

## Konservering af staldgødning med superfosfat.

1947—1950.

Ved Karsten Iversen og K. Dorph-Petersen.

### 453. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Nærværende beretning omhandler forsøg og undersøgelser til belysning af værdien af at indblande superfosfat i staldgødning med det formål at formindske tabet ved staldgødningens opbevaring. Karforsøgene er udført ved Statens Planteavls-Laboratorium, medens de øvrige forsøg og undersøgelser er foretaget på statens forsøgsstation ved Askov.

Beretningen er udarbejdet af forstander *Karsten Iversen* og afdelingsbestyrer *K. Dorph-Petersen*, Askov.

Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

For at begrænse kvælstoftabet ved staldgødningens og ajlens opbevaring og anvendelse er der i årenes løb fremsat forslag om anvendelse af mange forskellige konserveringsmidler, f. eks.: Svovlsyre, superfosfat, gips, tørvejord, mælkesyre, valle m. v., men ingen af disse har fundet anvendelse i praksis.

Det teoretiske grundlag for fordampningen af ammoniak er for ajlens vedkommende behandlet af *S. Tovborg Jensen*, 1928—29 (1 og 2), der bl. a. har vist, at det er ajlens indhold af ammoniumkarbonat, som betinger det store kvælstoftab, samt at et stofs værdi som konserveringsmiddel beror på, om det er i stand til at fjerne karbonationerne.

Ved disse undersøgelser er det bl. a. vist, at en tilsætning af klorcalcium eller kalksalpeter kan binde ajlens ammoniak, således at tabet ved fordampning af ammoniak formindskes meget væsentligt. Tilsætning af superfosfat har en lignende virkning,

men hertil kræves, som også tidligere vist af *R. K. Kristensen*, 1913 (3), så store mængder superfosfat, at anvendelsen bliver uøkonomisk.

For den faste staldgødning vedkommende er forholdene mindre klarlagt. Den friske gødning indeholder ingen — eller så godt som ingen — ammoniak, og det er den mængde ajle, der opsuges i strøelsen og blandes i gødningen, der i høj grad er afgørende for »staldgødningens« indhold af ammoniak.

Allerede i 1890-erne har forskellige tyske forskere vist, at superfosfat kan anvendes som konserveringsmiddel for staldgødning. Men denne fremgangsmåde fandt ingen anvendelse i praksis, bl. a. fordi man antog, at fosforsyren i superfosfatet ved blanding med den basiske staldgødning ville gå over i en for planterne tungt tilgængelig form.

I de senere år er såvel i U.S.A. som i Sverige og Finland foretaget en række undersøgelser over tilsætning af superfosfat til staldgødning.

Ved universitetet i Vermont har *A. R. Midgley & V. L. Weiser*, 1937 (4), behandlet spørgsmålet om ammoniaktabet i staldgødning tilsat forskellige former af superfosfat, og ud fra resultaterne anbefales det at strø superfosfat i grebningen for at binde ammoniakken, der ellers ville forurene staldluften. I et senere arbejde af *A. R. Midgley & D. E. Dunklee*, 1945 (5), anføres, at en blanding af superfosfat med staldgødning navnlig på stærkt fosfatbindende jorder synes at beskytte fosforsyren mod fastlægning i jorden, således at superfosfat indblandet i staldgødning er lettere tilgængelig for planterne end superfosfat blandet direkte i jorden. Det er her de samme forhold, der gør sig gældende, som når det efter amerikanske undersøgelser anbefales at radså superfosfat eller anvende granuleret superfosfat i stedet for den pulveriserede form. Jo finere superfosfatet fordeles, desto hurtigere fastlægges fosforsyren på de fosfatbindende jorder.

I en bulletin for praksis »Farm manure« fra Extension Service (*L. M. Turk & A. G. Wiedemann*, 1949, (6)) stilles spørgsmålet, om det kan anbefales at blande superfosfat i staldgødning. Svaret lyder her, at der ikke findes nogen metode til i praksis at blande superfosfat i staldgødning, som er tilstrække-

lig effektiv til at nedsætte kvælstoftabet i væsentlig grad. Den bedste metode at anvende superfosfat på er at radså dette sammen med såsæden eller i rækker tæt ved kornet. Hvor det er nødvendigt at anvende både superfosfat og staldgødning som f. eks. til varige græsgange, kan det anbefales at blande superfosfatet i staldgødningen ved at strø  $\frac{1}{2}$ —1 kg superfosfat pr. ko pr. dag i grebningen bag køerne.

I Sverige har *O. Franck*, 1946 (7), refereret lignende undersøgelser fra Lanna Forsøgsgård, hvor der ved indstrøning af superfosfat i grebningen i kostalden er opnået en »konservering« af 2 kg kvælstof pr. 100 kg superfosfat. Efter tyske undersøgelser anføres, at anvendelse af superfosfat så godt som helt ophævede kvælstoftabet ved udstrøning af gødningen, selv om den ikke blev nedpløjet straks.

*O. Franck* redegør for en opbevaringsmetode, den såkaldte »Hålsnåsmetode«, hvor der anvendes 6 kg 5 cm lang halmhakelse pr. dyr og dag til opsugning af urinen. En indstrøning af 0.5 kg superfosfat pr. ko og dag synes at have »konserveret« 4 kg kvælstof pr. 100 kg superfosfat. Karforsøg udført i muldholdig »gyttig lera« med stærkt sur reaktion ( $\text{pH}=4.1$ ) og meget lavt laktattal (0.2) viste i havre meget store udslag for staldgødningen i sammenligning med kunstgødning med samme indhold af plantenæring.

