

Forsøg med flydende kvælstofgødning, UAN-30

Ved A. DAM KOFOED, J. LINDHARD og P. SØNDERGÅRD KLAUSEN

705. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

Til belysning af virkning af og fordampningstab ved anvendelse af den flydende kvælstofgødning UAN-30 er der i årene 1960-63 gennemført markforsøg på statens forsøgsstationer ved Askov, Tylstrup og Ødum, hvor UAN-30 er sammenlignet med kalksalpeter. Samtidig er der ved laboratoriet på Askov forsøgsstation foretaget undersøgelser over fordampningstabet.

Resultaterne af de gennemførte forsøg og undersøgelser er meddelt i nærværende beretning, der er udarbejdet af forstander A. Dam Kofoed og assistenterne J. Lindhard og P. Søndergård Klausen.

Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

I foråret 1960 blev der fra Norsk Hydro fremskaffet en flydende kvælstofgødning, UAN-30, som er en klar, stærk koncentreret vædske, der ikke skal fortyndes før brug og ikke, som flydende ammoniak, skal opbevares under tryk. Fordelingen kan udføres med en almindelig marksprøjte, men gødningen har den ulempe, at den tærer på metal.

Gødningen indeholder 25 % vand, har vægtfyllden 1,3 og har neutral reaktion. Kvælstofindholdet er, som det også fremgår af navnet, 30 %. Gødningen består af lige dele urinstofkvælstof og ammoniumnitratkvælstof, svarende til $326 \text{ g urinstof} + 428 \text{ g NH}_4\text{NO}_3 + 246 \text{ g vand}$ til 1 kg gødning.

Når UAN-30 udbringes på almindelig agerjord, vil der ske en omsætning af urinstof til ammoniumkarbonat, men ammoniumkarbonatets flygtighed gør, at man må regne med muligheden for en større ammoniakfordampning end ved anvendelse af f.eks. svovlsur ammoniak eller ammoniumnitrat. For de sidstnævnte gødninger gælder det, at man på neutral jord ikke behøver at regne med tab, men at risikoen for tab er desto større, jo højere reaktionstal jorden har.

I en afhandling af S. TOVBORG JENSEN og BETSY KJÆR (Kvælstoftab ved ammoniakfordampning efter gødskning med svovl-

sur ammoniak. T.f.Pl. 51, s. 705), konkluderer forfatterne bl.a. »Ved reaktionstal lavere end 6 er et kendeligt fordampningstab udelukket, og først ved tal over 7 får det i visse tilfælde praktisk betydning«.

Fra urinstof og UAN-30 frigøres ammoniak, blot jorden har en reaktion, en fugtighedsgrad og en temperatur, der tillader de urinstofsønderdelende bakterier at arbejde. Fordampningstabet fra jorden af kvælstof i form af ammoniak vil bl.a. være afhængig af, om jorden er så sur, at den dannede ammoniak neutraliseres, eller evt. så rig på humus- eller lerkolloider, at ammoniakken kan absorberes.

I. Markforsøg

Markforsøg med UAN-30 er udført i 1960-63 ved Askov, Tylstrup og Ødum forsøgsstationer.

Udbringningen af UAN-30 er foretaget med en forsøgssprøjte som Foreningen af jydsk Landboforeningers planteavlsskontor i Skanderborg i samarbejde med Statens Redskabsprøver på Bygholm havde monteret på en Unimog.

Følgende forsøgsplan er anvendt:

1. ingen kvælstof
2. 31 kg N i kalksalpeter, udbragt før såning
3. 62 » » » » » »
4. 46,5 kg N i UAN-30, udbragt før såning
5. 46,5 kg N i UAN-30, udbragt ca. 5 uger senere.

De anførte mængder er til korn. Til roer er anvendt den dobbelte mængde kvælstof.

Ved udbringning med sprøjte afhænger den tilførte mængde af vædsketryk og kørselshastighed. I forsøgene er trykket kontrolleret med manometer og kørselstiden med stopur, derefter er beregnet, hvor meget kvælstof de enkelte parceller er tilført.

