

Forsøg med flydende, vandfri ammoniak som kvælstofgødning.

Ved K. Dorph-Petersen.

461. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

I 1950—51 er der på statens forsøgsstationer ved Jyndeved, Askov, Lundgaard og Ødum i Jylland udført markforsøg, hvori ren ammoniak, nedbragt med en speciel nedfælder, er sammenlignet med de almindelige kvælstofgødninger. I nærværende beretning, der er udarbejdet af afdelingsbestyrer *K. Dorph-Petersen*, Askov, gøres der rede for forsøgenes udførelse og resultater.

Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Nutildags fremstilles hovedparten af kvælstofgødningerne ud fra syntetisk ammoniak, og jo mindre denne ammoniak skal oparbejdes, desto billigere bliver fabrikationen. For at spare transportomkostninger har man endvidere ønsket at fremstille gødninger med højt kvælstofindhold. Disse bestræbelser er resulteret i, at man — bl. a. i U.S.A. — anvender ammoniumnitrat (ca. 35 pct. N) som gødning, men samtidig har man søgt at finde en metode, ved hvilken man direkte kunne anvende ammoniak. Siden 1930-erne er der på Californiens og Arizonas kunstigt vandede arealer anvendt ren ammoniak som gødning, idet denne forsendes som vædske under tryk i stålflasker og derfra ledes i vandingsvandet (1 og 2). Endvidere er ammoniak solgt og anvendt som gødning i form af ammoniakvand med 22—25 pct. N — kaldet »aqua ammonia« — (1).

Fra 1943 har man — især ved Mississippi Agricultural Experiment Station — søgt at udarbejde en metode, hvorved ren, flydende ammoniak — kaldet »anhydrous ammonia« — kunne anvendes direkte i jorden, og fra 1947 er metoden i U.S.A. anvendt i praksis i stedse stigende omfang. (1).

Hovedlinien i denne anvendelsesmåde er følgende: På kvælstoffabrikkerne bliver den syntetisk fremstillede ammoniak, der ved almindeligt tryk er en luftart, ved tryk og afkøling omdannet til vædske (med ca. 82 pct. N) og som sådan forsendt i jernbanetankvogne. (Trykket i tanken er ved 15° C 6 atm., ved 20° ca. 8 atm.). Fra disse pumpes ammoniakvædsken over på lagertanke beliggende ved jernbanestationerne og derfra videre til store, traktortrukne tankvogne, der besørger transporten til de enkelte landbrug.

Til nedbringning af ammoniakken anvendes en nedfælder monteret på en traktor — se fig. 1. Denne nedfælder består af en beholder (200—400 liter), hvorfra ammoniakken igennem en reduktionsventil og gummislanger ledes gennem nedfælderens hule harvetænder 12—15 cm ned i jorden. Ved passagen gennem reduktionsventilen går ammoniakken over i luftform og bindes uden betydende fordampningstab, når den nedfældes i tilpas fugtig jord.

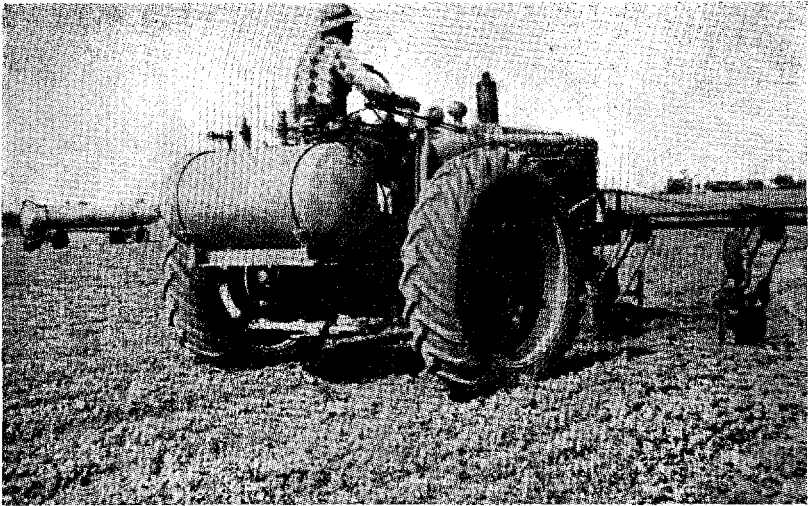


Fig. 1. Nedfældning af flydende ammoniak i et amerikansk landbrug. Tanken med ammoniak er anbragt bag førersædet og nedfælderens mellem traktorens for- og baghjul. I baggrunden til venstre ses en tankvogn til landevejstransport af flydende ammoniak. Efter Andrews et. al. (1).

