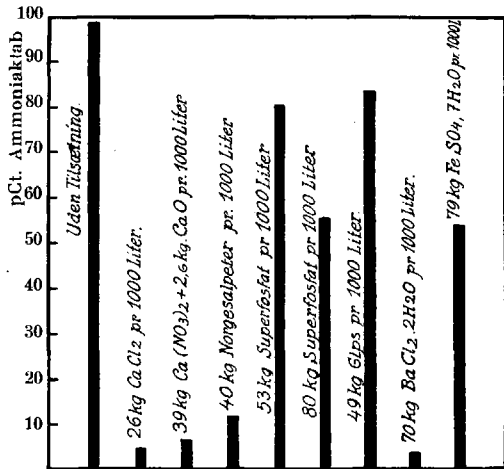
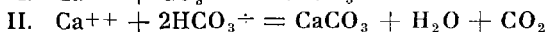


Fig. 4. Grafisk Fremstilling af Ammoniaktabet ved Indtørring af Ajle, tilsat forskellige Stoffer.

Det synes altsaa, som om man kan opnaa en effektiv Fjernelse af Karbonationerne ved Tilsætning af en mindre Mængde Kalksalt end den, der kræves for at binde hele den tilstedeværende Mængde Kulsyre som Kalciumkarbonat, endvidere, at en ret stor Del af Kulsyren forsvinder ved Henstand efter Tilsætning af Kalksaltet, uden at der samtidig bortgaar Ammoniak.

Disse Forhold, som vil være af ret stor Betydning for en eventuel praktisk Anvendelse af Konserveringsmetoderne, antages at bero paa følgende¹⁾: Kulsyren findes i Ajle dels i Form af normale Karbonationer, dels i Form af Bikarbonationer, ledsaget af NH_4^+ og andre Kationer, f. Eks. K^+ . Ved Tilsætning af et let opløseligt Kalksalt vil følgende Omsætninger foregaa



Ved Fældning af Ajle med CaCl_2 eller $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ vil den Omsætning, som udtrykkes ved II give Anledning til en Udvikling af Kulsyre, idet Vædsken nu bliver overmættet m. H. t. CO_2 . Der iagttages da ogsaa en livlig Luftudvikling, naar man sætter Kalksaltene CaCl_2 og $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ til Ajle.

Da saaledes en Del af Ajlens Kulsyreindhold gaar bort i Luftform, vil man kunne hjælpe sig med en tilsvarende mindre Mængde af det anvendte Fældningsmiddel. Hvor stor en Brøkdelen af Kulsyren, der er til Stede i Form af Bikarbonat i de enkelte Tilfælde, kan man ikke vide paa Forhaand. Det beror sandsynligvis paa Arten og Omfanget af de Gæringsprocesser, der er foregaaet i Ajlen under Opbevaringen. Ved Urinstofspaltningen dannes normalt Ammoniumkarbonat $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. Denne Opløsning vil være i Stand til at optage Kulsyre, hidrørende fra Forgæring af organiske Stoffer under Dannelsen af Ammoniumbikarbonat, NH_4HCO_3 . I den Ajle, her er undersøgt, findes, som det fremgaar af Tabellen, ca. 3.5 g CO_2 pr. Liter, efter Tilsætning af Kalciumioner i tilstrækkelig

¹⁾ Den givne Forklaring gør ikke Fordring paa at være fyldestgørende i Enkeltheder. En saadan faas kun ved Studium af Ligevægtsbetingelserne for Ionkombinationerne i Opløsningen, hvor der findes Karbonat, Bikarbonat, fri Kulsyre, Karbaminat m. m. Det er dog muligt ved de Betragtninger, der her er gjort gældende, at indhente Oplysninger, der er af Betydning for Spørgsmaalet om Kvælstoftabene ved Ajlens Udbringning.

Mængde til at fælde hele CO_2 -Mængden. Antager man nu, at de 3.5 g CO_2 er fri Kulsyre, hidrørende fra Bikarbonatfældningen, har der i dette Tilfælde været $2 \times 3.5 = 7$ g CO_2 pr. Liter i Form af Bikarbonat. En Del af den fri Kulsyre er dog sikkert gaaet bort, inden Analysen blev foretaget, og man maa saaledes regne med et noget større Tal for denne Mængde.

Bikarbonatkulsyren kan bindes ved Tilsætning af brændt Kalk, idet herved følgende Omsætning vil foregaa:



Ved Anvendelsen af en passende Mængde brændt Kalk tilligemed Kalciumnitrat eller Kalciumklorid skulde man altsaa straks kunne opnaa en mere effektiv Fjernelse af Karbonationerne end ved Tilsætning af de rene Salte. At dette forholder sig rigtig, fremgaar af Tallene i Tabel 3. Ved at erstatte en vis Mængde af Saltet med den ækvivalente Mængde CaO gaar Kulsyreindholdet straks ned fra 3.5 til ca. 1.5 g pr. Liter. Ammoniaktabet ved Indtørring bliver ogsaa en Ubetydelighed mindre. Fremgangsmaaden kan dog næppe anbefales i Praksis, idet Anvendelse af et Overskud af brændt Kalk, d. v. s. mere, end der svarer til Bikarbonatkulsyren, vil medføre, at Vædsken bliver alkalisk. En Del af Ammoniakken vil da være til Stede som NH_4OH , og denne Del vil tabes ved Indtørring.