Forsøgene er gennemført som rækkeforsøg med 4-5 fællesparceller.

I tabel 1 er anført den gennemsnitlige kvælstoftilførsel pr. forsøgsled, udbringningsdato og jordbundsanalyseresultater.

Tabel 1. Kvælstoftilførsel og udbringningstid

Forsøgsled		kg N pr. ha i					Udbringningsdato			Jordbundsanalyser						
		kalksalpeter			UAN-30		2—3	4	5	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Ft	Kt	Udtg.dato		
		1	2	3	4	5										
til korn																
Askov	1960..	0	31	62	41.1	41.9	1/4	1/4	12/5	6.4	5.9	5.9	17.2	1/4 60		
	1961..	»	»	»	53.1	40.6	6-8/4	29/3	12/5	6.6	—	—	—	30/9 61		
	1962..	»	»	»	41.8	46.5	30/4	14/4	21/5	6.5	—	—	—	30/9 61		
Tylstrup	1960..	0	31	62	45.7	44.3	8/4	6/4	10/5	5.9	5.2	5.5	12.5	6/4 60		
	1961..	»	»	»	46.5	46.5	11/4	11/4	8/5	5.8	5.0	10.4	12.0	25/3 61		
	1962..	»	»	»	39.3	39.3	12/4	12/4	22/5	5.9	—	12.1	13.1	13/4 62		
Ødum	1960..	0	31	62	46.5	46.5	31/3	31/3	11/5	7.1	6.2	6.3	11.4	17/3 60		
	1961..	»	»	»	44.6	45.4	10/4	10/4	9/5	7.0	6.0	7.8	15.9	24/3 61		
	1962..	»	»	»	43.0	39.3	10/4	13/4	22/5	7.3	6.3	7.7	13.4	19/2 62		
Gens. 9 forsøg i byg. . . .					44.6	43.4										
Gens. havre og vårhvede					45.3	42.3										
til roer																
Askov	1960..	0	62	124	81.9	87.9	1/4	1/4	12/5	6.4	6.0	8.3	21.2	1/4 60		
	1961..	»	»	»	103.0	82.9	6-8/4	29/3	12/5	6.5	—	—	—	30/9 61		
Tylstrup	1960..	0	62	124	91.2	91.2	21/4	6/4	10/5	5.8	5.0	4.9	11.1	6/4 60		
	1961..	»	»	»	93.0	93.0	11/4	11/4	8/5	6.0	5.3	11.2	15.8	25/3 61		
Gens. bederoer .					92.3	88.8										
Gens. kålroer . .					92.5	85.4										

Det har ikke været muligt nøjagtigt at tilføre den tilsigtede mængde UAN-30, idet en lille ændring i kørselshastigheden vil påvirke udbringningsmængden.

Ved hjælp af ligningen $v = \frac{at}{b+t}$ (K. A. BONDORFF, Tidsskrift for

Planteavl, bind 40, side 825-834) er beregnet udbytter for tilførsel af samme kvælstofmængder for begge gødninger og udbringningstider.

KORNFORSØGENE

Der er gennemført 8 forsøg i byg, 3 i havre og 3 i vårhvede, resultaterne af disse forsøg er vist i tabel 2.