Metoden anvendes især i store mekaniserede landbrug og er fordelagtig, fordi kvælstoffet i ammoniak er relativt billigt, og fordi alle omladninger fra jernbanevogn til lagertank og videre simpelthen kan ske ved pumpning.

De amerikanske erfaringer fra forsøg og praksis med denne gødning syntes så lovende, at »Norsk Hydro« fandt, at anvendelse af sådan flydende, vandfri ammoniak kunne få interesse i Skandinavien. »Norsk Hydro« har derfor foranlediget forsøg dermed udført i Norge fra 1949 og i Sverige og Danmark fra 1950.

1. Forsøgenes plan og gennemførelse.

På forsøgsstationerne er forsøgene udført i rodfrugt efter følgende plan:

- a. Grundgødet (superfosfat og kaligødning).
- b. 400 kg kalksalpeter pr. ha (300 kg sv. ammoniak til kartofler).
- c. 800 » » » (600 » » » » »).
- d. Flydende, vandfri ammoniak. I 1950 tilstræbtes 90 kg N pr. ha og i 1951 60 kg N pr. ha.

For at kunne nedfælde flydende ammoniak i lange parceller anvendtes følgende parcellfordeling:

d	d	d	d	d	d
a	b	c	a	b	c
d	d	d	d	d	d
b	c	a	b	c	a
d	d	d	d	d	d
c	a	b	c	a	b
d	d	d	d	d	d

Al kvælstofgødning blev udbragt i april, efter at marken var harvet med en dybtgående harve. Salpetergødningen blev spredt på almindelig måde og nedbragt med en let harve. Flydende ammoniak blev nedfældet i ca. 15 cm dybde med en til forsøgsbrug specielt konstrueret nedfælder. Denne nedfælder er fremskaffet af »Norsk Hydro«, hvis konsulenter S. Låg,

Oslo, og *L. P. Hansen*, København, har medvirket ved anlægning af forsøgene. Nedfælderaggregatet var monteret på en Ford traktor, som var stillet til rådighed af Statens Redskabsprøver, Bygholm, Horsens, der også velvilligst udlånte to mand til traktorens betjening samt en lastbil til transport. Den anvendte ammoniak er leveret fra Norsk Hydros fabrikker og fremsendes i stålflasker med 40 kg indhold.

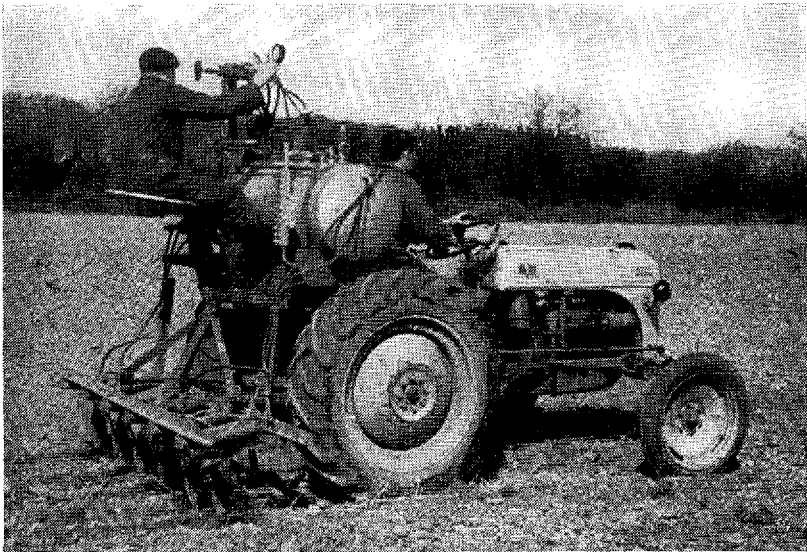


Fig. 2. Traktor med ammoniaknedfælder, der er forsynet med nøjagtig måleapparat til anlæg af forsøg.

Nedfældereren, hvis konstruktion fremgår af fig. 2 og 3, er forsynet med apparatur til måling og regulering af ammoniakens udstrømningshastighed. Denne blev under arbejdet i forsøgene holdt så at sige konstant, idet den hele tiden blev efterreguleret —, den ene mand på traktoren havde kun til opgave at kontrollere og regulere udstrømningshastigheden. Endvidere blev kørehastigheden holdt så godt som konstant.