I sammendrag anfører *O. Franck*: »Den enligt Hålsnåsmetoden erhållna gödseln tillför fosfornäringen i sådan form, att denna ej fastlåses i marken utan blir lätt tillgängelig för växterna. Vidare är kvävet så bundet, att det ej avdunstar även om gödseln ej nedmyllas omedelbart efter utspridningen.«

Det tilføjes dog, at yderligere forsøg og undersøgelser fremfor alt forsøg på forskellige jordtyper er nødvendige for at bedømme denne fremgangsmåde ved staldgødningens opbevaring og anvendelse.

I en nylig udsendt beretning om undersøgelser i Finland er *Armi Kaila*, 1950 (8), kommet til tilsvarende resultat som *S. Tovborg Jensen* og *R. K. Kristensen*, at der til konservering af ajlen skal tilføres så store mængder superfosfat, at anvendelsen ikke er økonomisk. En effektiv konservering af kvælstoffet i urinen vil kræve et tilskud af 5—7.5 pct. superfosfat, og hvis

den faste og flydende gødning opbevares sammen, kommer her- til 3.5—5 pct. af vægten af den faste gødning, og en tilfredsstillende løsning fås kun, når opbevaringen og spredningen af staldgødningen udføres omhyggeligt. 100 kg superfosfat kan ikke ventes at binde mere end 4 kg ammoniakkvælstof. Tilskud af superfosfat til staldgødningen kan kun anbefales på sure jorder, *indtil* granuleret superfosfat og redskaber til radsåning er til rådighed for finsk landbrug.

Ved sammenligning mellem staldgødningens opbevaring og anvendelse her i landet og andre lande må det stedse erindres, at vi her i landet opbevarer ajlen og staldgødningen hver for sig, medens man i de fleste andre lande bruger større mængder strøelse (halm eller tørvejord) og opbevarer den faste og flydende gødning samlet.

Til belysning af spørgsmålet om superfosfatets anvendelse til konservering af staldgødningen under danske forhold er der på forsøgsstationen ved Askov i årene 1947—50 foretaget en række undersøgelser, hvorom der i det følgende skal afgives beretning.

### I. Laboratorieforsøg.

Som indledning til disse undersøgelser blev i november 1947 foretaget et laboratorieforsøg.

I forsøgsstationens almindelige mødding — bestående af ko-, heste- og svinegødning — blev udtaget en prøve på ca. 5 kg, der blev malet 2 gange på kødhakkemaskine. Indholdet af totalkvælstof var 0.49 pct., hvoraf 0.14 pct. var til stede som ammoniak. Af denne prøve blev afvejet 5 portioner à 1 kg, hvortil under omhyggelig blanding tilsattes henholdsvis 0, 1, 2, 4 og 6 pct. superfosfat. Herefter blev der af hver portion afvejet 9 portioner à 100 g, der blev fordelt på 9 tallerkener. Disse blev stillet på et loft ved en temperatur på 4—6°C., og efter henholdsvis 1, 2 og 4 dage blev 3 fællesprøver fra hver forsøgsled taget ind til analyse.

Resultatet af disse analyser, der omfatter bestemmelse af pH, total- og ammoniakkvælstof fremgår af omstående oversigt:

	pct. superfosfat tilsat staldgødningen				
	0	1	2	4	6
<i>Reaktionsbestemmelse</i>					
pH efter 1 døgn .....	8.9	8.8	8.2	7.6	6.3
» » 2 » .....	9.1	8.8	8.5	7.7	6.2
» » 4 » .....	9.4	9.0	8.6	7.9	6.2
<i>Totalkvælstof, pct. tab</i>					
efter 1 døgn .....	11	7	4	0	1
» 2 » .....	20	13	11	2	2
» 4 » .....	25	15	14	0	2
<i>Ammoniakkvælstof, pct. tab</i>					
efter 1 døgn .....	35	26	17	4	7
» 2 » .....	62	46	32	5	7
» 4 » .....	78	61	44	10	12

Med stigende tilsætning af superfosfat falder staldgødningens reaktionstal, der efter 1 døgn er 8.9 uden tilsætning mod 6.3 med 6 pct. superfosfat. Efterhånden stiger reaktionstallet ved de mindre tilsætninger af superfosfat.

Tabet af kvælstof og ammoniak er beregnet i pct. af gødningens oprindelige indhold af henholdsvis totalkvælstof og ammoniakkvælstof. Det ses, at tabet af kvælstof og navnlig af ammoniak går stærkt ned efter tilsætning af superfosfat.

Der er således ingen tvivl om, at indblanding af superfosfat i staldgødning kan begrænse fordampningstabt af ammoniak. Men det må fremhæves, at der her er tale om en meget intim blanding — en så omhyggelig blanding, som man aldrig tilnærmelsesvis opnår i praksis. Det fremgår tillige af tabellen, at der først ved en indblanding af 4—6 pct. superfosfat opnås en effektiv binding af staldgødningens indhold af ammoniak. For samtlige prøver iagttages en stigning i tabet af ammoniak med øget henliggetid.

Til yderligere belysning af dette forhold er senere efter en noget anden metodik foretaget en række undersøgelser over fordampningen af ammoniak fra staldgødning fra nogle af de i afsnit III omtalte opbevaringsforsøg.

Som eksempel anføres resultatet fra undersøgelsen af staldgødningen fra forsøg nr. 5. Det oprindelige indhold i gødningen

var 0.39 pct. total-kvælstof og 0.04 pct. ammoniak-kvælstof uden superfosfat og 0.38 pct. og 0.05 pct. efter iblanding af 2 pct. superfosfat i møddingen.