Naar Kulsyren ikke straks fjernes fuldstændig ved Anvendelsen af brændt Kalk, beror det sikkert paa, at dette Stof forholdsvis langsomt omdannes til $\text{Ca}(\text{OH})_2$, der er ret tungtopløseligt i Sammenligning med CaCl_2 og $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Anvendelse af tungtopløselige Stoffer som Konserveringsmidler er i det hele taget uheldig, idet saadanne Stoffer synker til Bunds, saafremt Vædsken ikke holdes i livlig Bevægelse. Derved unddrager de sig Berøring med Opløsningen, dækkes ret hurtigt af et Lag af det udfældede Karbonat, og vil henligge paa Bunden i uvirksom Tilstand. Dette Forhold er det sikkert, som bevirker, at Gips, som det fremgaar af Tabellens Tal, er næsten virkningsløs som Konserveringsmiddel. Omsætningen $\text{CaSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ foregaaer af de ovennævnte Grunde kun i meget ringe Grad, og Karbonationerne i Opløsningen ombyttes ikke med Anionen af den stærke og ikke flygtige Syre H_2SO_4 . Bedst og sikrest opnaar man en saadan Ombytning ved Tilsætning af CaCl_2 eller $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

og nogen Tids Henstand, hvorved den sidste Rest af Kulsyren dels fældes ud som Karbonat, dels gaar bort i Luftform. Den Forøgelse i Kvælstoftab, som indtræder, naar Vædsken

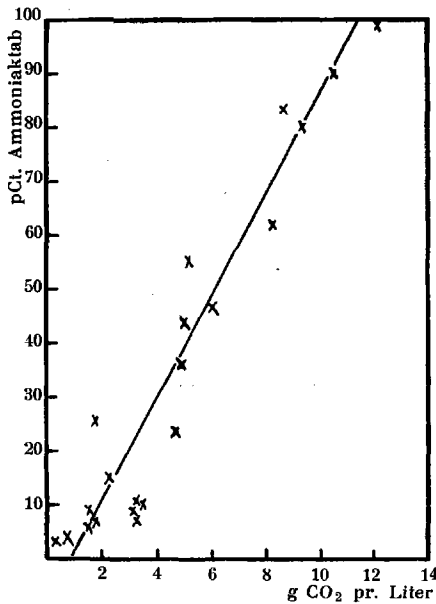


Fig. 5. Ammoniaktabet ved Indtørring af Ajle som Funktion af Ajlens Karbonatindhold.

udsættes for Luftens Paavirkning straks efter Tilsætning af Kalciumsaltet, vil dog være saa ringe, at man næppe vil tage Hensyn til den ved en eventuel praktisk Anvendelse af denne Konserveringsmetode.

Som Hovedresultat af disse Undersøgelser fremgaar det da, at det er muligt ved Tilsætning af en vis Mængde Klorkalcium eller Kalciumnitrat (Norgesalpeter eller tysk Kalksalpeter) til Ajle at formindske Ammoniaktabet ved Indtørring med ca. 90 pCt. Indtørres man Ajlen uden Tilsætning, tabes praktisk talt hele

dens Indhold af Ammoniakkvælstof.

Superfosfat, Gips og Jærnvitriol er langt mindre i Stand til at forhindre saadanne Tab og vil følgelig egne sig daarligt til Anvendelse i Praksis for at modvirke Kvælstoftab ved Udbringning af Ajle. Vel er det muligt ved Tilsætning af Superfosfat at opnaa en betydelig Formindskelse af Ammoniaktabet, men hertil kræves saa store Mængder, at Anvendelsen bliver uøkonomisk.

Hvorvidt de anviste Fremgangsmaader: Tilsætning af CaCl_2 eller $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, vil finde Anvendelse i Praksis som Ajlekonserveringsmetoder vil bero paa, om en saadan Anvendelse kan betale sig. Dette afhænger først og fremmest af, hvor stort det Kvælstoftab er, man kan gøre sig Haab om at indvinde, desuden af hvor store Mængder Kalksalt, der i de enkelte Tilfælde vil kræves for at fjerne Karbonationerne i Ajle med et givet Kvælstofindhold.

Angaaende det første Spørgsmaal kan det siges, at det kun kan løses tilfredsstillende ved Anlæg af et passende Antal Markforsøg, da de Forsøgsresultater, der allerede foreligger, ikke er omfattende nok til, at man paa Grundlag af dem kan udtale sig med Sikkerhed om Udbringningstabenes Størrelse.

Det lader sig ikke gøre ved Laboratorieforsøg at bestemme Udbringningstabenes absolutte Værdi. Derimod er det muligt ved saadanne Forsøg at skaffe sig nogen Oplysning om, hvilke Faktorer det er, som særlig øver Indflydelse paa Tabet. Det maa antages, at saadanne Oplysninger kan være til nogen Nytte ved Forsøg over Udbringningstabenes Størrelse, og vi skal derfor kort omtale nogle Eksperimenter, anstillede ud fra det indvundne Kendskab til Ammoniakfordampningen fra Ajle, idet vi samtidig gør opmærksom paa, at Resultaterne af disse Eksperimenter ikke uden videre bør overføres paa Praxis, hvor det er muligt, at en Række Forhold, som ikke spiller ind ved Laboratorieforsøget, vil gøre sig gældende.

Ammoniakfordampningen ved Udbringning af Ajlen foregaar dels under selve Spredningen, medens Ajlen falder gennem Luften til Jorden, og dels fra Jordoverfladen, hvor Ajlen i et tyndt Lag udsættes for Luftens Paavirkning. Ved Anvendelse af de gammeldags Klapspredere, hvor Ajlen, medens den falder gennem Luften, indtager en meget stor Overflade, er der næppe Tvivl om, at det førstnævnte Tab kan blive særdeles betydeligt. Hvor man, som det vel nu altid er Tilfældet, bruger moderne Rørspredere, hvorfra Ajlen kommer ud i Straaler med en Faldhøjde paa nogle faa Centimeter, vil dette Tab antagelig ikke være af større Betydning.