Den anvendte ammoniakmængde er beregnet ud fra køretiden i parcellerne (målt med stopur), disses areal og den af måleapparatet angivne udstrømningshastighed (i kg N pr.

time). Justeringen af dette apparatur er foretaget af den amerikanske leverandør og er nøje efterprøvet i Norge af professor *M. Ödelien* og konsulenterne *R. Tønneson* og *S. Låg*. Det har ikke været muligt at foretage en fuldstændig kontrol af denne justering under arbejdet her i landet, men en prøve med den i 1951 anvendte udstømningshastighed viste, at der ved en times kørsel i marken netop anvendtes den beregnede ammoniak-

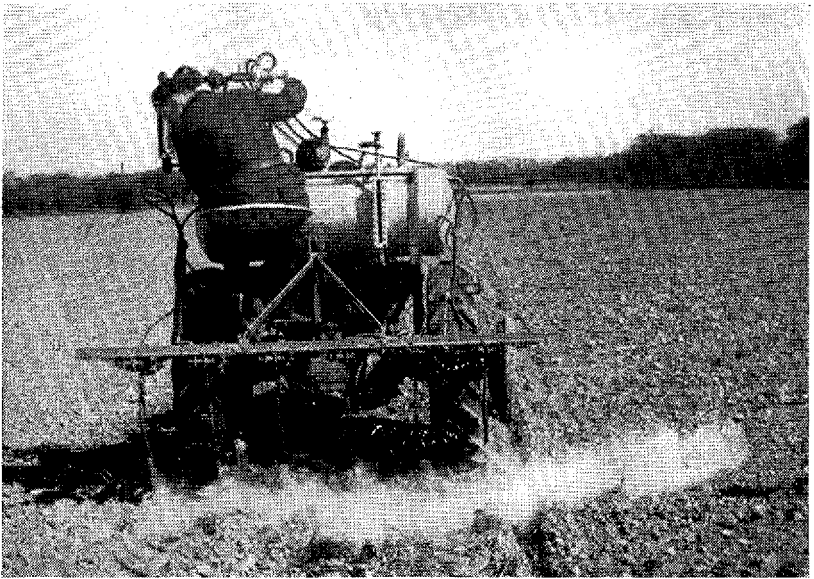


Fig. 3. Samme nedfælder til forsøgsbrug. Nedfælderens er her løftet af jorden, og ammoniakken blæser frit ud af de 6 nedfælderrør.

mængde. Det må derfor anses for sandsynligt, at de for de enkelte forsøg beregnede ammoniakmængder er meget nær de virkelig givne mængder, og at nøjagtigheden ved den forsøgs-mæssige gødskning med ammoniak er lige så god som ved gødskning med almindelige gødninger. Kun i et forsøg — kartofler på Jyndevad 1951 — tydede en i forhold til traktorens arbejdsbredde systematisk beliggende forskel i kartoffelrækkernes vækst på, at de 6 nedfælderrør ikke havde givet ens ammoniakmængder

— antagelig på grund af en delvis tilstopning af et rør. I kålroe- og kartoffelforsøget på Lundgaard 1951 var der også en synlig forskel i afgrødernes vækst fra række til række i de ammoniakgødede parceller, men da der i dette tilfælde ikke var noget system mellem de gode og mindre gode rækkeres beliggenhed og nedfælderens arbejdsbredde, kan denne »stribning« ikke skyldes uens udstrømning fra de 6 rør. Årsagen til »stribningen« er sandsynligvis, at rodfrugtrækkerne, der gik på langs af traktorens arbejdsretning med en afstand af 60 cm, fik forskellige afstande til »ammoniakstriberne« (33 cm mellem rørene). Når dertil kommer, at et meget tidligt synligt udslag for salpeter viste, at denne jord var særdeles kvælstoffattig, er det antageligt, at den forskellige afstand mellem roerækker og ammoniakstriber kan have favoriseret nogle af roerækkernes vækst først på sommeren. Ved opgørelsen af forsøgsresultaterne er der ikke taget hensyn til denne »stribning«.

For at få fuld gødningsvirkning af flydende ammoniak er det først og fremmest en betingelse, at nedfældningen er effektiv, og endvidere at der ikke senere sker nogen fordampning af ammoniak fra jorden.