	Fordampningstab af ammoniak i pct. af oprindelig mængde efter						
	1	2	3	4	5	10	14 døgn
Uden superfosfat .....	13	23	33	42	48	56	57
med 2 pct. do. ....	6	10	16	22	28	38	39

Ligesom i ovennævnte forsøg har en blanding med 2 pct. superfosfat nedsat fordampningstabet til omkring halvdelen. Men det må også her bemærkes, at staldgødningen er findelt og blandingen foretaget meget omhyggeligt, idet begge gødningsprøverne er hakket på kødhakkemaskine, efter at de er udtaget af forsøgsmøddingerne, og inden dette forsøg er påbegyndt. Det fremgår tillige heraf, at fordampningstabet for begge de prøvede gødninger stiger med henliggetiden.

## II. Staldforsøgene.

I vinteren 1947—48 udførtes der i en til forsøg indrettet stald to forsøg for at undersøge, hvilken indflydelse en udstrøning af superfosfat i grebningen bag køerne havde på staldgødnings og ajlens indhold af kvælstof. Forsøgsperiodernes længde var henholdsvis 42 og 28 dage.

Den anvendte forsøgsstald har plads til 4 dyr og er indrettet som en normal kostald, dog er der ajlefløb ud for hver ko, og afløbene er ført ud i spande, som står i en overdækket rende under rensegangen. Ved de omtalte forsøg blev stalden delt i to halvdele ved hjælp af en 40—50 cm høj mur, således at foder og gødning for de to hold à to køer kunne holdes adskilt. Der anvendtes superfosfat i grebningen i den ene halvdel, men ikke i den anden.

Som forsøgsdyr anvendtes 4 jerseykøer udvalgt af forsøgsstationens besætning, og der skiftedes dyr fra 1. til 2. forsøgs-

periode. De to hold sammensattes af køer, der var 3—4 måneder fra kælvningen, og således at mælkeydelsen var ret ens pr. hold. Mælken vejedes kun ved den almindelige kontrollering. Holdene fodredes fuldstændigt ens, og foderet bestod af kraftfoder, kålroer eller bederoer samt halm. Som strøelse anvendtes 1 kg halm, skåret i hakkelse, pr. dyr daglig.

For at sikre ens gødningsproduktion byttede de to hold køer plads hver  $3\frac{1}{2}$  døgn, således at hvert af holdene har givet gødning i lige lang tid i de to grebninger — henholdsvis med og uden superfosfat.

Der blev anvendt  $\frac{1}{2}$  kg almindelig pulveriseret 18 pct. superfosfat pr. ko daglig, og dette blev strøet i grebningen efter rensningen henholdsvis morgen og eftermiddag —  $\frac{1}{2}$  kg i grebningen bag 2 køer ad gangen. I første forsøgsperiode blev superfosfatet spredt over hele den 98 cm brede grebning, men da man i denne periode fik skyllet en stor part af superfosfatet ned i ajlespandene, blev dette imødegået i 2. periode ved at strø superfosfatet alene i den halvdel af grebningen, der var nærmest kørerne.

Ved hver rensning blev gødningen fyldt i store spande, der opbevarede på et køligt sted. For hver  $3\frac{1}{2}$  døgn blev den opsamlede gødning fra hver grebning vejjet og blandet, hvorpå der udtoges analyseprøver, og gødningen blev fyldt i 2 forsøgsmøddinger til opbevaringsforsøg (omtales senere).

Ajlen, der som nævnt opsamledes i spande, blev vejjet hver dag, og der udtoges analyseprøver. Fra den grebning, hvor der anvendtes superfosfat, skylledes en del af dette ud i ajlespandene, hvor det dannede et bundfald, der gjorde prøveudtagningen vanskelig.

Ved alt arbejde i stalden blev der taget forholdsregler for at undgå, at der kom superfosfat over i grebningen uden superfosfat. Der anvendtes to sæt spande til gødning, to sæt rensværktøj o. s. v., ligesom køernes ben blev gjort rene ved hver pladsbytning.

Forsøgene gav følgende resultater, der for overskuelighedens skyld er omregnet til kg pr. ko i 200 dage, d. v. s. en normal vinterstaldperiode.

Mængden af gødning og ajle var:

	1. forsøgsperiode		2. forsøgsperiode	
	gødning	ajle	gødning	ajle
Uden superfosfat .....	4164	1493	5017	1864
Med do. ....	4410	1479	5314	1828
Virkning af superfosfat .....	+246	÷ 14	+297	÷ 36

Denne forøgelse af vægten af den faste gødning skyldes dels superfosfatet og dertil antagelig også, at superfosfat har hæmmet fordampningen af vand fra gødningen.

Gødningens og ajlens procentiske indhold (vejset gennemsnit af alle analyser) fremgår af følgende oversigt:

	Procentisk indhold i vådt stof				
	torstof	NH <sub>3</sub> -N	total-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<i>1. forsøgsperiode.</i>					
Staldgødning uden superfosfat .....	19.2	0.08	0.45	0.33	0.35
do. med do. ....	20.2	0.10	0.46	0.54	0.37
Ajle uden superfosfat .....	5.2	0.38	0.79	0.02	1.66
do. med do. ....	6.2	0.13	0.77	0.45	1.55
<i>2. forsøgsperiode.</i>					
Staldgødning uden superfosfat .....	20.2	0.10	0.55	0.36	0.39
do. med do. ....	20.8	0.11	0.56	0.58	0.41
Ajle uden superfosfat .....	4.9	0.78	1.05	0.04	1.64
do. med do. ....	5.2	0.68	1.09	0.21	1.66

Anvendelsen af superfosfat har naturligt bevirket en forøgelse både af staldgødningens og ajlens indhold af fosforsyre. Medens der ikke er væsentlig forskel i staldgødningens og ajlens indhold af totalkvælstof, giver indstrøningen af superfosfat sig navnlig udslag i et mindre indhold af ammoniak i ajlen. Dette står antagelig i forbindelse med, at *superfosfat hæmmer dannelsen af kulsur ammoniak*. Dette giver sig også udslag i *et formindsket fordampningstab af ammoniak i stalden og dermed i en »renere« staldluft*.