Tabel 2. Udbytte i kornafgrøder

		hkg kærne pr. ha				hkg halm pr. ha			
		udb. af grund- gødet	merudbytte for 46.5 kg N i			udb. af grund- gødet	merudbytte for 46.5 kg N i		
			ks	UAN-30 udbr.			ks	UAN-30 udbr.	
				april	maj			april	maj
Byg Askov	1960	19.9	19.3	18.7	18.9	15.7	22.5	21.5	20.8
	1961	12.5	10.4	12.6	8.0	8.6	14.6	16.5	14.2
	1962	22.1	17.0	14.4	16.2	25.1	30.5	23.6	23.7
	gens.	18.2	15.6	15.2	14.4	16.5	22.5	20.5	19.6
Byg Tylstrup	1960	12.1	15.6	13.3	9.4	9.0	12.2	13.5	11.3
	1961	16.0	19.1	17.3	13.8	11.0	17.8	15.5	10.4
	1962	22.6	15.4	16.1	16.1	18.2	18.7	19.9	17.7
	gens.	16.9	16.7	15.6	13.1	12.7	16.2	16.3	13.1
Byg Ødum	1960	33.6	6.4	4.9	5.4	34.7	12.0	8.5	10.3
	1962	34.7	5.1	7.2	6.9	53.4	20.4	22.8	21.2
	gens.	34.2	5.8	6.1	6.2	44.1	16.2	15.7	15.8
Havre Askov	1960	17.3	14.5	11.5	7.4	24.0	26.2	22.4	21.3
	1961	17.6	15.5	15.8	14.9	15.4	31.0	29.7	23.7
	1962	21.1	17.6	16.0	17.1	29.8	38.2	26.9	33.7
	gens.	18.7	15.9	14.4	13.1	23.1	31.8	26.3	26.2
Vårhvede Askov	1960	14.7	11.2	12.1	11.5	28.8	24.8	27.3	22.1
	1961	15.4	7.8	7.0	8.8	19.5	5.5	6.8	9.3
	1962	15.1	11.1	10.6	9.7	35.3	33.6	31.0	36.5
	gens.	15.1	10.0	9.9	10.0	27.9	21.3	21.7	22.6

I gennemsnit er der både i kærne og halm opnået et mindre udbytte ved gødning med UAN-30 end ved anvendelse af kalksalpeter. Ved udbringning af de to gødninger samtidig har kalksalpeter givet 0,5 hkg kærne mere end UAN-30 til byg og 1,5 hkg kærne mere til havre, medens udbytterne har været næsten ens i vårhvede.

Den seneste udbringning af UAN-30 har i de fleste forsøg givet det mindste udbytte, og det har således med den anvendte teknik ikke været nogen udbyttmæssig fordel at udsætte udbringningstidspunktet for UAN-30.

ROEFORSØGENE

Der er gennemført 6 forsøg i bederoer og 2 i kálroer. Resultaterne er vist i tabel 3.

Tabel 3. Udbytte i rodfrugtafgrøder

		Udb. grund- gødet	Merudb. f. 93 kg N i				Udb. grund- gødet	Merudb. f. 93 kg N i			
			ks	UAN-30 udbr.		ks		UAN-30 udbr.			
				april	maj			april	maj		
		hkg rod pr. ha					hkg top pr. ha				
<i>Bederoer</i>											
Askov	1960, Hinderupgaard	314	267	261	233	135	245	234	208		
	1960, Gul Dæno....	413	367	345	287	143	205	208	180		
Askov	1961, Maribo P....	209	122	123	101	135	162	131	159		
	1961, Pajbj. Korsroe	406	156	140	124	159	117	121	117		
Tylstrup	1960, Gul Dæno....	282	219	216	188	75	72	70	80		
	1961, Rød Øtofte...	238	238	238	96	81	107	106	92		
<i>Kålroer</i>											
Askov	1960	617	407	385	318	52	50	75	70		
	1961	452	331	375	312	31	25	31	27		
		hkg rodtørstof pr. ha					hkg sandfri toptørstof pr. ha				
<i>Bederoer</i>											
Askov	1960, Hinderupgaard	67.4	49.4	48.0	43.6	15.4	24.9	23.3	21.2		
	1960, Gul Dæno....	70.5	53.8	48.8	39.4	13.3	18.8	18.4	16.1		
Askov	1961, Maribo P....	51.6	28.1	27.5	23.9	21.1	21.0	18.2	20.9		
	1961, Pajbj. Korsroe	66.8	23.6	21.4	19.1	18.4	11.9	11.5	11.0		
Tylstrup	1960, Gul Dæno....	50.3	41.5	38.9	32.5	10.9	11.6	13.1	12.9		
	1961, Rød Øtofte...	45.5	45.7	43.8	17.9	10.4	12.6	12.2	9.7		
<i>Kålroer</i>											
Askov	1960	79.1	36.3	37.2	30.5	6.7	6.6	10.0	9.1		
	1961	56.5	35.8	39.3	30.0	4.0	3.1	3.8	3.2		

