

Statens Forsøgsstation, Askov (A. Dam Kofoed)

Flydende trykfri N-gødning og kalkammonsalpeter til byg og bederoer

Nitrogen solutions and solid nitrogen fertilizer for barley and fodder beets

H. T. Fogh

Resumé

Ved statens forsøgsstationer Askov og Lundgård blev der i 1972-74 gennemført markforsøg med kalkammonsalpeter (KAS), ammoniumnitratopløsning (AN) og urea-ammoniumnitratopløsning (UAN) til byg og bederoer. Alle N-gødninger blev udstrøet/udsprøjt på jordoverfladen såvel uden som med efterfølgende nedharvning samt nedfældet i ca. 10 cm dybde med harvesåmaskine (KAS) eller ammoniaknedfælder (AN og UAN).

Der var kun små forskelle i kærneudbyttet af byg efter de forskellige gødninger, når de var udbragt på jordoverfladen, men de flydende gødninger gav mindre udbytte end kalkammonsalpeter, når gødningerne var nedfældede. Tørstofudbyttet af bederoer var ikke signifikant påvirket af de forskellige gødninger og udbringningsmåder.

Indholdet og udbyttet af total-N i kærne var lavere efter AN og UAN end efter KAS, medens udbringningsmåderne var uden sikker indflydelse herpå. Tilsvarende var tilfældet for indholdet og udbyttet af total-N i bederoer dog med tendens til, at UAN gav lavere indhold og udbytte af total-N efter udbringning på jordoverfladen end efter nedfældning.

I forsøgene på sandjord blev der i 1973 høstet betydeligt større udbytter efter N-gødningerne, når de var udbragt på jordoverfladen frem for nedfældet i jorden. Dette forhold antages at skyldes forskel i N-nedvaskning. Modsat var der i bederoer på sandjord 1974 det største udbytte efter nedfældning, idet der var hæmmet fremspiring og deraf følgende dårlig plantebestand, når N-gødningerne var udbragt på jordoverfladen, især når de ikke var nedharvede.

Nøgleord: Flydende trykfri N-gødning, kalkammonsalpeter, udbringningsmåder.

Summary

At the state experimental stations Askov (sandy loam) and Lundgård (sandy soil) field experiments were carried out in the years 1972-74 to compare the effects of nitrogen solutions and solid nitrogen fertilizer. The solutions used were ammonium nitrate solution (AN) containing 16 % of N and urea-ammonium nitrate solution (UAN) containing 30 % of N. As solid fertilizer was used calcium ammonium nitrate (KAS) containing 26 % of N.

The fertilizers were applied for barley and fodder beets at sowing time, as well placed in bands in a depth of 10 cm as top dressed with and without following harrowing.

No differences were found in grain yield between the three fertilizers, when they were applied as top dressings. The N-solutions showed lower grain yield than did solid fertilizer, when the fertilizers were placed in bands in the soil. The yields of DM in fodder beets showed no significant differences in relation to the different fertilizers or methods of application.

Both the content and the yield of total-N in grain and fodder beets were lower after the solutions than after the solid fertilizer. The application methods showed no differences in content and yield of total-N in grain, but with fodder beets UAN-solution showed higher yield and content of N when placed compared to topdressed.

In 1973 on sandy soil banding of UAN showed extremely lower yield than did topdressing probably because of differences in leaching.

On sandy soil in 1974 there was a very low yield of fodder beets, when fertilizers were topdressed, because of a great reduction in the number of plants especially where no harrowing had been done.

Key words: Non pressure N-solutions, solid calcium ammonium nitrate, application methods.

Indledning

Forskellige typer af flydende trykfri N-gødning har i en del år været markedsført i udlandet. Den mest udbredte af disse gødninger er en vandig opløsning af $\frac{1}{2}$ urea og $\frac{1}{2}$ ammoniumnitrat med et N-indhold på ca. 30 %. En sådan flydende trykfri N-gødning (UAN-30) blev allerede i årene 1960-62 prøvet i danske forsøg, hvor den blev udsprøjtet til korn, roer og kartofler, men den var udbyttmæssigt ikke på højde med fast N-gødning i form af kalksalpeter eller svovlsur ammoniak. Forsøgene blev gennemført med 47-60 kg N/ha til korn og 60-94 kg N/ha til roer og kartofler (Kofoed m.fl. 1965, Olesen og Ullerup 1963).

I udlandet er der gennemført mange forsøg med flydende N-gødning af UAN-typen. Ericsson (1974) har i en referatartikel samlet resultaterne af sådanne forsøg og konkluderer, at fast gødning oftest giver større udbytte end flydende gødning, når gødningerne anvendes på jordoverfladen. Disse forskelle synes at være mest fremtrædende under tørre eller på anden måde ugunstige vækstforhold. Forskellen i virkning synes at aftage, når gødningerne nedhaves, og decideret nedfældning bevirker oftest, at flydende og fast gødning giver ensartede udbytter.