Når forskellen på ajlens indhold af ammoniak uden og med superfosfat er langt større i første end i sidste forsøgsperiode, må årsagen hertil sikkert søges i, at superfosfatet i første periode blev spredt over hele grebningen, således at en større part af



ajlen er kommet i berøring med superfosfatet end i sidste periode, hvor superfosfatet kun blev spredt i den halvdel af grebningen, der var nærmest køerne.

En beregning af *staldgødningens indhold i kg pr. ko i 200 dage* — vinteropsamlingsstiden — giver herefter følgende resultat:

	kg pr. ko i 200 dage				
	tørstof	NH <sub>3</sub> -N	total-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<i>1. forsøgsperiode.</i>					
Staldgødning uden superfosfat ....	802	3.3	18.9	13.6	14.4
Ajle uden superfosfat .....	77	5.7	11.8	0.2	24.8
Ialt .....	879	9.0	30.7	13.8	39.2
Staldgødning med superfosfat ....	894	4.2	20.3	23.5	16.2
Ajle med superfosfat .....	91	1.9	11.4	6.7	22.9
Ialt .....	985	6.1	31.7	30.2	39.1
Virkning af superfosfat .....	+106	÷2.9	+1.0	+16.4	÷0.1
<i>2. forsøgsperiode.</i>					
Staldgødning uden superfosfat ....	1012	4.8	27.5	18.2	19.7
Ajle uden superfosfat .....	91	14.6	19.6	0.7	30.6
Ialt .....	1103	19.4	47.1	18.9	50.3
Staldgødning med superfosfat .....	1106	5.8	29.9	31.0	21.6
Ajle med superfosfat .....	94	12.4	19.8	3.8	30.4
Ialt .....	1200	18.2	49.7	34.8	52.0
Virkning af superfosfat .....	+97	÷1.2	+2.6	+15.9	÷1.7

Anvendelsen af 100 kg superfosfat pr. ko i 200 dage har som ventet forøget tørstofmængden i gødning og ajle med ca. 100 kg. Indholdet af ammoniak er gået ned med 1.2—2.9 kg, medens det samlede indhold af totalkvælstof i staldgødning og ajle er forøget med 1.0—2.6 kg. Det er således meget små mængder kvælstof, der er vundet ved at strø de 100 kg superfosfat i stalden. Indholdet af fosforsyre er steget med 15.9—16.4 kg. Når man ikke fuldt ud finder de 18 kg, der er tilsat i superfosfat, skyldes dette sikkert vanskeligheden ved at udtage en

gennemsnitsprøve af ajlen, idet superfosfatet danner slam, der hurtigt falder til bunds efter omrøringen.

Under danske forhold, hvor man har særligt afløb for ajlen, vil en udstrøning af superfosfat i grebningen bevirke, at en væsentlig del — mellem  $\frac{1}{4}$  og  $\frac{1}{3}$  — af superfosfatet skylles med ajlen og falder til bunds i slamkiste og ajlebeholder, hvor det vil danne et ret fast bundfald, der vanskeligt kan pumpes op og fordeles i marken.

Om man af hygiejniske hensyn — en »renere« luft i stal-dene — skal anvende superfosfat, er en anden sag, der ikke kan besvares ud fra denne undersøgelse.

### III. Opbevaringsforsøg.

Den faste staldgødning fra de to foran omtalte forsøg blev efter hver udvejning ført til hver sin forsøgsmøddingkumme, der kan rumme ca. 1600 kg frisk staldgødning, og såvel vægttabet som staldgødningens indhold efter opbevaringen blev bestemt. Staldgødningen er opbevaret under tag, og den frasivede møgsaft er vejlet og analyseret.

I 1. forsøgsperiode blev staldgødningen opsamlet fra 2. til 22. december 1947 og fra 6. til 26. januar 1948 og opbevaret til 3. april 1948, og i 2. periode blev gødningen opsamlet fra 6. april til 3. maj og opbevaret til 26. august 1948.

Resultatet af analyserne af staldgødningen dels ved indvejningen og dels ved udvejningen fremgår af følgende oversigt:

	Procentisk indhold i staldgødningen			
	uden superfosfat		med superfosfat	
	indvejning	udvejning	indvejning	udvejning
<i>1. forsøgsperiode. (Vinteropbevaring).</i>				
Tørstof .....	19.2	19.9	20.2	20.6
Ammoniakkvælstof .....	0.08	0.12	0.10	0.13
Totalkvælstof .....	0.45	0.47	0.46	0.48
Fosforsyre .....	0.33	0.36	0.54	0.58
Kali .....	0.35	0.36	0.37	0.39

Procentisk indhold i staldgødningen  
uden superfosfat                      med superfosfat  
indvejning    udvejning                      indvejning    udvejning

## 2. forsøgsperiode. (Sommeropbevaring).

Tørstof .....	20.2	21.8	20.8	22.5
Ammoniakkvælstof .....	0.10	0.18	0.11	0.20
Totalkvælstof .....	0.55	0.60	0.56	0.60
Fosforsyre .....	0.36	0.43	0.58	0.69
Kali .....	0.39	0.44	0.41	0.45

Under opbevaringen sker dels en frasivning af møgsaft dels en fordampning af vand fra møddingens overflade, således at det procentiske indhold af såvel tørstof som plantenæringsstof stiger. Den frasivede møgsaft udgjorde ved vinteropbevaringen 3.4—4.5 pct. og ved sommeropbevaringen 9.5—10.1 pct. af gødningens oprindelige vægt. Den stærkere omsætning i de varmere sommermåneder bevirker, at stigningen i staldgødningens procentiske indhold er større i 2. end i 1. periode, men bortset fra fosforsyre er der ikke væsentlig forskel på indholdet i den opbevarede gødning, enten der er tilsat superfosfat eller ikke.