Under arbejdet med nedfældningen af ammoniak i forsøgene fik de tilstedeværende et meget tydeligt indtryk af, at nedfældningen var særdeles effektiv. Når nedfælderens blev løftet af jorden, så ammoniakken blæste frit ud (som i fig. 3), fik dens karakteristiske, ubehagelige lugt hurtigt alle tilskuere over i vindsiden, medens man næsten ikke kunne lugte ammoniak, når traktoren kørte med nedfælderens i jorden. Kun når en af de fjedrende nedfældertænder gik mod sten eller lignende, kunne man se og lugte et pust af ammoniak bag tanden.

Om der efter nedfældningen kan ske ammoniakfordampning fra jorden, er undersøgt ved laboratorieforsøg. Disse viser, at mulighederne for et sådant tab kun er små. *Jackson og Chang, 1947 (3)*, har vist, at der ikke sker noget tab fra fugtig sandjord eller lermuldet jord, blot ammoniakken er nedfældet i 5 cm dybde. I tør jord og ved mindre nedfældningsdybde sker der små kvælstoftab. I et par små laboratorieforsøg udført på Askov, kunne der ikke påvises ammoniaktab fra fugtig sandjord, hverken når ammoniakken (100 kg N pr. ha) anbragtes i 12—15 cm

dybde, eller når den blev indblandet i hele det øverste 15 cm jordlag. Endvidere undersøgtes forskellige jorders evne til at fastholde ammoniak, når jordprøverne tørredes (35° C i 24 timer) efter tilsætning af ammoniakvand svarende til 500 kg N pr. ha.

Jordtype	pH	Tab i pct. af tilsat
		ammoniak
Grusgravsand	5.8	92
Let sandjord, Jynde vad	6.4	17
Lermuld, Askov	6.2	22
Lerjord, Aarslev	6.7	14
Teglværksler	4.8	13
Let sandjord, Jynde vad:		
Ukalket	4.8	3
4000 kg CaCO ₃ pr. ha	5.7	6
8000 » » » »	6.4	17
12000 » » » »	7.0	39

Som også vist af *Jackson og Chang*, (3), fordamper så godt som al ammoniak fra rent, tørt sand, hvorimod tabet er ret moderat, når almindelig dyrkningsjord udtørres, idet ammoniakken her bindes til ler- og humuskolloider. Tabellens nederste tal, omfattende jordprøver fra kalkforsøg, viser, at ammoniaktabet fra sandjord er afhængig af kalkning og størst ved den højeste reaktion.

Selv om man ved kraftig jordbehandling — f. eks. ved lægning af kartofler — får en del jord indeholdende nedfældet ammoniak bragt op i overfladen og udtørret der, er der kun begrænset mulighed for kvælstoftab, især på jorder med noget lerindhold.

2. Forsøgsresultater.

I tabel 1—3 er opført alle de vigtigste data fra 15 forsøg udført på forsøgsstationerne i 1950—51. Derudover er anlagt 3 forsøg, som blev kasserede på grund af dårlig plantebestand m. v.

I 1950 tilstræbtes en ammoniakmængde svarende til 90 kg N pr. ha, men da udbyttet efter denne gødningsmængde i flere tilfælde var større end udbyttet efter 800 kg kalksalpeter pr. ha, blev mængden af flydende ammoniak i 1951 nedsat til omkring 60 kg N pr. ha.

Tabel 1 omfatter 5 forsøg i bederoer, alle udført i 1951. I flydende ammoniak er der i gennemsnit givet samme kvælstofmængde som i forsøgsleddet gødet med 400 kg kalksalpeter, og udbyttet har også været meget nær ens i disse to forsøgsled.

I kálroer er der udført 7 forsøg ialt, 4 i 1950 og 3 i 1951 (tabel 2). I 1950 er der i flydende ammoniak tilført 85—90 kg N pr. ha, og udbyttet heraf har været lige så stort eller større end af forsøgsleddet gødet med 800 kg kalksalpeter (124 kg N). I 1951 er der i flydende ammoniak givet 55—62 kg N pr. ha, og dette år svarer udbyttet meget nær til det, der er opnået for 400 kg kalksalpeter pr. ha. For at lette oversigten er der, ud fra udbyttet efter 400 og 800 kg kalksalpeter pr. ha, beregnet udbytte efter en kalksalpetermængde med samme mængde kvælstof som givet i flydende ammoniak.