Tabet ved Fordampning fra Jordoverfladen vil sikkert i de fleste Tilfælde være betydelig større end det førstnævnte. Dets Størrelse vil i en meget væsentlig Grad bero paa Jordens Absorptionsevne over for Ammoniak. Der kan her være Tale om saavel kemisk som mekanisk Absorption, men i alle Tilfælde maa man antage, at jo hurtigere Ajlen siver ned i Jorden og derved unddrager sig Berøring med Luften, desto mindre vil Ammoniaktabet blive. Kører man Ajlen ud paa en Mark, hvor Nedsivningen foregaar langsomt, f. Eks. en Græsmark paa vaad og tung eller frossen Jord, vil der være Mulighed til Stede for en livlig Ammoniakfordampning.

Det er nu vigtigt at faa oplyst, hvor hurtigt Ammoniakfordampningen fra Ajle kan foregaa under saadanne eller lignende Omstændigheder.

Tabel 4. Forsøg over Ammoniakfordampningens Hastighed fra Ajle, opsuget i Filtrerpapir.

Forsøgsbetingelser	Indh. af Ammoniakkvælst., mg	mg N gaaet over i Minutter					pCt. Tab i 75 Min.
		15	30	45	60	75	
Ajle i Berøring med fugtigheds-mættet Luft.....	16.8	6.60	10.65	13.40	14.94	16.0	95.3
Ajle i Berøring med tør Luft	16.8	5.50	10.22	13.02	14.70	15.96	95.0
Ajle i Berøring med fugtigheds-mættet Luft, ringere Strømnings-hastighed	16.8	1.54	3.08	5.88	7.84	9.64	57.5
Ajle + 26 kg CaCl ₂ pr. 1000 Liter	16.8	0.40	0.80	0.90	0.90	0.90	5.3
Ajle + 39 kg Ca(NO ₃) ₂	16.8	0.40	0.70	0.80	0.90	0.90	5.3

For at komme til Klarhed over dette Spørgsmaal blev følgende Eksperiment anstillet:

I det Apparat, som foran er omtalt under Forsøg med de rene Ammoniumsalte, blev der foretaget Gennemluftningsforsøg med Ajle paa den Maade, at 5 cm³ opsugedes i et Stykke Filtrerpapir, der anbragtes sammenrullet i et Klorkalciumtaarn af sædvanlig Type. Der lededes nu ved Hjælp af Pumpen en Luftstrøm igennem med konstant Hastighed, og den uddrevne Ammoniak bestemtes til forskellige Tids-punkter. Forsøgene gennemførtes med Gennem sugning af saavel vand-mættet som fuldstændig tør Luft for at se, hvilken Indflydelse Luftens Fugtighedsgrad udøver paa Fordampningens Hastighed. Luftens tørredes ved at passere gennem en Vadskeflaske med konc. H₂SO₄ og et Taarn med CaCl₂. For at fremskaffe vandmættet Luft blev den ledet gennem 2 Vadskeflasker i Serie, fyldt med Vand.

Resultaterne af disse Undersøgelser er opførte i Tabel 4 og fremstillede grafisk i Fig. 6.

Det fremgaa af Tallene, at Ammoniakfordampningen under disse Omstændigheder er foregaaet særdeles hurtigt. I Løbet af 5 Kvarter er 95 pCt. af Ajlens Ammoniakkvælstof fordampet. Tilsætning af CaCl₂ og Ca(NO₃)₂ har bevirket, at Fordampningen standser efter ca. 3 Kvarters Forløb, til hvilket Tids-punkt der er gaaet 5.3 pCt. af den samlede Ammoniakmængde bort.

Luftens Fugtighedsgrad over, som det vil ses, i dette Tilfælde ingen Indflydelse paa Fordampningens Hastighed. Ammoniakfordampningen synes altsaa ikke at være knyttet til Vandfordampningen, men at foregaa uafhængig af denne. Naar Ammoniak forflygtiges af en Ammoniumkarbonatopløsning, er det saaledes ikke noget Tørringsfænomen, der gør sig gældende. Processen maa nærmest sammenlignes med den, der finder Sted, naar en opløst Luftart undviger fra en overmættet Opløsning, som f. Eks. Kulsyre af Soda-vand.

Fordampningshastigheden afhænger af Luftstrømmens Hastighed. Ved at nedsætte denne til ca. Halvdelen formindskes ogsaa Fordampningshastigheden

betydeligt. Fordampningen synes tillige at forløbe paa en noget anden Maade, idet Kurven, som angiver Fordampningstabet, gaar over fra en krum til en ret Linie. Dette Forhold, som antagelig beror paa, at NH_3 -Koncentrationen i Taarnet stiger under Luftgennemstrømningen, skal ikke her diskuteres nærmere.

Man ser af dette Eksperiment, at Ammoniakken i Ajle under ugunstige Forhold kan tabes ved Fordampning i Løbet af meget kort Tid. Betingelserne for Kvalstoftab ved Udbringningen vil vel ikke nogen Sinde være saa gunstige

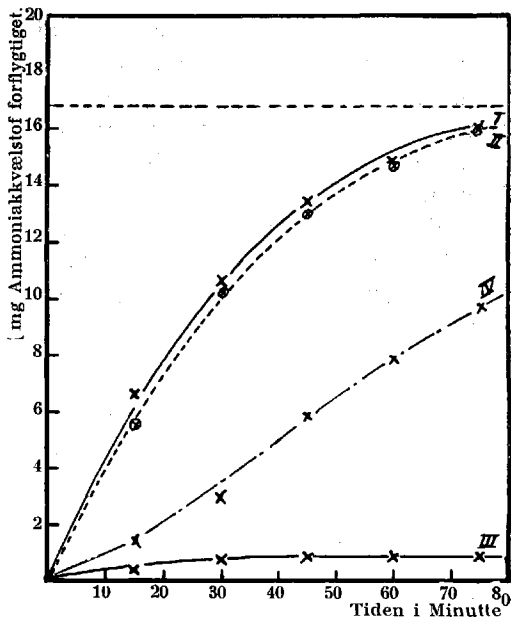


Fig. 6. Grafisk Fremstilling af Ammoniakfordampningens Forløb fra Ajle, opsuget i Filtrepapir.
 I. Ajle i Berøring med fugtighedsmættet Luft.
 II. do. tør do.
 III. Ajle + 26 kg CaCl_2 pr. 1000 Liter fugtig Luft.
 IV. Ajle i Berøring med fugtig Luft. Strømningshastigheden nedsat.