Ud fra de anførte analyser og vægten af den indvejede og udvejede gødning + møgsaft kan opbevaringstabet bestemmes. Resultatet af denne undersøgelse fremgår af nedenstående.

## Opbevaringstab i pct. af indvejet gødning

	vægttab	tørstofftab	kvælstoftab	
			bortsvinning	fordampning
<i>1. forsøgsperiode.</i>				
uden superfosfat .....	8	5	2	4
med do. ....	8	5	1	2
<i>2. forsøgsperiode.</i>				
uden superfosfat .....	19	13	2	10
med do. ....	17	10	2	9

For kvælstoffets vedkommende angiver første kolonne, hvor stor en part af den oprindelige kvælstofmængde der genfindes i møgsaften, og forskellen mellem indvejet og udvejet i stald-

gødning + møgsaft regnes = fordampningstab, som anført i sidste talrække. Sommeropbevaringen i 2. periode har givet den største omsætning i gødningen — målt ved tørstofsvindet — og langt det største kvælstoftab. Som helhed har tilskuddet af superfosfat i stalden givet en lille formindskelse af kvælstoftabet — men forskellen er kun ringe og må vel antages at ligge indenfor forsøgsfejlsens grænser.

Som supplement til disse forsøg er i 1948—50 gennemført ialt 10 forsøg med opbevaring af staldgødning, hvor tilskuddet af superfosfat er givet direkte i møddingkummerne. Forsøgene blev udført på forsøgsstationerne ved Askov og Lundgaard, og staldgødningen, der blev taget fra forsøgsstationernes almindelige besætning, bestod af en blanding af ko-, heste- og svinegødning. Gødningen blev opsamlet i løbet af 5—10 dage, blev blandet omhyggeligt og fordelt med portioner af 50 kg i hver forsøgs-kumme. I den ene blev der for hvert lag à 50 kg udstrøet 1 kg superfosfat. Den samlede vægtmængde pr. kumme var ved Askov 1600 og ved Lundgaard 1800 kg staldgødning.

To af forsøgene er udført i åbne møddingsteder, de øvrige under tag. Resultatet af disse undersøgelser fremgår af følgende oversigt:

Tab i pct. af staldgødningens oprindelige kvælstofmængde

Forsøg nr.	Opbevaringstid	uden superfosfat		med superfosfat	
		i møg- saft	fordamp- ningstab	i møg- saft	fordamp- ningstab
<i>møddinghus</i>					
1. Lundgaard....	13/9—17/12 1948	3	28	3	23
2. » .....	11/12—48—30/4—49	2	19	3	15
3. » .....	12/1—13/4 1949	3	30	4	28
4. » .....	20/4—20/8 1949	3	17	3	19
5. Askov .....	25/5—20/9 1949	3	10	3	8
6. » .....	13/9—48—20/4—49	4	23	4	25
7. » .....	23/9—49—24/3—50	4	16	2	10
8. » .....	6/5—5/9 1950	3	11	2	8
<i>åben mødding</i>					
9. Askov .....	25/5—20/9 1949	7	10	7	8
10. » .....	6/5—5/9 1950	12	7	8	8
Gennemsnit		4	17	4	15

Kvælstoftabet har varieret stærkt fra forsøg til forsøg efter opbevaringstiden — men sammenlignes fordampningstabet i de to forsøgsled, er forskellen ikke stor.

I 7 af forsøgene er tabet 2—6 pct. mindre for den med superfosfat konserverede gødning og i 3 af forsøgene 1—2 pct. større end for gødningen uden superfosfat.

Ved en indblanding af 2 pct. superfosfat i staldgødningen i møddingen er kvælstoftabet ved opbevaringen således gennemsnitlig gået ned fra 17 til 15 pct. Disse 10 forsøg, hvor superfosfatet er blandet i selve møddingen, giver således meget nær samme resultat som de to foran omtalte forsøg, hvor superfosfatet er strøet i grebningen bag kørne.

#### Konservering med ensilagesaft.

Efter forslag af professor *S. Touborg Jensen* er der i januar-februar 1945 udført et lille forsøg med konservering af staldgødning med ensilagesaft, idet det måtte formodes, at tilsætningen af ensilagesaft måtte nedsætte staldgødningens reaktion og dermed formindskede ammoniakfordampningen.

Forsøget er gennemført i 0.60 m høje saltglaserede rør med en indvendig diameter på 30 cm. Rørene var forsynet med cementbund og afløbsrør. Hvert »forsøgskar« rummer 25 kg staldgødning, og forsøget er gennemført med 3 fælleskar.

Forsøgsplanen for og resultatet af forsøget fremgår af nedenstående oversigt. Ensilagesaften — afløb fra en silo med roetop tilsat normal mængde A.I.V.-syre — havde et reaktionstal på 4.1 og en titreringsaciditet svarende til 0.14 n syre, hvilket er meget almindeligt for ensilagesaft.

Tilsætning til 25 kg gødning	Efter opbevaring i 23 dage		Fordampnings- tab i % af N
	pH	% NH <sub>3</sub> -N	
2 liter vand .....	8.6	0.10	0.46
2 » 1n A.I.V.-syre .....	7.8	0.12	0.47
2 » 2n » » .....	7.5	0.13	0.50
2 » ensilagesaft .....	8.4	0.11	0.47

En tilsætning af 2 liter ensilagesaft har ikke ændret staldgødningens reaktion eller indhold efter opbevaringen væsentligt. Afløbet af møgsaft er analyseret, og derefter er fordampningstabet i pct. af det oprindelige indhold af kvælstof i staldgødning beregnet og anført i sidste kolonne i oversigten.