En af grundene til, at flydende trykfri UAN-gødning ofte virker dårligere end fast NH_4 - eller NO_3 -gødning, kan være, at UAN indeholder halvdelen af kvælstoffet i form af urea. Urea hydrolyseres efter udbringning til $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, hvorfra NH_3 kan fordampe. I tilknytning til de danske forsøg med UAN-30

i 1960-62 blev der i modelforsøg målt betydelige N-tab fra denne gødning (Kofoed m.fl. 1965). Andre forfattere har fundet, at N-tabet ved NH_3 -fordampning fra UAN-gødning synes at være uden betydning (Cummings m.fl. 1958, Bertilsson 1974).

En anden grund til, at flydende trykfri UAN-gødning ofte virker dårligt ved udsprøjtning på jordoverfladen kan være, at flydende gødning i stor udstrækning adsorberes til de øverste jordknoles og jordpartikler. En efterfølgende harvning vil derfor ikke være i stand til at bringe denne gødning ned i planternes rodzone på tilsvarende måde som en granuleret gødning, hvor gødningspartiklerne ved harvning vil falde ned mellem jordpartiklerne og blive lettere tilgængelige for planterne. Især under tørre forhold kan en sådan overfladefiksering af flydende gødning tænkes at medføre en for dårlig udnyttelse af gødningen (Bertilsson 1972 og 1974).

Siden gennemførelsen af de danske forsøg med UAN-30 i 1960-62 er der sket en væsentlig stigning i dansk landbrugs anvendelse af N i handelsgødning. Det er derfor af interesse at sammenligne flydende trykfri N-gødning med de nu anvendte typer af fast N-gødning ved et N-niveau, der svarer til praksis i dag. Et sådant forsøgsarbejde blev indledt i 1971-72 omfattende to typer af flydende N-gødning, nemlig den tidligere prøvede UAN-30 og en ren ammoniumnitratopløsning. Som fast N-gødning valgtes kalkammonsalpeter.

Da den dårlige virkning af UAN-30 i de tidligere danske forsøg muligvis skyldes, at en del

af kvælstoffet i denne gødning er gået tabt ved fordampning af NH_3 , blev forsøgene gennemført såvel ved udbringningen på jordoverfladen som ved nedfældning i 10 cm dybde, hvorved mulighed for tab af NH_3 mindskes.

Metodik

Forsøgene er gennemført som markforsøg med byg og bederoer ved statens forsøgsstationer Askov (let lerjord) og Lundgård (let sandjord) 1972-74:

Forsøgsplan, *Treatments*:

1. Kalkammonsalpeter (KAS), 26 % N
Calcium ammonium nitrate
 2. Ammoniumnitrat-opløsning (AN), ca. 18 % N
Ammonium nitrate solution
 3. Urea-ammoniumnitrat-opløsning (UAN), ca. 30 % N
Urea ammonium nitrate solution
- a. Udbringning på jordoverfladen efter såning, ingen nedharvning
Topdressing after sowing, no harrowing
- b. Udbringning på jordoverfladen og nedharvning før såning
Topdressing and harrowing before sowing
- c. Nedfældning til 10 cm dybde før såning
Banding in 10 cm depth before sowing

	N kg pr. ha	
	byg <i>barley</i>	bederoer <i>fodder beets</i>
x	0	0
y	80	100
z	120	200

Forsøgene blev gennemført med alle kombinationer af overstående N-arter, udbringningsmåder og N-mængder, ialt 19 forsøgsled. Der var 4 gentagelser, og fællesparcellerne var fordelt på en måde, hvorved virkningen af en eventuelt forekommende skråplanvariation i jordens frugtbarhed blev elimineret. Forsøgsarealerne blev grundgødde med normale mængder P, K og Mg.

Kvælstoffet i kalkammonsalpeter og i ammoniumnitrat-opløsning bestod af $\frac{1}{2}$ $\text{NH}_4\text{-N}$ og $\frac{1}{2}$ $\text{NO}_3\text{-N}$, mens kvælstoffet i urea-am-

moniumnitrat-opløsningen bestod af $\frac{1}{2}$ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2\text{-N}$ (urea-N), $\frac{1}{4}$ $\text{NH}_4\text{-N}$ og $\frac{1}{4}$ $\text{NO}_3\text{-N}$.

Udbringning af N og såning af afgrøde blev i de enkelte forsøg foretaget samme dag, og der gik maksimalt ca. 1 time fra udsprøjtning af urea-ammoniumnitratopløsning og indtil nedharvning af denne blev udført.

Udbringningen af de flydende gødninger i leddene a og b blev foretaget med en parcel-sprøjte udviklet til formålet, mens nedfældningen i led c blev foretaget med en til formålet ombygget nedfælder for flydende ammoniak. Kalkammonsalpeter blev i alle led udbragt med harvesåmaskine (Fiona). Jordbearbejdningen var ens i alle led, dog medførte nedfældningen i led c en ekstra »jordbearbejdning«.