som i dette Tilfælde, men der kan næppe være Tvivl om, at relativt store Mængder Ammoniak i mange Tilfælde gaar til Spilde.

Almindeligvis antager man, og Forsøg har vist, at det er bedre at køre Ajle ud i fugtigt end i tørt Vejr. Dette beror efter det foranstaaende sandsynligvis ikke paa, at Ammoniakken er mindre let flygtig i fugtigt end i tørt Vejr. Muligvis er Forklaringen den, at Nedsivningen foregaar lettere i passende fugtig end i tør Jord. I Regnvejr vil Ammoniakken desuden føres ned fra Luften med de faldende Draaber og sive ned med Vandet under Jordoverfladen, hvor den absorberes.

Af større Betydning end Fugtighedsgraden synes Luftstrømningerne at være. Livlig Luftfornyelse fremskynder Ammoniaktabet. Gode Betingelser for Tab vil der være, hvis Ajlen bringes ud i Blæst paa tung og vanskelig gennemtrængelig Jord.

Foruden Forsøgene med Ammoniakfordampning fra Ajle, opsuget i Filtrepapir, blev der udført nogle enkelte Eksperimenter, hvor Fordampningen foregik fra Jord under Forhold, der antoges at ligge de naturlige ret nær.

Jorden anbragtes i en lukket Ekssikkator, 13 cm i Diameter, forsynet i Siden med en dobbelboret Prop, hvorigennem førte to Glasrør. Det ene af disse Rør mandede ud lige indenfor Proppen i Højde med Jordoverfladen, det andet i det diametralt modsatte Punkt i samme Højde. Ajlen tilførtes Jorden ved Hjælp af en Pipette i en Mængde, svarende til 20000 kg pr. ha. Derefter indsattes Ekssikkatoren i det sædvanlige Gennemluftningsapparat, og der sugedes en Strøm af vandmættet Luft igennem med konstant Hastighed. Den medførte Ammoniakmængde bestemtes til forskellige Tidspunkter.

Resultaterne af disse Forsøg fremgaar af Tabel 5 og Fig. 7, som giver en grafisk Fremstilling af Ammoniakfordampningens Forløb.

Det fremgaar af Tallene, at Ammoniakfordampningen under de omtalte Forsøgsbetingelser, foregaar meget langsommere end fra Filtrepapir. I Løbet af ca. 12 Timer har den udgjort henimod $\frac{1}{4}$ af hele den tilstedeværende Mængde. Endvidere er Fordampningen efter Forløbet af denne Tid i de fleste Tilfælde endnu ikke standset. Jordens Fugtighedstilstand synes for Lerjordens Vedkommende at være af Betydning for Ammoniaktabets Størrelse. Det er saaledes, at hvor Jorden har været

jævnt fugtig, er Ammoniakfordampningen praktisk talt standset efter $5\frac{1}{2}$ Times Forløb. Fra samme Jord i lufttør eller vaad Tilstand fortsattes Fordampningen derimod over et betydelig længere Tidsrum, og Tabet er kendeligt større.

Forklaringen paa dette Forhold maa antages at være den, at i begge disse Tilfælde foregaar Ajlens Nedsivning i Jorden betydelig langsommere, end naar Jorden er jævnt fugtig.

Tabel 5. Ammoniakfordampning ved Laboratorieforsøg fra Ajle paa forskellige Jorder.

Hedejord, fugtig, pH 6.8		Samme Jord, lufttør		Svær Lerjord, pH 7.6, fugtig		Samme Jord, vaad		Samme Jord, lufttør		Lerjord, græsbevokset	
Tid i Timer	pCt. Amm. tabt	Tid i Tim.	pCt. Am. tabt	Tid i Tim.	pCt. Am. tabt	Tid i Tim.	pCt. Am. tabt	Tid i Tim.	pCt. Am. tabt	Tid i Tim.	pCt. Am. tabt
$\frac{1}{4}$	1.5	$1\frac{1}{2}$	5.6	$\frac{1}{2}$	6.5	1	10.8	$1\frac{1}{2}$	5.6	$\frac{1}{2}$	2.4
$1\frac{1}{2}$	5.0	4	13.3	2	8.6	$2\frac{1}{2}$	17.4	3	10.5	1	4.9
3	9.0	8	20.7	4	10.0	4	21.1	5	14.0	2	8.3
$4\frac{1}{2}$	13.0	11	25.0	$5\frac{1}{2}$	11.0	$6\frac{1}{2}$	25.0	8	18.0	$3\frac{1}{2}$	11.5
6	17.0			9	11.2	9	26.5	11	21.0	5	13.8
$7\frac{1}{2}$	20.5			12	11.4	12	28.6			8	17.5
9	22.6									11	20.0
$10\frac{1}{2}$	24.6										
12	26.0										

For Hedejordens Vedkommende foregaar Ammoniakfordampningen med samme Hastighed, hvad enten Jorden er fugtig eller lufttør. Fra Ajle, som var tilsat CaCl_2 , svarende til 26 kg pr. 1000 Liter, kunde der ikke paavises nogen Ammoniakforflygtigelse under disse Forhold.