Ligesom reaktionstallet har fordampningstabet været meget nær ens, enten der er tilsat 2 liter ledningsvand eller 2 liter ensilagesaft.

Kun de stærkere syrer (1 og 2 normal), fremstillet ved blanding af A.I.V.-syre i forholdet 1:12 og 1:6, har delvis eller helt kunnet forhindre fordampningen af ammoniak, hvilket antagelig skyldes, at tilsætningen af den stærke syre har standset den normale omsætning i staldgødningen.

Anvendelse af ensilagesaft til konservering af staldgødning vil herefter kræve meget store mængder saft. Hvis møgsaften ikke opsamles, vil dette bevirke et stærkt forøget udvaskningstab af staldgødningens indhold af kvælstof og kali.

#### IV. Karforsøg.

Der er som nævnt i indledningen fra flere sider fremsat den teori, at en indblanding af superfosfat i staldgødningen skulle bevirke, at fosforsyren i superfosfatet bliver lettere tilgængelig for planterne. Årsagen hertil skulle være, at indblandingen på samme måde som granulering eller radsåning bevirker, at fosfatet kun kommer i berøring med en mindre jordmængde og derfor ikke fastlægges eller bindes så hurtigt, som når superfosfatet finspreddes, d. v. s., at fosforsyren i længere tid er let tilgængelig for planterne.

Til belysning af disse forhold er ved Statens Planteavlslaboratorium i 1948, 1949 og 1950 gennemført 3 karforsøg, hvor der er foretaget sammenligning af:

- a. alm. staldg.
- b. alm. staldg. + supf. tilført hver for sig.
- c. alm. staldg. + supf. blandet lige før tilførslen.
- d. staldgødning, konserveret med supf.

Til forsøgene er udvalgt tre forskellige fosfatfattige sandjorder. Bestemmelse af reaktionstal samt fosforsyre- og kaliumtal i jordprøver før forsøgets anlæg gav følgende resultat:

	Rt	Ft	T <sub>K</sub>
1948 .....	7.0	3.7	—
1949 .....	7.1	1.2	3.7
1950 .....	6.1	2.3	5.5

Forsøgene er gennemført i standardkar (22 kg jord). Der er anvendt 6 fælleskar pr. forsøgsled. Karrene er grundgødet med kalium og mikronæringsstoffer, ligesom der er tilført CaCO<sub>3</sub> til ovennævnte reaktion. Afgrøderne var byg.

Staldgødningen er taget fra de foran omtalte opbevaringsforsøg. I 1948 er superfosfatet i den konserverede staldgødning udspreedt i stalden, i 1949 og 1950 er superfosfatet udstrøet i møddingen under dennes opbygning.

Der er prøvet en tilførsel af henholdsvis 2 og 4 g kvælstof i staldgødning pr. kar, og det ekstra tilskud af superfosfat, der er tilført jorden eller blandet i staldgødning umiddelbart før anvendelsen, er afvejnet i henhold til indholdet af fosforsyre i den konserverede staldgødning.

Forsøgsplanen såvel som resultatet af forsøgene opgjort i g tørstof (kærne og halm) pr. kar fremgår af tabel 1.

Tabel 1.  
Karforsøg. Udbytte i g tørstof (kærne og halm) pr. kar.

Forsøgsled	g N i stg.	g tørstof pr. kar		
		1948	1949	1950
1. Ikke-staldgødning .....	0	55	28	37
2. Alm. staldgødning .....	2	107	57	70
3. do. + superfosfat i jord .....	2	106	56	69
4. do. + superfosfat blandet før anvendelse .....	2	110	45	71
5. Konserveret med superfosfat .....	2	112	52	84
6. Alm. staldgødning .....	4	149	68	87
7. do. + superfosfat i jord .....	4	149	69	94
8. do. + superfosfat blandet før anvendelse .....	4	148	63	99
9. Konserveret med superfosfat .....	4	154	63	119

Medens forsøgene i 1948 og 1950 gav gode vækstforhold, voksede bygget i 1949 meget dårligt til og stod hele sommeren med et lysegrønt (kvælstofmanglende) udseende. Årsagen her-til må søges i, at staldgødningen dette år havde et meget ringere indhold af ammoniak.

Tilførsel af 2 g kvælstof i staldgødning har alle år givet dobbelt så stort udbytte som de ikke-kvælstofgødede kar, lige-som der også iagttages en stigning i udbyttet, når kvælstofmængden øges fra 2 til 4 g pr. kar.

Udbyttet er derimod meget nær ens, enten staldgødningen anvendes alene, eller der gives tilskud af superfosfat i jorden, eller dette blandes i staldgødningen umiddelbart før anvendelsen. Indholdet af fosforsyre i staldgødningen har med andre ord været så stort, at yderligere tilskud af fosforsyre ikke har givet udslag i afgrødens størrelse.

Efter høst og tørring er afgrøden malet, og der er udtaget prøver til bestemmelse af indholdet af kvælstof og fosforsyre. Resultatet af en beregning af afgrødens optagelse i g pr. kar er meddelt i tabel 2.

Tabel 2.

Karforsøg. Afgrødens optagelse af kvælstof og fosforsyre, g pr. kar.