I følgende oversigt er anført datoer for såning af afgrøde og for N-udbringning samt

	Askov byg bederoer		Lundgård byg bederoer	
	<i>barley</i>	<i>beets</i>	<i>barley</i>	<i>beets</i>
	<i>fodder fodder</i>			
	Dato for såning og N-udbringning <i>Date for sowing and N application</i>			
1972	24/4	2/5	14/4	26/4
1973	24/4	3/5	27/3	30/4
1974	27/3	17/4	28/3	23/4
	Reaktionstal (Rt) <i>Soil pH (CaCl₂) + 0,5</i>			
1972	6,5	6,2	6,0	6,1
1973	6,3	6,4	6,0	5,6
1974	6,7	6,6	6,3	5,8
	Fosforsyretal (Ft) <i>Soil phosphate index, 1 unit = 3 mg P per 100 g soil</i>			
1972	6,3	7,4	8,5	5,2
1973	8,0	8,3	7,4	8,4
1974	5,8	5,7	6,4	6,8
	Kaliumtal (Kt) <i>Soil potassium index, 1 unit = 1 mg K per 100 g soil</i>			
1972	10,6	17,3	8,1	8,3
1973	11,5	22,4	3,6	6,1
1974	9,4	20,3	5,0	5,8

forsøgsarealernes gennemsnitlige reaktionstal, fosforsyretil og kaliumtal umiddelbart før forsøgenes anlæg og inden udbringning af grundgødning.

Resultater

Kærneudbytte af byg

Der har i alle forsøg været merudbytte for stigende N-tilførsel, hvilket ses af hovedtabellen side 564. I gennemsnit af alle forsøg og alle behandlinger var merudbyttet for 80 N 22,2 og for 120 N 26,3 hkg kærne pr. ha. Dette ses i tabel 1, som også viser, at der især efter 80 N var det mindste merudbytte, når gødningerne var nedfældede. Det gennemsnitlige merudbytte var ca. 1 hkg pr. ha større efter kalkammonsalpeter end efter de flydende gødninger. Det var dog kun, når gødningerne var nedfældede, at der var sikre forskelle mellem merudbytterne efter de tre gødninger. Der var imidlertid sikker vekselvirkning mellem forsøg og ud-

Tabel 1. Merudbytte af kærne, hkg pr. ha. Askov og Lundgård 1972-74

	Yield increase in grain, hkg per ha. 6 exp. 1972-74			gns.
	ikke nedharvet no harrowing	nedharvet harrowing	nedfældet band applied	
KAS	24,7	25,4	24,8	25,0
AN	24,4	24,1	23,0	23,8
UAN	24,1	24,7	23,2	24,0
80 N	22,7	22,7	21,3	22,2
120 N	26,1	26,8	25,9	26,3
gns. average	24,4	24,8	23,6	

bringningsmåder, idet nedfældning i nogle forsøg gav større og i andre forsøg mindre merudbytte end de øvrige udbringningsmåder. Særlig stor forskel i merudbytte var der som vist i tabel 2 ved Lundgård i 1973. Udbyttet var i dette forsøg generelt lavt på grund af kvælstofnedvaskning før fremspiring, og kvælstofnedvaskningen synes at have været mest udtalt, når gødningerne var nedfældede.

Tabel 2. Merudbytte af kærne, hkg pr. ha.

Lundgård 1973

Yield increase in grain, hkg per ha. Sandy soil 1973

	ikke nedharvet nedharvet nedfældet no harrowing harrowing band applied		
	KAS	21,8	22,2	17,2
AN	19,5	19,1	13,7
UAN	21,7	23,0	16,3
80 N	17,9	18,0	11,5
120 N	24,0	24,9	20,0

Total-N i kærne

Det procentiske indhold af total-N i kærnetørstof var i gennemsnit af forsøgene signifikant stigende med stigende N-tilførsel. Desuden var der som vist i tabel 3 større stigning i indholdet af total-N, når der var anvendt kalkammonsalpeter, end når der var anvendt UAN. AN var intermedier med hensyn til virkning på indhold af total-N.

Tabel 3. Merindhold af total-N i kærnetørstof (%)
Increase in percent of total N in grain

	KAS	AN	UAN
80 N	0,08	0,06	0,05
120 N	0,33	0,29	0,26

De forskellige udbringningsmåder påvirkede ikke det gennemsnitlige indhold af total-N.

Merudbyttet af total-N i kærne var kun sikkert påvirket af N-mængde og gødningsart (tabel 4).

Tabel 4. Merudbytte af total-N i kærne, kg pr. ha
Yield increase in total N in grain, kg per ha

	KAS	AN	UAN
80 N	32,4	31,0	30,7
120 N	47,9	44,4	42,7

Udbytte af tørstof i bederoer

Hovedtabellerne side 565-566 viser resultaterne fra enkeltforsøgene, og tabel 5 viser de gennemsnitlige merudbytter af rod- og toptørstof. På grund af de ret store variationer i resultaterne af enkeltforsøgene er der i de gennemsnitlige merudbytter ingen sikre forskelle som følge af

forskellige gødninger eller forskellige udbringningsmåder. Derimod er der opnået sikre forskelle i merudbytte efter 100 og 200 N.