Disse Laboratorieforsøg har saaledes bekræftet, hvad man vidste i Forvejen, at der i visse Tilfælde kan foregaa betydelige Kvælstoftab ved Udbringning af Ajle, men de oplyser ikke tilstrækkeligt om Tabenes Størrelse til, at man kan gennemføre en sikker Beregning over Ajlekonserveringens Rentabilitet. Derimod er det muligt at beregne, med en vis Tilnærmelse, hvor stort Kvælstoftabet ved Ajlens Udbringelse skal være, inden det betaler sig at konservere Ajle ved Tilsætning af Klorkalcium. For at gennemføre en saadan Beregning er det nødvendigt at vide, hvor store Mængder CaCl_2 , der kræves i

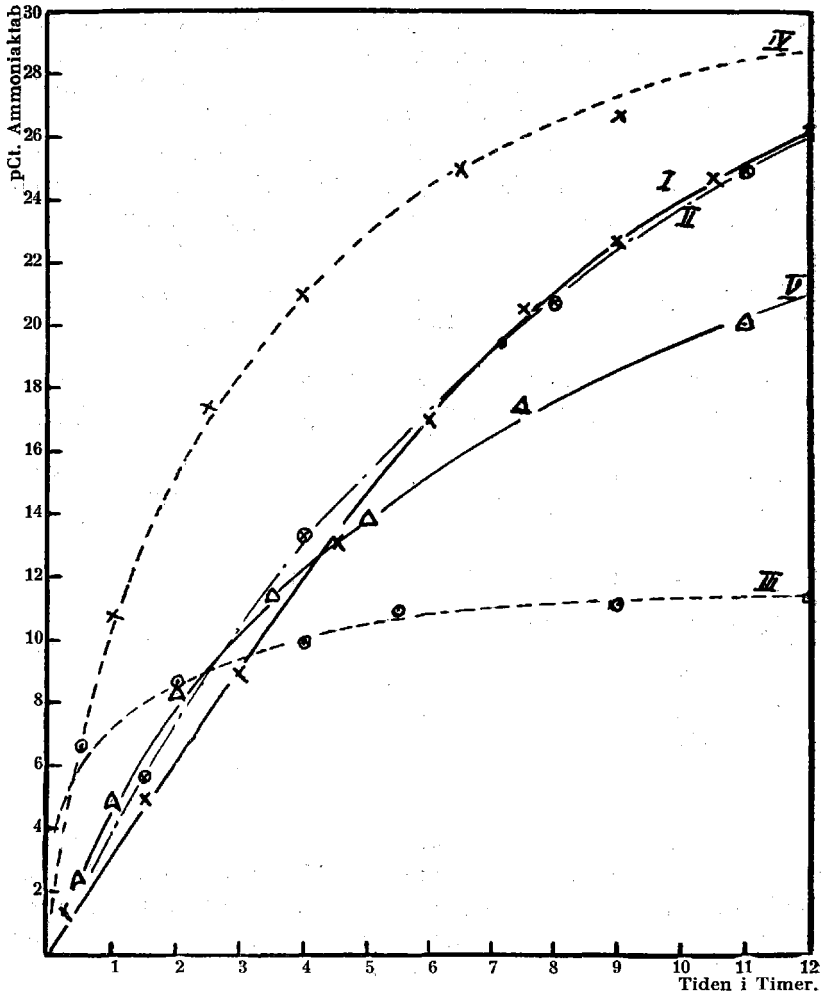


Fig. 7. Grafisk Fremstilling af Ammoniakfordampningens Forløb fra Ajle, udbragt paa forskellige Jorder.

- I. Hedejord, fugtig. II. Hedejord, lufttør. III. Svær Lerjord, fugtig.
IV. Svær Lerjord, vaad. V. Lerjord, græsbevokset.

Forhold til Kvælstofmængden for at fjerne Karbonationerne og erstatte dem med Klorioner i Ajle i Almindelighed.

For nærmere at belyse dette Spørgsmaal blev der foretaget Konserveringsforsøg i Laboratoriet med Ajle, hidrørende fra Kummer i 10 forskellige Landbrug paa Helsingøregnen.

Straks efter Prøvernes Ankomst til Laboratoriet blev der foretaget Bestemmelse af Ammoniak- og Kulsyreindholdet efter de foran omtalte Metoder. Dernæst foretoges Bestemmelse af Ammoniaktabet ved Indtørring paa Filtrepapir med Ajlen, som den forelaa, og med Tilsætning af to forskellige Mængder Klorkalcium. Disse Mængder beregnedes ud fra Kulsyrebestemmelsen saaledes, at den størst anvendte Mængde var ækvivalent med Kulsyreindholdet, og den mindste Mængde udgjorde 75 pCt. heraf, idet jo, som tidligere omtalt en Del af Ajlens Kulsyreindhold vil gaa bort i luftformig Tilstand under Karbonatfældningen.

Resultaterne af disse Undersøgelser er anførte i Tabel 6. I Fig. 8 er der givet en grafisk Fremstilling af Ammoniaktabet i de enkelte Prøver med og uden Tilsætning.

Det fremgaar af Tabellen, at Ajleprøvernes Indhold af Ammoniakkvælstof varierer fra 0.92 til 4.52 g pr. Liter. Samtidig varierer Kulsyreindholdet fra 5.07 til 10.58 g pr. Liter. Forholdet CO_2/N varierer ligeledes ret stærkt. Dette maatte man, som nævnt Side 132, ogsaa vente. Ved Tilsætning af en Klorkalciummængde, som er ækvivalent med Kulsyreindholdet, er Tabet af Ammoniakkvælstof ved Indtørring i 8 af 10 Tilfælde mindre end 10 pCt. af Totalindholdet. (Indtørres man Ajlen uden Tilsætning, tabes praktisk talt hele Ammoniakmængden). Ved Anvendelse af $\frac{3}{4}$ af den ækvivalente Klorkalciummængde varierer Ammoniaktabet ved Indtørring fra 10 til 22 pCt. af Totalmængden. Indtørringen blev foretaget straks efter Fældningen, og man maa antage, at Tabet ved nogen Tids Henstand kunde have været formindsket en Del (se Side 132).