	kg N pr. ha	Udbytte i hkg tørstof i roer	
		kalksalpeter	flydende ammoniak
4 forsøg 1950.....	87	103.2	109.4
3 » 1951.....	59	68.3	65.8

Der er kun gennemført 3 forsøg i kartofler, tabel 3. På tilsvarende måde er der beregnet udbytte efter lige store mængder kvælstof i flydende ammoniak og svovlsur ammoniak.

	kg N pr. ha	Udbytte i hkg tørstof i knolde	
		kalksalpeter	flydende ammoniak
Jyndeved 1950.....	87	73.9	75.2
» 1951.....	60	103.3	92.8
Lundgaard 1951...	55	65.7	60.7

Til sammenligning med disse 15 forsøg på forsøgsstationerne er der i tabel 4 opført resultater af 32 forsøg udført af Foreningen af jyske Landboforeninger (4).

Følgende oversigt viser udbyttet af forsøgsleddet gødet med flydende ammoniak og det beregnede udbytte af samme mængde kvælstof givet i kalksalpeter eller svovlsur ammoniak.

	kg N pr. ha	Udbytte i hkg tørstof	
		kalksalpeter el. sv. am.	flydende ammoniak
Kálroer 1950.....	86	100.7	104.1
» 1951.....	59	82.1	79.4
Kartofler 1950.....	87	47.6	50.6
» 1951.....	65	58.2	58.5

Som helhed viser disse 47 forsøg, at *virksomheden af kvælstof givet i flydende ammoniak er meget nær den samme som virkningen af kvælstof i kalksalpeter eller svovlsur ammoniak*. Dette er samstemmende med forsøg i Mississippi (1), hvor flydende ammoniak har haft samme eller lidt større gødningsvirkning end ammoniumnitrat i forsøg med bomuld, majs og havre. I de

Tabel 1. Forsøg i fodersukkerroer, udbytte i hkg pr. ha.

	Grundgødet	400 kalksalp.	800 kalksalp.	Flydende ammoniak
<i>Jydeved, 1951.</i>				
kg N pr. ha i gødning.....	0	64 ¹⁾	128 ¹⁾	60
Udbytte, roer.....	144	205	271	213
» , top.....	72	118	172	119
» , tørstof i roer.....	30.9	42.9	55.1	44
» , » » top.....	13.4	21.8	29.7	20.7.3
<i>Askov, 1951.</i>				
kg N pr. ha i gødning.....	0	62	124	63
Udbytte, roer.....	248	431	497	439
» , top.....	87	180	278	186
» , tørstof i roer.....	53.6	90.8	100.6	91.2
» , » » top.....	12.0	22.9	33.5	24.4
<i>Askov, 1951.</i>				
kg N pr. ha i gødning.....	0	62	124	62
Udbytte, roer.....	281	524	617	488
» , top.....	106	232	365	238
» , tørstof i roer.....	53.7	95.1	108.0	87.5
» , » » top.....	12.5	25.5	37.9	26.3
<i>Askov 1951, Skovlyst.</i>				
kg N pr. ha i gødning.....	0	62	124	63
Udbytte, roer.....	209	281	355	300
» , top.....	96	189	266	187
» , tørstof i roer.....	46.3	62.9	77.8	63.1
<i>Ødum, 1951.</i>				
kg N pr. ha i gødning.....	0	62	124	61
Udbytte, roer.....	355	415	427	425
» , top.....	199	302	419	298
» , tørstof i roer.....	77.2	90.2	90.7	93.4
» , » » top.....	26.7	42.2	51.4	37.1
<i>Gens. af 5 forsøg, 1951.</i>				
kg N pr. ha i gødning.....	0	62	125	62
Udbytte, tørstof i roer.....	52.8	76.4	86.4	75.9

¹⁾ Chilesalpeter.

Tabel 2. Forsøg i kálroer, udbytte i hkg pr. ha.