I bederoer er der opnået de største merudbytter af både rod- og toptørstof efter kalksalpeter. I gennemsnit er der høstet 2,3 hkg rodtørstof og 0,7 hkg toptørstof mere pr. ha end for samme kvælstofmængde i UAN-30. En udsættelse af udbringningstiden til 8.-12. maj for UAN-30 har i bederoer forårsaget en stor nedgang i rodudbyttet.

I de to forsøg i kálroer er det største tørstofudbytte i rod opnået ved anvendelse af UAN-30, udbragt før såning. Den sene udbringning af UAN-30 har også i kálroer givet det mindste udbytte.

KVÆLSTOFOPTAGELSE

I de fleste af forsøgene blev afgrøderne, kærne og halm samt rod og top analyseret for kvælstofindhold, og den gennemsnitlige kvælstofoptagelse var som vist i tabel 4.

Tabel 4. Kvælstoftilførsel og -optagelse, kg N pr. ha

	Tilført	Optagelse fra grundg.	Meroptagelse for N-tilførsel		
			ks	UAN-30	
				april	maj
Byg	46.5	39.1	26.4	24.3	23.2
Havre	46.5	34.4	33.0	27.7	27.4
Vårhvede	46.5	35.9	26.2	25.1	29.0
Bederoer	93.0	59.9	64.7	61.5	55.3
Kálroer	93.0	86.7	62.5	74.1	71.0

Ligesom i tidligere forsøg har der også i disse været størst kvælstofindhold i afgrøderne fra det forsøgsled, der senest i vækstperioden er tilført kvælstofgødning, men kvælstofoptagelsen er mindst efter den sene tilførsel af UAN-30. Ved sammenligning af kalksalpeter og UAN-30 udbragt før såning ses, at udbyttet ret nøje følger kvælstofoptagelsen, og bortset fra kálroerne er den størst for kalksalpeter.

II. Laboratorieundersøgelser

Laboratorieundersøgelser vedrørende ammoniakfordampning fra UAN-30 er udført på jord fra Askov sandmark.

Den sigtede og blandede jord blev fordelt på blikbakker i portioner á 2 kg over et areal på ca. $\frac{1}{8}$ m², (40×32). Med pipette fordeltes 10 ml UAN-30 over arealet så vædsken dannede et »kvadratnet« med 2-3 cm mellem stregerne.

Bakkerne stilledes til fordampning, hvorefter jorden blev blandet, vejjet og analyseret for tørstof, NH₃-N, NO₃-N samt total-N. Efter at blindværdierne for jorden var trukket fra, beregnedes indholdet af urinstof som differens mellem total-N og uorganisk N.

Analyseringen blev gennemført efter CARSTEN OLSEN: Om den analytiske Bestemmelse af Ammoniak i Jordbunden og om Jordbundens Adsorptionsevne overfor Ammoniak. C.R. Lab. Carlsberg 1929, 17 nr. 15.

AMMONIAKFORDAMPNINGSMALINGER

I foråret 1960 gennemførtes en orienterende undersøgelse med fem bakker anbragt forskellige steder. Jord fra Askov sandmark, pH 6,5 blev gødet med 10 ml UAN-30, indeholdende 3882 mg N, heraf 971 mg NH₃-N og 971 mg NO₃-N, mens resten, 1940 mg var urinstof-N.

Een bakke blev anbragt i laboratoriet, to i laboratoriekælderen og to i et læskur i marken. Til forskellig tid blev jorden taget ind og analyseret. Analysetallene, efter fradrag af blindværdier og omregning til % af tilført kvælstof, fremgår af tabel 5.