Tallene kan opfattes som Udtryk for Ammoniaktabet ved Udbringning af de paagældende Ajleprøver under de mest ugunstige Omstændigheder, der overhovedet vil kunne komme til at foreligge. Man ser da, at man ved Anvendelse af en Klorkalciummængde, svarende til Kulsyreindholdet, i Realiteten kan forhindre Ammoniaktab ved Udbringning af Ajlen. Anvendelse af $\frac{3}{4}$ af denne Mængde giver Mulighed for et Tab, men der er næppe Tvivl om, at selv denne ringere Mængde vil være særdeles virksom.

Regner vi med, at Forholdet CO_2/N i Almindelighed er som 3 til 1 (Kolonne 3 i Tabel 6), vil Forholdet CaCl_2/N blive = 7.5, naar man regner med Anvendelse af den ækvivalente Mængde CaCl_2 ved Konserveringen. Efter Angivelser fra for-

skellige Sider vil Klorkalcium for Tiden kunne fremskaffes til ca. 7 Øre pr. kg. Herved bliver Konserveringsprisen $7.5 \times 7 =$ ca. 53 Øre pr. kg Kvælstof. Da 1 kg Kvælstof i svovlsur Ammoniak for Tiden koster ca. 1 Kr., skal man altsaa op paa et Tab af mere end Halvdelen af Ajlens Ammoniakkvælstof, inden Anvendelsen af CaCl_2 som Konserveringsmiddel bliver rentabel. (Det er dog muligt, at Klorkalcium til dette Brug vil kunne fremskaffes betydelig billigere end nævnt. Stoffet fremkommer i store Mængder som Affaldsprodukt ved Sodafabrikation. Naar det nu bringes i Handelen som vandsugende Middel til at holde Veje og Gader støvfri, beror det sandsynligvis paa, at man har søgt efter Afsætning for et ellers usælgeligt Produkt).

Tabel 6. Ammoniaktab ved Indtørring af forskellige Ajleprøver med og uden Tilsætning af CaCl_2 .

Prøvens Nr. og Mærke	g NH_3 Kvælstof pr. l	g CO_2 pr. l	CO_2 N	Ammoniaktab ved Indtørring, pCt. af Totalmængden			1 Ækv. CaCl_2 , sv. til kg pr. 1000 Liter Ajle
				Uden Tilsæt- ning	1 Ækv. CaCl_2	$\frac{3}{4}$ Ækv. CaCl_2	
1. Andreasminde	1.54	5.62	3.64	98.8	3.4	10.4	14.0
2. Bybjerggaard	2.30	7.97	3.46	96.0	8.5	16.5	20.0
3. Boserupgaard	0.92	3.07	3.32	90.0	15.2	22.0	7.7
4. Rørtang	3.10	9.34	3.00	98.8	6.7	13.4	23.3
5. Sundholmgaard	2.10	9.62	4.56	89.8	7.4	20.6	24.0
6. Landlyst	3.66	10.58	2.90	98.5	8.2	12.5	26.4
7. Kielsbjerg	3.10	9.10	2.94	97.8	5.1	14.0	22.8
8. Borupgaard	2.36	7.56	3.20	98.5	8.2	16.0	18.7
9. Flynderupgaard	4.52	10.00	2.22	97.0	6.2	12.8	25.0
10. Mørdrup	3.43	10.58	3.08	98.0	8.0	10.3	26.4

I den Henseende vil Sagen stille sig gunstigere, saafremt man i Stedet for Klorkalcium anvender Kalciumnitrat (Norgesalpeter, Tysk Kalksalpeter) der, som allerede nævnt, i Virkning er analog med Klorkalcium.

Disse Gødninger har en saa almindelig Anvendelse i de fleste Landbrug, at de udmærket vil kunne anvendes som Middel til at modvirke Kvælstoftabet ved Ajlens Udbringning. I Stedet for at bringe Salpeteret ud paa sædvanlig Maade ved Udstrøning, maa man bringe det ud i opløst Tilstand sammen med Ajlen. Den Kvælstofgødning (Ammoniumnitrat), man der-

ved skaffer sig, vil i Almindelighed ikke være mere koncentreret, end at Fordelingen kan gennemføres tilfredsstillende. Regner vi med det foran omtalte Forhold, 3:1 mellem CO_2 og N i Ajlen, skal der tilsættes saa meget Salpeter, at Kvælstofmængden heri bliver ca. dobbelt saa stor som den Mængde, der