Forsøgsled	g N i stg.	Kvælstof, N			Fosforsyre, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
		1948	1949	1950	1948	1949	1950
1. Ikke-staldgødet . . . . .	0	0.55	0.31	0.36	0.37	0.16	0.20
2. Alm. staldgødning . . . . .	2	1.12	0.68	0.79	0.68	0.36	0.44
3. do. + supf. i jord . . . . .	2	1.12	0.64	0.77	0.68	0.35	0.45
4. do. + supf. blandet før anvendelse . . . . .	2	1.12	0.52	0.76	0.68	0.27	0.44
5. Konserveret med supf. . . . .	2	1.13	0.56	0.86	0.68	0.31	0.48
6. Alm. staldgødning . . . . .	4	1.67	0.88	1.06	0.94	0.45	0.58
7. do. + supf. i jord . . . . .	4	1.66	0.83	1.18	0.95	0.45	0.63
8. do. + supf. blandet før anvendelse . . . . .	4	1.65	0.76	1.07	0.92	0.41	0.62
9. Konserveret med supf. . . . .	4	1.69	0.71	1.24	0.96	0.39	0.65

Med stigende tilførsel af staldgødning stiger såvel kvælstof- som fosfoptagelsen i alle tre år, men indenfor de to afdelinger med 2 og 4 g kvælstof er forskellene små og usikre.

Til trods for, at der er udsøgt særlig fosfatfattige jorder, har ingen af disse været så fosfatfattige eller fosfatbindende, at afgrøderne har givet udslag for tilførsel af superfosfat.

Disse forsøg kan således ikke give svar på spørgsmålet, om superfosfat indblandet i staldgødning er lettere tilgængelig end superfosfat blandet direkte i jorden.



Det skal i denne forbindelse bemærkes, at de udenlandske forsøg, der giver udslag for indblanding af superfosfat i staldgødning, er gennemført på stive, stærkt fosfatbindende lerjorder, medens disse forsøg er gennemført med sandjord.

I 1948, men især i 1950 har den konserverede staldgødning givet et tydeligt større udbytte end den almindelige staldgødning, medens resultaterne er mere usikre i det dårlige vækstår 1949.

Årsagen til den bedre virkning af den konserverede staldgødning skyldes sikkert en kvælstof- og ikke en fosfatvirkning.

Det procentiske indhold i staldgødningen, såvel som det beregnede indhold af ammoniak fremgår af følgende:

	Staldgødningens indhold i pct.			
	uden superfosfat		med superfosfat	
	total-N	NH <sub>3</sub> -N	total-N	NH <sub>3</sub> -N
1948 .....	0.465	0.117	0.475	0.131
1949 .....	0.390	0.041	0.383	0.047
1950 .....	0.431	0.108	0.435	0.131

	Gødning med 2 g N indeholder g NH <sub>3</sub> -N	
1948 .....	0.50	0.55
1949 .....	0.21	0.24
1950 .....	0.50	0.60

Der har således i alle årene været et større indhold af ammoniak i den konserverede end i den ikke-konserverede staldgødning.

I disse karforsøg synes det således i hovedsagen at være staldgødningens kvælstofvirkning — eller rettere det større indhold af ammoniak —, der har været afgørende for det lidt større udbytte, der er opnået for den konserverede staldgødning.

## V. Sammendrag.

Gennem laboratorieforsøg er det vist, at en *omhyggelig* indblanding af superfosfat i staldgødning kan begrænse fordampningstab af ammoniak fra staldgødningen. Der er bl. a. prøvet, om en indblanding af 0—6 pct. superfosfat kunne nedsætte for-

dampningstabet fra staldgødning, som var udspreddt i et tyndt lag. Forsøget gav følgende resultat beregnet som tab i pct. af det oprindelige indhold af ammoniakkvælstof.

	pct. superfosfat tilsat staldgødningen				
	0	1	2	4	6
tab i pct. $\text{NH}_3\text{-N}$ efter 1 døgn .....	35	26	17	4	7
» » » » 2 » .....	62	46	32	5	7
» » » » 4 » .....	78	61	44	10	12

*Tabet går stærkt ned med stigende tilsætning af superfosfat, men fordampningstabet stiger med stigende henliggetid.*

I en dertil indrettet stald er der ved hjælp af to ens hold køer undersøgt, hvilken indflydelse en udstrøning af  $\frac{1}{2}$  kg superfosfat pr. ko og dag i grebningen har på staldgødningens og ajlens indhold af kvælstof.

Ved anvendelse af 100 kg superfosfat pr. ko i 200 dage er indholdet af ammoniak i staldgødning og ajle gennemsnitligt formindsket med 2 kg, medens indholdet af totalkvælstof er forøget med 2 kg. Denne lille gevinst skyldes, dels at superfosfatet hæmmer dannelsen af ammoniumkarbonat, dels at det binder en del af ammoniakken. Disse forhold giver sig udslag i et formindsket fordampningstab af ammoniak i stalden og dermed i en renere staldluft.

Ifølge undersøgelser af *Frode Hansen* 1941 (9) kan fordampningen af ammoniak i stalden beregnes at andrage ca. 2 kg kvælstof pr. ko i 200 dage. Den i nærværende forsøg ved spredning af superfosfat i grebningen bag køerne fundne forøgelse af kvælstofindholdet i staldgødning og ajle svarer således meget nær til det af *Frode Hansen* påviste fordampningstab i stalden.

En udstrøning af superfosfat i grebningen, hvor man har afløb for ajlen, bevirker, at mellem  $\frac{1}{4}$  og  $\frac{1}{3}$  af superfosfatet skylles væk med ajlen og falder til bunds i slamkiste og ajlebholder, hvor det danner et ret fast bundfald, der er vanskeligt at pumpe op og fordele i marken.

Der er gennemført 10 opbevaringsforsøg, hvor i små forsøgsmøddinger (1600 kg) almindelig opbevaring er sammenlignet med konservering med superfosfat, tilført med 1 kg

pr. lag gødning à 50 kg. Ved denne foranstaltning er fordampningstabet under opbevaringen i gennemsnit dalet fra 17 til 15 pct. Ved indblanding af 100 kg superfosfat pr. 5000 kg staldgødning i møddingen er gennemsnitlig bundet ca. 0.5 kg kvælstof.