Tabel 5. Merudbytte af sandfrit tørstof, hkg pr. ha
Yield increase in fodder beet DM, hkg per ha

	ikke nedharvet <i>no harrowing</i>	nedharvet <i>harrowing</i>	nedfældet <i>band applied</i>
Rodtørstof <i>Root DM</i>			
KAS	34,2	35,8	35,5
AN	34,5	33,8	30,4
UAN	34,3	35,1	31,9
100 N	32,0	33,0	29,6
200 N	36,6	36,7	35,6
Toptørstof <i>Leaf DM</i>			
KAS	14,9	16,3	17,3
AN	14,9	15,5	17,1
UAN	14,7	14,4	16,5
100 N	11,8	12,5	12,6
200 N	17,9	18,3	21,2
Rod- + toptørstof <i>Root DM + leaf DM</i>			
KAS	49,1	52,1	52,8
AN	49,4	49,3	47,5
UAN	49,0	49,5	48,4
100 N	43,8	45,5	42,2
200 N	54,5	55,0	56,8

Som nævnt var der betydelige variationer i resultaterne fra forsøg til forsøg. Som følge af forskel i N-nedvaskning blev der ved Lundgård i 1973 høstet betydelig mindre udbytter, når kvælstofgødningerne var nedfældede, end når de var udbragt på jordoverfladen. Resultaterne fra dette forsøg er vist i tabel 6.

Tabel 6. Merudbytte af rod- + toptørstof af bederoer, hkg pr. ha. Lundgård 1973
Yield increase in fodder beet DM, hkg per ha, sandy soil 1973

	ikke nedharvet <i>no harrowing</i>	nedharvet <i>harrowing</i>	nedfældet <i>band applied</i>
KAS	62,0	61,3	52,8
AN	57,9	61,3	42,3
UAN	60,5	63,4	37,3
100 N	51,3	55,7	34,6
200 N	68,9	68,2	53,6

Også forsøget i 1974 ved Lundgård var afvigende, idet fremspiringen af roeplanter var betydeligt hæmmet i en del af forsøgsleddene. I tabel 7 er anført det gennemsnitlige planteantal i parcellerne ved høst samt merudbyttet af rod- og toptørstof. Det ses, at planteantallet var ret ens, når gødningerne var nedfældede, mens der efter udbringning af gødningerne oven på jorden var betydelige forskelle i plan-

Tabel 7. Antal planter pr. parcel ved optagning samt merudbytte af rod- + toptørstof.

Lundgård 1974
 Fuldt plantetal = 96 pr. parcel
Number of plants per plot at harvesting time and yield increase in fodder beet DM. Sandy soil 1974
Max. number of plants = 96 per plot

	ikke nedharvet <i>no harrowing</i>		nedharvet <i>harrowing</i>		nedfældet <i>band applied</i>	
	100 N	200 N	100 N	200 N	100 N	200 N
<i>planter/parcel</i>						
KAS	79	44	91	70	89	90
AN	91	57	91	74	90	90
UAN	95	76	92	83	86	89
<i>rod- + toptørstof, hkg/ha</i>						
KAS	48,4	40,1	62,3	55,5	58,4	65,7
AN	50,7	47,9	47,5	62,5	54,9	59,5
UAN	52,1	69,4	52,4	59,4	56,3	78,8

teantal afhængig af gødningsmængde og gødningsart. 200 N i kalkammonsalpeter udbragt på jordoverfladen uden efterfølgende nedharvning gav det laveste planteantal ved høst. De flydende gødninger – og især UAN – har virket mindst hæmmende på roeplanternes fremspiring. Det skal bemærkes, at der umiddelbart efter N-udbringning faldt et par mm regn, hvorefter der ikke faldt regn før efter fremspiringen. Dette forhold må antages at have været afgørende for udslaget vedrørende fremspiring. Som det ses af tabel 7 har der ikke været nogen helt entydig sammenhæng mellem planteantal og merudbytte af tørstof.

Total-N i bederoer

Tabel 8 viser i gennemsnit af forsøgene merindholdet af total-N i rod- og toptørstof som

Tabel 8. Procentisk merindhold af total-N i rod- og toptørstof af bederoer

Increase in percent of total N in fodder beet DM

	ikke ned- harvet <i>no har- rowing</i>	ned- harvet <i>har- rowing</i>	ned- fældet <i>band applied</i>	gns. <i>average</i>
	Rødtørstof		<i>Root DM</i>	
KAS	0,28	0,28	0,26	0,27
AN	0,24	0,25	0,28	0,25
UAN	0,22	0,21	0,27	0,23
100 N	0,14	0,14	0,15	0,14
200 N	0,35	0,35	0,39	0,36
gns. <i>average</i>	0,24	0,24	0,27	
	Toptørstof		<i>Leaf DM</i>	
KAS	0,45	0,38	0,42	0,41
AN	0,39	0,40	0,42	0,40
UAN	0,34	0,32	0,43	0,36
100 N	0,23	0,22	0,25	0,23
200 N	0,54	0,51	0,59	0,55
gns. <i>average</i>	0,38	0,37	0,42	

følge af kvælstoftilførsel. Merindholdet var stigende med stigende kvælstofanvendelse. De tre gødningstyper medførte samme indhold af total-N, når gødningerne var nedfældede. Kalkammonsalpeter udbragt på jordoverfladen gav tilsvarende indhold, men de flydende gødninger og især UAN medførte et lavere indhold, når udbringningen var foretaget på jordoverfladen.