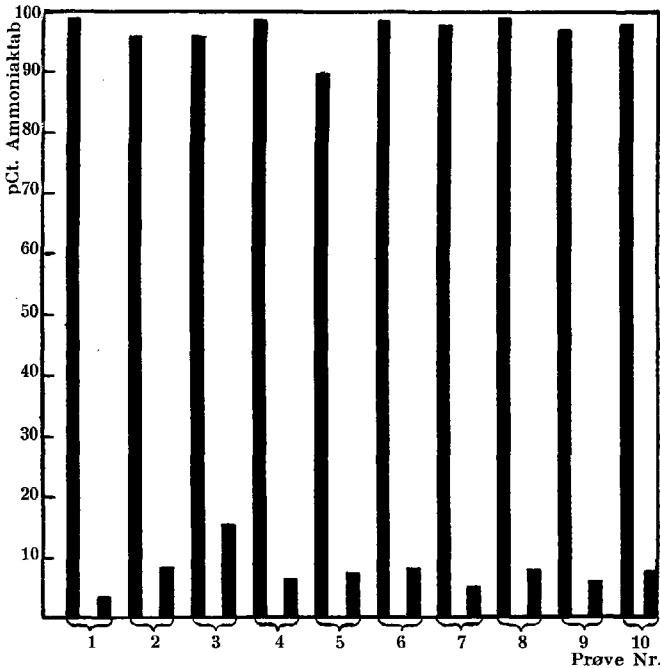


Fig. 8. Grafisk Fremstilling af Ammoniaktabet ved Indtørring af 10 forskellige Ajleprøver med og uden Tilsætning af CaCl_2 .

findes i Ajlen i Form af Ammoniak. Indeholder denne f. Eks. 0.3 pCt. Ammoniakkvælstof, skal man anvende 6 kg Salpeterkvælstof eller ca. 37 kg Kalksalpeter pr. 1000 Liter Ajle. Herved kommer man til en Opløsning, som indeholder 0.9 pCt. letopløseligt Kvælstof, 0.3 pCt. som Ammoniak- og 0.6 pCt. som Salpeterkvælstof, og hvori Ammoniakkvælstoffet ikke er flygtigt.

(Opløsningen vil antagelig ikke vise nogen »svidende« Virkning paa Planter i Vækst i Lighed med den, Ajlen giver, idet dennes ret stærke alkaliske Reaktion forsvinder ved Karbonatfældningen).

Denne Fremgangsmaade til at forhindre Tab af Kvælstof ved Udbringning af Ajle synes at rumme mange Fordele. Det er muligt, at de Ulemper, der i Praksis vil følge med, er saa store, at man hellere udsætter sig for de Tab, der almindeligvis finder Sted, men i Tilfælde, hvor man er nødt til at bringe en god Ajle ud under ugunstige Omstændigheder, vil man sikkert med Fordel kunne modvirke Kvælstoftab paa denne Maade.

Salpeteret bør ikke blandes i Ajlen før under selve Udbringningen, idet man udsætter sig for Denitrifikation og Tab af Salpeterkvælstof, hvis det tilsættes længere Tid i Forvejen, og Metoden bør i det hele næppe anbefales til almindelig Anvendelse, før man har indhentet Erfaringer fra Praksis vedrørende Tilsætning og Opløsning af Salpeteret, Slamdannelsens Indflydelse paa Spredningen og en Række andre Forhold.

Som Hovedresultater af det her refererede Undersøgelles-arbejde i Laboratoriet fremgaar da følgende:

a. Ammoniakdampspændingen over vandige Opløsninger af Ammoniumsulte stiger med stigende Hydroxylionkoncentration, d. v. s., jo mere alkalisk Vædsken er, desto større er Mulighederne for Kvælstoftab ved Ammoniakforflygtigelse.

Naar Ammoniakken gaar bort i Luftform fra saadanne Opløsninger, foregaar der en Ændring af deres kemiske Egenskaber, og denne Ændring vil udøve en afgørende Indflydelse paa Fordampningsprocessens Forløb.

Hvis Ammoniakken er til Stede i Opløsningen som Salt af en stærk og ikke flygtig Syre, vil Syren blive tilbage, medens Ammoniakken damper bort. Derved vil Opløsningens Brintionkoncentration stige og snart antage en saadan Værdi, at Ammoniakdampspændingen bliver forsvindende lille, d. v. s., Ammoniakfordampningen standser automatisk, inden større Mængder er gaaet tabt.

Er Ammoniakken derimod til Stede som Salt af en Syre, der er let flygtig, vil Syren dampe bort samtidig med Ammoniakken. I visse Tilfælde vil Syren endda fordampe hurtigere end Ammoniakken. Derved vil Hydroxylionkoncentrationen stige, og Ammoniakfordampningen vil, naar Vædsken udsættes for Luftens Paavirkning, foregaa med konstant eller stigende Hastighed, indtil der ikke er mere Ammoniak tilbage.

b. I Ajle er Hovedparten af Kvælstof til Stede i Form af Ammoniak, bunden til Kulsyre. Ajlen reagerer alkalisk, og da Kulsyren er meget let flygtig, er der Mulighed for, at hele Ajlens Ammoniakindhold kan tabes ved Fordampning.

Under ugunstige Forhold foregaar Ammoniakfordampningen fra Ajle meget hurtigt. Ved at opsuge Ajle i Filtrepapir og derpaa udsætte den for Luftens Paavirkning kunde det paa-vises, at praktisk talt hele Ammoniakmængden var dampet bort i Løbet af 5 Kvarter.

Ved Metoder til Konservering af Ajle maa man tilstræbe at fjerne Kulsyren og erstatte den med en stærk, ikke flygtig Syre, hvorved Ammoniakken gaar over i en ikke flygtig Tilstand.

Dette kan man opnaa ved forskellige Fremgangsmaader. Blandt disse skal nævnes: 1) Tilsætning af frie, stærke Syrer, hvorved Kulsyren uddrives og gaar bort i Luftform, medens Ammoniakken omdannes til et Salt af den paagældende Syre. Af saadanne Syrer har Svovlsyre og Saltsyre været bragt i Anvendelse. 2) Ved Tilsætning af et letopløseligt Salt af en stærk, ikke flygtig Syre, hvis Kation danner et tungtopløseligt Karbonat. Derved fældes Kulsyren ud, og Ammoniakken omdannes i dette Tilfælde ligeledes til et ikke flygtigt Salt af den paagældende Syre. Af saadanne Salte vil særlig Klorcalcium og Kalciumnitrat kunne komme i Betragtning.