	Grund- gødet	400 kalksalp.	800 kalksalp.	Flydende ammoniak
<i>Jynde vad, 1950.</i>				
kg N pr. ha i gødning.....	0	62	124	87
Udbytte, roer.....	329	576	700	657
» , top.....	23	45	65	49
» , tørstof i roer.....	43.5	70.9	75.6	81.0
<i>Askov, 1950.</i>				
kg N pr. ha i gødning.....	0	62	124	90
Udbytte, roer.....	785	1012	1102	1088
» , top.....	68	102	127	108
» , tørstof i roer.....	100.4	122.1	133.2	132.5
<i>Ødum, 1950.</i>				
kg N pr. ha i gødning.....	0	62	124	85
Udbytte, roer.....	727	928	966	978
» , top.....	96	118	130	126
» , tørstof i roer.....	87.9	108.1	111.3	114.1
<i>Ødum, 1950.</i>				
kg N pr. ha i gødning.....	0	62	124	85
Udbytte, roer.....	585	823	917	908
» , top.....	87	111	119	115
» , tørstof i roer.....	74.7	97.6	106.0	109.9
<i>Gens. af 4 forsøg, 1950.</i>				
kg N pr. ha i gødning.....	0	62	124	87
Udbytte, hkg tørstof i roer.....	76.6	99.7	106.5	109.4
<i>Jynde vad, 1951.</i>				
kg N pr. ha i gødning.....	0	62	124	61
Udbytte, roer.....	232	430	567	424
» , top.....	31	45	57	44
» , tørstof i roer.....	32.3	53.2	65.4	54.6
<i>Lundgaard, 1951.</i>				
kg N pr. ha i gødning.....	0	62	124	55
Udbytte, roer.....	138	385	500	316
» , top.....	13	25	36	24
» , tørstof i roer.....	21.5	54.1	60.9	45.5
<i>Ødum, 1951.</i>				
kg N pr. ha i gødning.....	0	62	124	62
Udbytte, roer.....	551	781	853	777
» , top.....	47	68	88	67
» , tørstof i roer.....	74.4	99.3	105.6	97.4
<i>Gens. af 3 forsøg, 1951.</i>				
kg N pr. ha i gødning.....	0	62	124	59
Udbytte, tørstof i roer.....	42.7	68.9	77.3	65.8

Tabel 3. Forsøg i kartofler, udbytte i hkg pr. ha.

	Grund- gødet	300 sv. ammoniak	600 sv. ammoniak	Flydende ammoniak
<i>Jynde vad, 1950.</i>				
kg N pr. ha i gødning.....	0	62	125	87
Udbytte, knolde.....	221	309	322	322
» , tørstof i knolde.....	49.5	71.7	75.9	75.3
<i>Jynde vad, 1951.</i>				
kg N pr. ha i gødning.....	0	83 ¹⁾	166 ¹⁾	60
Udbytte, knolde.....	210	380	400	336
» , tørstof i knolde.....	57.3	105.2	108.0	92.8
<i>Lundgaard, 1951.</i>				
kg N pr. ha i gødning.....	0	62	125	55
Udbytte, knolde.....	131	266	326	244
» , tørstof i knolde.....	32.3	68.0	81.6	60.7

¹⁾ 400 og 800 svovlsur ammoniak pr. ha.

danske forsøg ser man tydelig forskel i resultaterne fra 1950 og 1951, idet flydende ammoniak i 1950 har givet bedre virkning end samme mængde kvælstof i de andre gødninger, medens flydende ammoniak har haft samme eller lidt mindre virkning end kalksalpeter eller svovlsur ammoniak i 1951. Årsagen til denne forskel i virkningen i de to år skal antagelig søges i vejrforholdene. I 1950 var vejret tørt i lang tid efter forsøgenes anlæg sidst i april, og dette kan have begunstiget den dybt nedfældede ammoniak, medens salpeteret, der kun var nedharvet med let-harve, først har virket efter nedbør. I flere forsøg i 1950 var planterne på de med flydende ammoniak gødede parceller tydeligt foran i udvikling i juni-juli, men senere fortog denne forskel sig. Tilsvarende er ikke iagttaget i 1951, hvor vejret var normalt fugtigt i april-maj.

S a m m e n d r a g .

I 1950—51 har Foreningen af jyske Landboforeninger og statens forsøgsstationer gennemført ialt 47 markforsøg, hvori virkningen af flydende, vandfri ammoniak er sammenlignet med virkningen af kalksalpeter eller svovlsur ammoniak. Forsøgene, der er udført i kartofler, kålroer og bederoer, viser som helhed,

Tabel 4. Forsøg i Foreningen af jydsk Landboforeninger.