Merudbyttet af total-N i kg pr. ha ses i tabel 9. Merudbyttet af total-N i rod har i gennemsnit været det samme efter de forskellige udbringningsmåder, men der har været tendens til det mindste merudbytte efter de flydende gødninger og især efter UAN udbragt på jordoverfladen. Tilsvarende gælder for merudbyttet af total-N i top.

Hovedtabellerne side 566-568 viser indhold og udbytte af total-N i bederoer fra de enkelte forsøg.

Tabel 9. Merudbytte af total-N i rod- og toptørstof, kg pr. ha

Yield increase in total N in fodder beet DM, kg per ha

	ikke ned- harvet <i>no har- rowing</i>	ned- harvet <i>har- rowing</i>	ned- fældet <i>band applied</i>	gns. <i>average</i>
	Rod		<i>Roots</i>	
KAS	50,7	52,0	50,6	51,1
AN	47,6	47,7	47,2	47,5
UAN	45,8	45,4	48,8	46,7
100 N	36,5	37,3	35,0	36,3
200 N	59,5	59,4	62,7	60,6
gns. <i>average</i>	48,0	48,4	48,9	
	Top		<i>Leaves</i>	
KAS	42,6	44,2	47,9	44,9
AN	41,0	42,7	47,3	43,7
UAN	39,4	38,0	45,8	41,1
100 N	29,4	30,5	31,4	30,4
200 N	52,6	52,7	62,6	56,0
gns. <i>average</i>	41,0	41,6	47,0	

Diskussion

Nedfældning af kvælstofgødning medfører ofte et større udbytte end udbringning på jordoverfladen, især i år med ingen eller kun lille nedbørsmængde i en periode efter udbringningen. Lundgård-forsøgene 1973 (tabel 2 og 6) er eksempler på, at nedfældning også kan medføre en meget dårligere virkning, end den der opnås efter udbringning på jordoverfladen.

Årsagen er uden tvivl den, at der under de regnrige forhold i 1973 i perioden fra kvælstofudbringning og indtil planterne har været i stand til at optage kvælstof, er sket en noget større nedvaskning af kvælstof fra nedfældet gødning end fra gødning udbragt på jordoverfladen.

Denne antagelse støttes af nedvaskningsundersøgelser med NPK-gødning ved Lundgård 1972, hvori der blev fundet betydeligt kraftigere nedvaskning efter nedfældning end efter bredsåning (*Højmark, Kjellerup og Fogh 1972*), og forsøg i USA har også vist, at pla-

cering af letopløselig gødning i koncentrerede »strenge« sammenlignet med jævn fordeling kan medføre en betydeligt forøget udvaskning (Burns og Dean 1964).

En øget nedvaskning af kvælstof som følge af nedfældning vil foregå i større udstrækning, jo mere af gødningens kvælstofindhold, der findes i form af nitrat. Også urea vil kunne udvaskes, indtil det er omdannet til ammoniumkvælstof, som kan adsorberes til og dermed tilbageholdes af jordkolloiderne. Ammoniumkvælstof er derfor ved nedfældning såvel som ved bredspredning den kvælstofform, der bedst modstår nedvaskning.

Ammoniumkvælstof er imidlertid mere udsat for nedvaskning, når det nedfældes, end når det bredspredes, især på lettere jorder, hvor kationbindingkapaciteten let overskrides. Dette gælder dog ikke flydende ammoniak, fordi denne ammoniumgødning som følge af dens fysiske egenskaber fordeles i et betydeligt større jordvolumen, end det er tilfældet for andre ammoniumgødninger, når sådanne nedfældes.

At flydende ammoniak nedvaskningsmæssigt adskiller sig fra andre ammoniumgødninger, selvom nedfældning sker i tilsvarende mængde og på tilsvarende måde, støttes bl.a. af følgende:

Nedfældning af 80 N i kalkkammonsalpeter, AN eller UAN til byg i forsøget ved Lundgård 1973, hvori kvælstofnedvaskning tydeligvis forekom, gav henholdsvis 17,6, 14,9 og 18,9 hkg kærne pr. ha og nedfældning af 120 N henholdsvis 27,4, 23,1 og 25,3 hkg kærne pr. ha, mens nedfældning af 95 N i flydende ammoniak i et andet forsøg med byg ved Lundgård 1973 gav 38,4 hkg kærne pr. ha. De to forsøg var beliggende i umiddelbar nærhed af hinanden, og den flydende ammoniak var endda nedfældet ca. en uge tidligere end de andre kvælstofgødninger. I begge forsøg blev byggen sået umiddelbart efter nedfældningen af gødningerne.