Ved Anvendelse af Klorcalcium vil der kræves ca. 7.5 kg af dette Stof for hvert kg Ammoniakkvælstof, der findes i Ajlen. 7.5 kg CaCl_2 vil kunne fremskaffes for ca. 50 Øre, medens Prisen paa Kvælstof i Svovlsur Ammoniak er ca. 1 Kr. pr. kg. For at Anvendelsen af CaCl_2 skal kunne betale sig, skal det indvundne Tab altsaa beløbe sig til ca. Halvdelen af Ammoniakindholdet i Ajlen.

Anvendelse af Kalciumnitrat vil i mange Tilfælde kunne gennemføres uden direkte Udgift, ved at udbringe Norgesalpeter eller Tysk Kalksalpeter samtidig med Ajlen og opløst i denne. Salpetermængden maa tilpasses efter Ajlens Indhold af Ammoniakkvælstof. I Almindelighed maa Mængden af Salpeterkvælstof være omtrent dobbelt saa stor som den Mængde Ammoniakkvælstof, der findes i Ajlen.

Superfosfat kan ligeledes anvendes som Middel mod Kvælstoftab ved Ajlens Udbringning, idet dette Stof dels virker som et

Kalksalt og dels som en Syre. For at opnaa effektiv Beskyttelse mod Tab er det dog nødvendigt at anvende saa store Mængder, at Anvendelsen af dette Stof alene bliver uøkonomisk; derimod synes det muligt at anvende en passende Blanding af Kalciumnitrat og Superfosfat med Fordel.

De her antydede Fremgangsmaader til Beskyttelse mod Kvælstoftab ved Udbringning af Ajle bør dog afprøves grundigt ved Markforsøg, inden de kan anbefales til almindelig Anvendelse.

Litteraturfortegnelse.

1. 1927. *Karsten Iversen*: Gødningsforsøg paa Forsøgsstationerne ved Askov og Lyngby. Tidsskrift for Planteavl, 33. Bind, Side 557.
2. 1918. Beretning om Landhoforeningernes Virksomhed for Planteavl paa Sjælland, 1918, Side 10.
3. 1916. *F. Honcamp* und *E. Blanck*: Über die Konservierung und Düngewirkung des Jauchestickstoffes. Arbeiten der Deutschen Landwirtschaftl. Gesellschaft. Häfte 282.
4. 1919. *R. K. Kristensen*: Konservering af Ajle. Tidsskrift for Planteavl, 26. Bind, Side 485.
5. 1928. *Frode Hansen*: Staldgødningsundersøgelser. Tidsskrift for Planteavl, 33. Bind, Side 753.

Summary.

Investigations on Ammonia Evaporation and Nitrogen Loss in Spreading Liquid Manure.

a. The main results of the laboratory investigations described here are as follows:

Ammonia vapour tension in aqueous solutions of ammonium salts increases with increasing hydroxyl-ion concentration, or, in other words, the more alkaline the liquid, the greater the possibilities for nitrogen loss due to ammonia evaporation.

When ammonia evaporates from such solutions, a change takes place in their chemical properties. This change has a decisive effect on the course of ammonia evaporation.

If ammonia is present in the solution as a salt of a strong and non-volatile acid, the acid will remain while the ammonia disappears. This will cause an increase in hydrogen-ion concentration which will soon reach such a figure, that the ammonia vapour tension is practically negligible, that is to say, ammonia evaporation ceases automatically before appreciable quantities are lost.

On the other hand, if ammonia is present as the salt of a readily volatile acid, the acid will evaporate at the same time as the ammonia, in certain cases even more quickly than the ammonia.

This will cause an increase in hydroxyl-ion concentration, and if the liquid is exposed to the air, ammonia evaporation will occur with constant or increasing velocity until no more ammonia remains in solution.

b. In liquid manure the largest part of the nitrogen is present in the form of ammonia combined with CO_2 . Liquid manure shows an alkaline reaction, and as CO_2 evaporates very readily, it is possible, that the total content of ammonia in the liquid manure may be lost by evaporation.

Under unfavourable conditions ammonia evaporation in liquid manure takes place at a great rate of speed. When filter paper was saturated with liquid manure and exposed to the open air it was found, that after $1\frac{1}{4}$ hours practically the entire amount of ammonia present had evaporated.

In conserving liquid manure efforts should be made to get rid of CO_2 and substitute in its place a strong non-volatile acid, thus rendering the ammonia non-volatile.

This may be accomplished in several ways. Among those are the following:

By the addition of strong acids to liberate CO_2 and convert the ammonia to a salt of the non-volatile acid in question. HCl and H_2SO_4 have already been used for this purpose.

By the addition of a readily soluble salt of a strong, non-volatile acid, whose cation forms an insoluble carbonate. By this process CO_2 is precipitated and the ammonia in this case also transformed into a non-volatile salt of the acid in question. CaCl_2 and $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ may be used for this purpose.

In the case of CaCl_2 it will be necessary to use about 8 kg salt for each kg ammonia nitrogen found in the liquid manure. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ may often be used without additional expense by dissolving it in the liquid manure before spreading. The amount of nitrate to be used depends on the ammonia content in the liquid manure. The proportion Nitrate N to Ammonia N should be approximately as 2 is to 1.

Super phosphate may also be used to prevent nitrogen loss in spreading liquid manure. This salt acts partly as a calcium salt and partly as an acid. Complete prevention of nitrogen loss requires such large quantities of the salt that it does not pay in practice. However a well balanced mixture of calcium nitrate and super phosphate may possibly be used to advantage.

The methods suggested here to prevent nitrogen loss in spreading liquid manure should be thoroughly tested in field experiments, before they can be generally recommended for application in agricultural practice.