Tabel 5. Kvælstofindhold i jord, der er anbragt forskellige steder

Antal døgn	% af tilført N					
	laboratoriet		kælder		læskur	
	0	4	6	15	6	15
Total-N.....	100	94	91	91	98	88
NH ₃ -N.....	25	28	27	26	31	37
NO ₃ -N.....	25	20	24	24	25	24
Urinstof-N	50	46	40	41	42	27
pH (H ₂ O).....	6,5	6.8	6.7	—	7.6	—

Resultaterne viser, at når først omsætningen af urinstof er kommet i gang, kan der komme betydelige tab af kvælstof, antagelig ved ammoniakfordampning.

På grund af den korte måleperiode må undersøgelserne betragtes som orienterende. Videre undersøgelser er foretaget med bakker opstillet i læskur. Der er anvendt 2 kg jord pr. prøve og gødet med 10 ml UAN-30. Da jorden havde tilbøjelighed til udtørring, blev bakkerne med mellemrum oversprøjtet med vand.

En undersøgelse på jord fra Askov sandmark med pH 7,3 er gennemført i 45 døgn, resultaterne fremgår af tabel 6.

Tabel 6. Kvælstofindhold i jord

Antal døgn	% af tilført total-N						
	0	3	9	16	23	30	45
Total-N	100	98	87	77	65	68	59
NH ₃ -N	25	29	36	38	38	36	34
NO ₃ -N	25	24	24	24	23	23	23
Urinstof-N	50	44	27	15	4	9	2
% vand i jorden	5,7	4,5	12,4	4,7	4,5	4,3	5,2
pH (H ₂ O)	7,3	7,3	8,3	8,3	8,2	8,1	7,7

Efter 9 døgn forløb er ca. halvdelen af tilført urinstof omdannet til ammoniak, og i løbet af 45 dage er praktisk taget hele urinstofmængden omdannet. Undersøgelsen er gennemført i november-december, og det har været frostvejr en del af tiden. I løbet af 45 døgn er tabt 41 % af den tilførte kvælstofmængde, og da jorden ikke har været udsat for udvaskning og den desuden har været forholdsvis tør, må man antage, at tabet skyldes ammoniakfordampning. Stigning i jordens pH afspejler nogenlunde ammoniakdannelsen.

En undersøgelse med kalket jord er gennemført i april-maj. Jord fra Askov sandmark tilførtes 50 g jordbrugskalk/kg. Resultaterne fremgår af tabel 7.

Tabel 7. Kvælstofindhold i kalket jord

Antal døgn	% af tilført N					
	0	3	15	25	29	38
Total-N	100	93	58	49	49	45
NH ₃ -N	25	28	28	19	17	14
NO ₃ -N	25	24	23	23	23	23
Urinstof-N	50	41	7	7	9	8
% vand i jorden	9,5	8,2	4,4	0,4	1,8	2,3
pH (H ₂ O)	8,2	8,1	7,8	7,5	7,6	7,5

I sammenligning med undersøgelserne på jord med pH 7,3 sker tabet, når pH er 8,2, betydeligt hurtigere. Der er allerede efter 15 døgn tabt ligeså meget kvælstof som ved pH 7,3 på 45 døgn, og ialt tabes der på 38 døgn 55 % af tilført N.

Urinstof er i denne undersøgelse omsat i løbet af de første 15 døgn, hvorefter omsætningen går istå, selv om 14-16 % af tilført urinstof tilsyneladende ikke er omsat. Da mængden af urinstof er bestemt som differens, kan det ikke afgøres, om det er urinstof eller andre kvælstofforbindelser, der bliver til rest. I en undersøgelse, hvor jorden efter tilsætning af hydratkalk opnåede en pH værdi over 12, blev billedet noget ændret. Ammoniakfordampningen var så kraftig, at den var tydeligt at lugte under gødnings-tilførslen.

Resultaterne fremgår af tabel 8.