I forsøget med roer ved Lundgård 1974 blev det største udbytte opnået, når gødningerne var nedfældede. Dette skyldes sandsynligvis, at der

kun faldt ganske få mm nedbør i tiden fra gødningsudbringning og såning til fremspiring. Kvælstofgødning udbragt på jordoverfladen har derfor medført en forøget koncentration af gødning i de øverste jordlag i fremspiringsperioden, og dette er sandsynligvis årsag til den dårlige fremspiring og det deraf følgende lave udbytte.

Intet tyder i disse forsøg på, at der er sket tab af NH_3 ved fordampning fra UAN udbragt på jordoverfladen. Forsøgene er gennemført på arealer med Rt fra 5,8 til 6,7. Det kan tænkes, at der på arealer med betydeligt højere Rt vil kunne forekomme tab af NH_3 fra UAN udbragt på jordoverfladen, især hvis nedharvning ikke finder sted.

Konklusion

Formålet med de gennemførte forsøg har været at sammenligne virkningen af fast og flydende trykfri N-gødning i byg og bederoer, samt at undersøge om den relativt dårlige virkning af flydende N-gødning af UAN-typen (urea-ammoniumnitrat), som blev målt i tidligere forsøg, kan forbedres, hvis en sådan gødning udbringes ved nedfældning i jorden i stedet for ved udsprøjtning på jordoverfladen.

Da nedfældning af såvel UAN som af AN (ammoniumnitratopløsning) har givet lavere udbytte, end der er opnået efter udsprøjtning, peger disse forsøg i retning af, at udsprøjtning vil være den mest hensigtsmæssige måde at udbringe flydende trykfri N-gødning på.

Der har ikke været sikre forskelle i udbyttet efter 1) de flydende N-gødninger udbragt på jordoverfladen, 2) kalkkammonsalpeter udbragt på jordoverfladen og 3) kalkkammonsalpeter udbragt ved nedfældning. Det kan derfor konkluderes, at der i disse forsøg næppe er sket fordampning af ammoniak fra gødningerne. Dette kan skyldes, at jordens Rt har været relativt lave, idet risikoen for tab ved fordampning af ammoniak fra UAN er større, jo højere Rt er. Det bør derfor tilrådes, at UAN så vidt muligt nedharves kort tid efter udsprøjtning.

Forsøgene bekræfter, at udbringning af N-gødning ved såtid på sandjord kan være forbundet med en risiko for et betydeligt tab af kvælstof ved nedvaskning (gælder ikke flydende ammoniak). Dette nedvaskningstab var betydeligt større efter nedfældning end efter udbringning på jordoverfladen. Det kan derfor formodes, at den sikreste N-virkning på sandjord opnås ved bredspredning, men på et noget senere tidspunkt end afgrødens såtidspunkt.

Udbringningstidspunkt for fast og flydende trykfri N-gødning bør iøvrigt fastsættes under hensyntagen til gødningstype og afgrøde, samt at N-gødning, der ligger i de øverste jordlag, kan virke skadeligt på roeplanter i spiringsfasen. Endvidere bør der tages hensyn til, at udspøjtning af flydende N-gødning på fremspirede planter kan medføre bladsvidning i større eller mindre udstrækning.

Litteraturliste

Bertilsson, G. 1972: Vad händer i marken. Växt-Pressen 7: 6-8 (1972).

Bertilsson, G. 1974: Flytande gödselmedel, biologiska aspekter. Nordisk Jordbrugsforskning 56, 3: 327-329.

Burns, G. R. og L. A. Dean 1964: The movement of water and nitrate around bands of sodium nitrate in soils and glass beads. Soil Science Soc. Proc. 1964: 470-474.

Cummings, R. W. et. al. 1958: »Solution 32« as a source of nitrogen for direct application. Agr. J. 50, 10: 581-583.

Ericsson, Janne 1974: Gödsellösningar. En sammanfattning av några utländska och svenska undersökningar. Rapport nr. 73 från Avdelningen för Växtnäringslära, Lantbrukshögskolan Uppsala, 36 sider.

Højmark, J. V., V. Kjellerup og H. T. Fogh 1972: Ikke publiceret.

Kofoed, A. Dam, J. Lindhard og P. Søndergaard Klausen 1965: Forsøg med flydende kvælstofgødning UAN-30. Tidsskrift for Planteavl 68, 5: 737-748.

Olesen, Johs. og Bent Ullerup 1963: Forsøg med flydende vandfri ammoniak, flydende kvælstofgødning (UAN-30) og urea. Beretning om fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforeningerne 1962: 166-181.

Manuskript modtaget den 26. februar 1976.