I tre karforsøg, udført ved Statens Planteavlslaboratorium med tre forskellige fosforsyrefattige sandjorder, er undersøgt om fosfatet i superfosfat, indblandet i staldgødning, er lettere tilgængelig end i superfosfat blandet direkte i jorden. Staldgødningens indhold af fosforsyre har imidlertid været så stort, at yderligere tilførsel af superfosfat ikke har bevirket en forøgelse af afgrøden.

Den konserverede staldgødning har givet et lidt større udbytte end almindelig staldgødning. Årsagen hertil er ikke en fosforsyrevirkning, men den konserverede staldgødningens større indhold af ammoniak.

Efter disse undersøgelser kan det under danske forhold ikke betale sig at strø superfosfat i stalden eller møddingen for at formindske ammoniakfordampningen ved staldgødningens opbevaring.

Hvis man af hensyn til hygiejnen — »renere« staldluft — ønsker at anvende superfosfat i stalden, bør der træffes foranstaltninger, så superfosfatet ikke løber ned i ajlekummen.

### Summary.

#### Preservation of Farmyard Manure with Superphosphate. (Experiments 1947-1950).

Laboratory experiments have shown that loss of ammonia by evaporation from farmyard manure be restricted by uniform mixing of the manure with superphosphate. An experiment where increasing amounts of superphosphate were added to farmyard manure spread into a thin layer showed the following results:

% loss of initially present NH <sub>3</sub> -N by evaporation after	% superphosphate added to the manure:				
	0	1	2	4	6
1 day .....	35	26	17	4	7
2 » .....	62	46	32	5	7
4 » .....	78	61	44	10	12

The loss thus decreases strongly with increasing dose of superphosphate, but increases with the time of exposure.

The influence of superphosphate on the nitrogen content of solid and liquid manure was tested with two similar teams of cows in a special stable, where 0.5 kg superphosphate per cow and per day was scattered in the stable gutter. The use of 100 kg superphosphate per cow for 200 days caused an average decrease of ammonia nitrogen by approx. 2 kg, but an average increase of total nitrogen by approx. 2 kg. This small gain is due partly to inhibition of ammonia formation by the superphosphate, and partly to fixation of some of the ammonia. These phenomena result in a lessened evaporation of ammonia in the stable, and consequently a cleaner stable-air.

Investigations by Frode Hansen (9) have shown that the loss of ammonia by evaporation in the stable may be estimated at approx. 2 kg per cow in 200 days, a figure very close to the increase in nitrogen content of solid and liquid manure observed in the present experiments.

When superphosphate is scattered in a stable gutter with a drain for the urine, some 25 to 33 % of the superphosphate is washed away by the urine and settles in the sinks and liquid manure tank as a rather solid deposit which is difficult to remove and to distribute in the field.

Ten storage experiments were conducted in small experimental dungheaps (1600 kg) where manure without addition was compared with manure plus 1 kg superphosphate per layer of 50 kg manure. This treatment diminished the average evaporation loss of nitrogen during storage from 17 to 15 %. An average of approx. 0.5 kg nitrogen was fixed by adding 100 kg superphosphate to 5000 kg manure in the dungheap.

Pot experiments with three phosphate deficient sand soils were conducted at the State Laboratory of Plant Culture in order to test whether the phosphorus in superphosphate added to the farmyard manure is more readily available than in superphosphate added directly to the soil. The phosphate content of the manure, however, was so high that the extra addition of superphosphate did not result in any increased crop yield. The preserved manure gave a slightly higher yield than the untreated manure, but it should be emphasized that this is due to the higher content of ammonia in the preserved manure, and not to an effect of the phosphate.

The results show that under present conditions it will not be economic to apply superphosphate in the stable or the dungheap in order to diminish the evaporation of ammonia during the storage of the manure. If it is desired to use superphosphate in the stable for hygienic reasons (cleaner stable-air), measures should be taken against the superphosphate being conveyed to the liquid manure tank.

## Litteratur.

1. *S. Touborg Jensen*: Undersøgelser over Ammoniakfordampning i Forbindelse med Kvælstoftab ved Udbringning af naturlige Gødninger. I. Ajle. 211. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur. Tidsskrift for Planteavl. B. 34. 1928. s. 117—147.
2. *S. Touborg Jensen*: Undersøgelser over Ammoniakfordampning i Forbindelse med Kvælstoftab ved Udbringning af naturlige Gødninger. II. Ajle. 221. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur. Tidsskrift for Planteavl. B. 35. 1929. s. 59—80.
3. *R. K. Kristensen*: Konservering af Ajle. Tidsskrift for Planteavl. B. 26. 1919. s. 485—490.
4. *A. R. Midgley* and *V. L. Weiser*: Effect of superphosphates in conserving nitrogen in cow manure. Vermont Agricultural Experiment Station, Bulletin 419. 1937.
5. *A. R. Midgley* and *D. E. Dunklee*: The availability to plants of phosphates applied with cattle manure. Vermont Agricultural Experiment Station. Bulletin 525. 1945.
6. *L. M. Turk* and *A. G. Weidemann*: Farm manure. Michigan Agricultural Experiment Station. Extension Bulletin 300. 1949.
7. *O. Franck*: En ny stallgödselvärdsmetod. Växt-Närings-Nytt. 1946. h. 5. s. 1—13.
8. *Armi Kaila*: Superfosfaatin käytöstä korjanlannan seassa. (Use of superphosphate with farm manure). Valtion Maatalouskoetöiminnan Julkaisuja. N:o 134. (Publication of the Finnish State Agricultural Research Board No. 134). 1950.
9. *Frode Hansen*: Undersøgelser over Mineralisering af Kvælstofforbindelser i Urin og Ekskrementer. Tidsskrift for Planteavl. B. 45. 1941. s. 401—419.