Tabel 8. Kvælstofindhold i jord som er tilsat hydratkalk

	% af tilført total-N				
	minutter		døgn		
	0	30	1	4	13
Total-N	100	83	77	77	74
NH ₃ -N	25	17	2	1	1
NO ₃ -N	25	25	25	27	25
Urinstof-N	50	41	50	49	48

Ser man bort fra målingerne pr. 30 min, hvor den store fordampningshastighed, 10-20 mg N/min, har bevirket unøjagtige målinger, viser undersøgelsen, at ammoniakken forsvinder i løbet af det første døgn, mens urinstofindholdet forbliver praktisk taget konstant indenfor måleperioden. Det sidste skyldes sandsynligvis, at urinstofsønderdelende bakterier ikke har været virksomme ved så alkalisk reaktion som pH>12.

Dette forhold har tidligere været anvendt til staldgødnings-konservering f.eks. i Vermont, USA, hvor man anbefalede at udstrø kalk i grebningen og hævdede, at man derved temporært hæmmede ammoniaktabet. (MIDGLEY, A. R. & MUELLER, W. O., 1940: Effect of Lime on the Nitrogen Content of Cow Manure, Vermont Agr. Sta. Bul. 456).

I figuren side 747 er resultaterne af de tre undersøgelser frem-

stillet grafisk. Denne viser, at den forskel i fordampningstabet fra jord med pH ca. 7 og pH ca. 8, som fremgår af kurverne for total-N, genfindes i kurverne for ammoniak-N, medens der ikke er særlig stor forskel mellem kurverne for urinstof. Man må heraf slutte, at omsætningen af urinstof til ammoniak vil foregå nogenlunde med samme hastighed, blot jorden er i en tilstand, der tillader urinstofbakterierne at arbejde, mens fordampningstabets størrelse bestemmes af de forhold for ammoniakbinding og ammoniakfordampning, der tidligere er belyst i forsøg og undersøgelser vedrørende staldgødning og ajle samt svovlsur ammoniak.

SAMMENDRAG OG KONKLUSION

Til forsøgsbrug blev i 1960-63 fra Norsk Hydro fremskaffet en ny, flydende kvælstofgødning UAN-30. Denne gødning indeholder 30 pct. kvælstof, og heraf er ca. halvdelen urinstof, $\frac{1}{4}$ ammoniak og $\frac{1}{4}$ nitrat, den skal ikke opbevares under tryk og kan udbringes med en almindelig motorsprøjte, men som følge af gødningens evne til at tære på metal, må der regnes med stort slid, bl.a. på sprøjtedysen.