	Udbytte i tørstof i roer el. knolde, hkg pr. ha				kg N pr. ha i flydende ammoniak
	grund- gødet	1 måle- gød. n.	2 måle- gød. n.	flydende ammoniak	
<i>Kålroer 1950.</i>		400 kalks.	800 kalks.		
699.....	98.5	100.4	111.2	112.3	86
1527.....	88.4	99.7	104.8	100.0	87
503.....	87.2	96.7	91.7	99.8	84
Gens. af 3 forsøg....	91.4	99.0	102.6	104.1	86
<i>Kålroer 1951.</i>		300 kalks.	600 kalks.		
914.....	88.9	96.4	93.0	92.3	62
419.....	82.8	90.2	99.8	95.7	60
772.....	69.1	88.4	90.6	78.4	62
1616.....	80.3	103.9	119.9	103.2	58
400.....	62.2	81.6	94.9	80.0	52
465.....	58.3	79.9	90.5	82.5	51
1024.....	51.5	64.0	69.6	65.5	69
623.....	24.3	33.2	40.6	37.0	58
Gens. af 8 forsøg....	64.7	79.7	87.4	79.4	59
<i>Kartofler 1950.</i>		300 sv. am.	600 sv. am.		
430.....	53.3	59.3	60.2	59.0	88
979.....	43.7	53.2	51.8	53.5	86
432.....	44.2	48.6	51.9	54.2	86
431.....	20.8	41.4	50.5	56.8	90
978.....	24.0	31.1	27.1	29.4	85
Gens. af 5 forsøg....	37.2	46.7	48.8	50.6	87
<i>Kartofler 1951.</i>		200 sv. am.	400 sv. am.		
1599.....	72.3	70.6	69.6	67.3	67
1367.....	69.2	82.2	87.3	86.5	63
1597.....	55.6	63.5	74.6	79.4	71
1600.....	63.2	73.0	75.3	76.9	72
915.....	57.6	68.1	69.3	67.7	63
1026.....	55.8	69.7	71.9	67.6	71
265.....	52.1	61.5	67.2	62.1	62
1595.....	49.1	56.2	61.2	59.8	66
1368.....	47.4	47.3	52.9	52.9	64
1432.....	46.3	54.0	59.9	60.1	58
1596.....	46.2	54.7	56.2	57.4	69
267.....	33.5	34.0	34.9	32.9	64
1598.....	41.3	55.5	63.3	63.2	65
986.....	26.3	26.9	25.9	25.8	64
773.....	25.4	40.7	48.0	42.1	65
625.....	19.2	31.4	38.8	34.3	58
Gens. af 16 forsøg...	47.5	55.6	59.7	58.5	65

at virkningen af kvælstof givet i flydende ammoniak er meget nær den samme som virkningen af kvælstof givet i henholdsvis kalksalpeter til kålroer og bederoer og i svovlsur ammoniak til kartofler. Dog var virkningen af flydende ammoniak i forhold til de andre gødninger bedre i 1950 end i 1951.

SUMMARY

Field Experiments with Anhydrous Ammonia as a Nitrogenous Fertilizer.

The association of Agricultural Societies in Jutland and the Danish State Experiment Stations have during 1950-51 conducted 47 field experiments in which the fertilizer effect of anhydrous ammonia has been compared with that of calcium nitrate or sulphate of ammonia.

The experiments were carried out with potatoes, swedes and mangolds, and show as a general result that the effect of nitrogen in anhydrous ammonia is very nearly the same as the effect of calcium nitrate applied to swedes and mangolds and sulphate of ammonia applied to potatoes. The effect of anhydrous ammonia in comparison with the other forms of nitrogen was, however, somewhat better in 1950 than in 1951.

LITTERATUR

1. *Andrews, W. B., Edwards, F. E. and Hammons, J. G.*: Ammonia as a source of nitrogen. Mississippi Agricultural Experiment Station, bulletin 448, 1947, (reprinted 1949, bulletin 451).
2. *Jones, Randall, J. and Rogers, Howard T.*: New fertilizers and fertilizer practices. *Advances in Agronomy*, vol. 1, 1949.
3. *Jackson, M. L. and Chang, S. C.*: Anhydrous ammonia retention by soils as influenced by depth of application, soil texture, moisture content, pH value and tilth. *Journal of the American Society of Agronomy*, Vol. 39, 1947, p. 623-633.
4. *Kofoed, A. Dam*: Om planteavlssarbejdet i Landboforeningerne i Jylland, 50. og 51. Beretning, 1950 og 1951. Sammendrag henholdsvis s. 475-476 og 480-481.