Hovedtabel

			0 N	80 N			120 N		
				KAS	AN	UAN	KAS	AN	UAN
Byg, hkg kærne pr. ha Barley, grain yield hkg per ha									
ikke nedharvet <i>no harrowing</i>									
Askov	1972	.....	25,8	47,6	49,2	47,4	50,0	50,1	48,3
»	1973	.....	20,1	40,9	42,3	40,4	41,8	44,1	41,0
»	1974	.....	18,4	46,1	47,1	45,3	51,9	47,8	49,0
Lundgård	1972	.....	12,0	35,5	35,9	36,9	38,6	39,2	38,3
»	1973	.....	5,3	23,4	22,0	24,3	30,7	27,6	29,6
»	1974	.....	16,6	40,9	38,7	39,3	45,8	45,1	46,1
nedharvet <i>harrowing</i>									
Askov	1972	.....		50,1	48,2	48,6	53,0	48,8	50,5
»	1973	.....		39,9	41,7	41,8	42,6	42,7	42,6
»	1974	.....		46,7	45,3	43,5	52,3	50,4	49,5
Lundgård	1972	.....		36,4	35,2	35,5	40,2	38,6	39,3
»	1973	.....		23,6	21,2	25,0	31,4	27,6	31,5
»	1974	.....		40,0	39,9	40,6	44,8	46,5	44,8
nedfældet <i>band applied</i>									
Askov	1972	.....		49,9	48,6	46,3	53,0	50,7	50,4
»	1973	.....		41,0	41,8	41,7	43,6	45,8	42,9
»	1974	.....		45,4	41,2	40,6	50,4	48,6	49,4
Lundgård	1972	.....		36,4	35,1	36,0	37,6	34,2	34,1
»	1973	.....		17,6	14,9	17,9	27,4	23,1	25,3
»	1974	.....		42,3	39,1	42,8	49,0	48,7	47,4
Byg, % total-N i kærnetørstof <i>Percent of total N in barley grain DM</i>									
ikke nedharvet <i>no harrowing</i>									
Askov	1972	.....	1,53	1,58	1,64	1,66	1,71	1,87	1,77
»	1973	.....	1,54	1,83	1,75	1,74	1,98	2,05	1,88
»	1974	.....	1,53	1,57	1,59	1,58	1,80	1,64	1,74
Lundgård	1972	.....	1,38	1,40	1,39	1,40	1,72	1,86	1,72
»	1973	.....	1,70	1,77	1,56	1,64	1,95	1,77	1,90
»	1974	.....	1,55	1,74	1,63	1,62	1,88	1,85	1,80
nedharvet <i>harrowing</i>									
Askov	1972	.....		1,64	1,63	1,51	1,93	1,81	1,69
»	1973	.....		1,75	1,88	1,75	2,06	2,10	2,01
»	1974	.....		1,56	1,53	1,61	1,80	1,71	1,59
Lundgård	1972	.....		1,43	1,51	1,58	1,74	1,80	1,74
»	1973	.....		1,67	1,64	1,60	1,93	1,71	2,01
»	1974	.....		1,61	1,60	1,62	1,83	1,77	1,72
nedfældet <i>band applied</i>									
Askov	1972	.....		1,59	1,64	1,46	1,88	1,86	1,69
»	1973	.....		1,78	1,86	1,80	2,18	2,10	2,06
»	1974	.....		1,56	1,46	1,46	1,89	1,70	1,70
Lundgård	1972	.....		1,47	1,44	1,46	1,64	1,79	1,66
»	1973	.....		1,66	1,56	1,70	1,84	1,87	2,08
»	1974	.....		1,56	1,51	1,46	1,86	1,70	1,60

Hovedtabel fortsat

		0 N	80 N			120 N			
			KAS	AN	UAN	KAS	AN	UAN	
Byg, kg total-N pr. ha i kærne	<i>Total N in barley grain, kg per ha</i>								
			ikke nedharvet			no harrowing			
Askov	1972	33,6	63,9	68,6	66,9	72,7	79,6	72,7	
»	1973	26,3	63,6	62,9	59,8	70,3	76,8	65,5	
»	1974	23,9	61,5	63,7	60,8	79,4	66,6	72,5	
Lundgård	1972	14,1	42,2	42,4	43,9	56,4	62,0	56,0	
»	1973	7,7	35,2	29,2	33,9	50,9	41,5	47,8	
»	1974	21,9	60,5	53,6	53,7	73,2	70,9	70,5	
			nedharvet			harrowing			
Askov	1972		69,8	66,8	62,4	86,9	75,1	72,5	
»	1973		59,4	66,6	62,2	74,6	76,2	72,8	
»	1974		61,9	58,9	59,5	80,0	73,3	66,9	
Lundgård	1972		44,2	45,2	47,7	59,5	59,1	58,1	
»	1973		33,5	29,6	34,0	51,5	40,1	53,8	
»	1974		54,7	54,3	55,9	69,7	70,0	65,5	
			nedfældet			band applied			
Askov	1972		67,4	67,7	57,5	84,7	80,2	72,4	
»	1973		62,0	66,1	63,8	80,8	81,8	75,1	
»	1974		60,2	51,1	50,4	81,0	70,2	71,4	
Lundgård	1972		45,5	43,0	44,7	52,4	52,0	48,1	
»	1973		24,8	19,8	25,9	42,9	36,7	44,7	
»	1974		56,1	50,2	53,1	77,5	70,4	64,5	
			0 N	100 N			200 N		
Bederoer, hkg rodstøf pr. ha	<i>Fodder beets, yield of root DM, hkg per ha</i>								
			ikke nedharvet			no harrowing			
Askov	1972	65,3	107,6	107,7	105,2	120,0	105,7	112,0	
»	1973	107,4	135,8	133,3	126,4	130,9	134,3	132,6	
»	1974	63,9	90,0	94,4	79,3	91,4	95,4	95,5	
Lundgård	1972	40,6	64,4	72,6	68,4	74,2	74,5	70,6	
»	1973	24,5	62,8	57,2	63,7	75,2	72,0	75,6	
»	1974	34,1	69,8	72,1	73,3	60,3	66,3	80,2	
			nedharvet			harrowing			
Askov	1972		116,3	100,0	104,3	113,2	120,9	109,4	
»	1973		130,5	129,5	129,0	133,6	130,5	131,4	
»	1974		90,1	87,5	87,7	86,7	93,5	101,9	
Lundgård	1972		69,4	68,1	70,3	75,7	66,1	70,4	
»	1973		61,0	70,0	66,1	73,9	68,8	74,0	
»	1974		80,5	67,0	73,9	69,8	75,2	73,8	
			nedfældet			band applied			
Askov	1972		107,1	109,7	102,6	122,3	106,4	114,2	
»	1973		131,5	131,4	131,4	134,8	137,1	132,5	
»	1974		100,8	88,9	96,8	95,2	93,0	91,9	
Lundgård	1972		60,0	54,9	58,1	75,1	68,7	70,9	
»	1973		54,7	44,6	42,5	63,1	55,9	54,2	
»	1974		76,5	74,0	74,3	76,5	71,9	84,9	