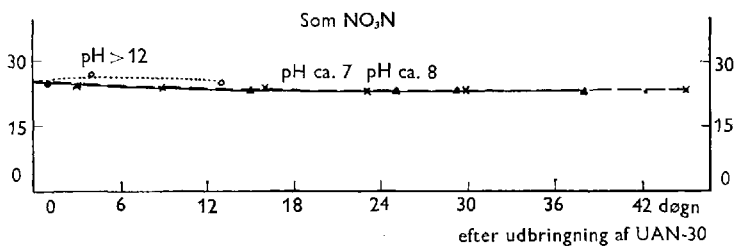
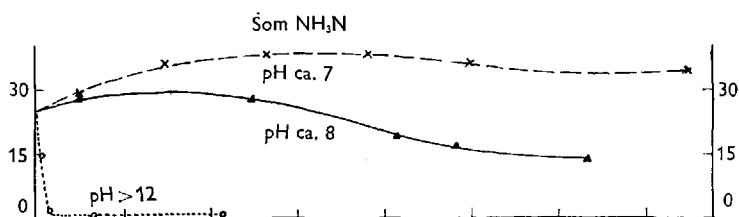
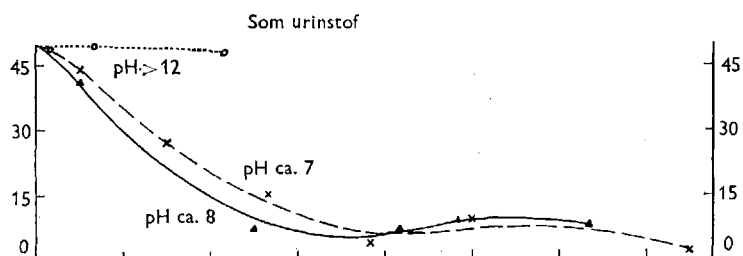
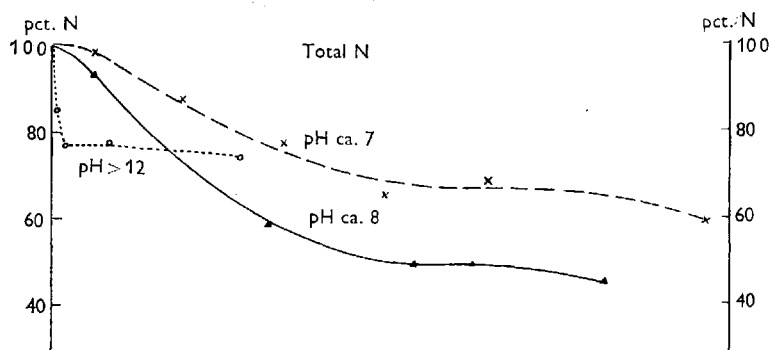
Kun ved 2 forsøg i kårroer er der opnået større udbytte for UAN-30 end for kalksalpeter, medens der i 20 forsøg i byg, havre, vårhvede og bederoer er opnået det højeste udbytte for kalksalpeter.

Laboratorieundersøgelser viser, at urinstoffet i UAN-30 omdannes til ammoniak i løbet af 2-4 uger, når jorden er svagt alkalisk. Jordens indhold af ammoniak stiger i begyndelsen og falder derefter. Da nitratindeholdet er konstant, og den undersøgte jord ikke har været udsat for udvaskning, må det skønnes, at ammoniaktabet skyldes fordampning. Det målte tab har i løbet af 5-7 uger været ca. 40 % af tilført kvælstof fra jord med pH ca. 7 og ca. 60 % fra jord med pH ca. 8.

UAN-30 har ikke været i handelen her i landet, og om gødningen vil få interesse, vil afhænge af prisen på gødningen eller en forbedret teknik ved anvendelse af den.

Ved anvendelse af UAN-30 og andre urinstofholdige gødninger opnås de største udbytter ved at nedbringe gødningerne i jorden snarest muligt efter udbringningen.

Genfundne kvælstofmængder efter forskellig tid i jorden.



SUMMARY

Field experiments with UAN-30, a liquid nitrogenous fertilizer

Experiments were conducted in the spring 1960 and the two following years with UAN-30, a new liquid nitrogenous fertilizer containing 30 per cent nitrogen, one-half of this in urea and one-half in ammonium nitrate. Unlike anhydrous ammonia this fertilizer requires no special pressure tanks for storage and may be distributed in the field by means of an ordinary spraying implement, but it has the disadvantage of causing corrosion of metal parts.

Only two experiments in swedes showed a higher yield from UAN-30 than from nitrate of lime, the opposite was the case in barley, oats, spring wheat and beets.

Laboratory experiments showed that the urea in UAN-30 was ammonified within two to four weeks in slightly alkaline soil. The soil content of ammonia showed an initial rise and a subsequent decline, nitrate nitrogen remained at a constant level and there was no leaching from the soil. Thus the drop in ammonia content seemed to be due to actual evaporation. The losses within five to seven weeks amounted to about 40 per cent of the added nitrogen in soil of pH 7 and about 60 per cent in soil of pH 8.

The danger of ammonia evaporation makes it advisable to incorporate this as well as other urea-containing fertilizers into the soil as quickly after field application as possible. UAN-30 is not yet on the market in Denmark. Whether its merits future attention will depend upon its price or upon improved methods of application.