Hovedtabel fortsat

		0 N	100 N			200 N		
			KAS	AN	UAN	KAS	AN	UAN
Bederoer, hkg toptørstof pr. ha		<i>Fodder beets, yield of leaf DM, hkg per ha</i>						
			<i>ikke nedharvet no harrowing</i>					
Askov	1972	14,7	24,7	26,8	25,1	34,9	34,1	34,1
»	1973	21,9	30,3	31,7	31,6	33,6	34,4	31,4
»	1974	18,9	30,0	31,0	28,1	46,1	42,5	44,7
Lundgård	1972	15,0	27,0	28,1	27,9	31,0	27,8	28,0
»	1973	9,4	25,7	23,9	22,3	28,1	30,4	27,1
»	1974	10,5	23,2	23,2	23,4	24,4	26,2	33,8
			<i>nedharvet harrowing</i>					
Askov	1972		28,9	32,4	26,4	33,8	34,9	32,2
»	1973		30,9	29,1	29,8	35,5	34,3	33,8
»	1974		32,7	32,7	32,5	43,8	41,7	40,9
Lundgård	1972		25,6	23,9	25,4	33,5	28,9	25,4
»	1973		23,8	24,3	23,5	31,6	27,2	30,9
»	1974		26,4	25,1	23,1	30,3	31,9	30,2
			<i>nedfældet band applied</i>					
Askov	1972		27,8	26,3	29,7	38,1	36,2	36,3
»	1973		28,7	32,7	30,3	36,5	39,5	35,9
»	1974		35,2	35,7	36,5	49,9	47,7	41,9
Lundgård	1972		24,8	23,9	25,1	31,2	34,2	31,8
»	1973		22,7	21,6	19,2	32,9	30,1	26,4
»	1974		26,5	25,5	26,6	33,8	32,2	38,5
Bederoer, % total-N i rodtørstof		<i>Fodder beets, total N as percent of root DM</i>						
			<i>ikke nedharvet no harrowing</i>					
Askov	1972	0,61	0,78	0,82	0,78	1,03	1,04	1,02
»	1973	0,76	1,01	0,96	0,96	1,20	1,15	1,06
»	1974	0,60	0,79	0,72	0,72	0,91	0,84	0,90
Lundgård	1972	0,75	0,99	0,86	0,88	1,09	1,12	1,11
»	1973	0,92	0,96	0,96	0,91	1,34	1,27	1,14
»	1974	0,68	0,82	0,77	0,76	1,02	1,00	1,01
			<i>nedharvet harrowing</i>					
Askov	1972		0,77	0,78	0,75	1,05	0,99	0,88
»	1973		0,96	0,98	0,94	1,19	1,19	1,20
»	1974		0,81	0,78	0,78	0,97	0,88	0,79
Lundgård	1972		0,88	0,85	0,83	1,16	1,12	0,95
»	1973		1,02	0,97	0,90	1,27	1,30	1,26
»	1974		0,82	0,78	0,87	1,07	0,96	0,97
			<i>nedfældet band applied</i>					
Askov	1972		0,78	0,85	0,83	1,06	1,13	1,15
»	1973		0,97	0,97	0,96	1,20	1,20	1,21
»	1974		0,74	0,79	0,76	1,01	0,97	0,87
Lundgård	1972		0,86	0,92	0,96	1,18	1,18	1,29
»	1973		0,98	0,93	0,90	1,18	1,23	1,12
»	1974		0,82	0,79	0,85	0,97	1,00	1,08

Hovedtabel fortsat

		0 N	100 N			200 N		
			KAS	AN	UAN	KAS	AN	UAN
Bederoer, % total-N i toptørstof <i>Fodder beets, total N as percent of leaf DM</i>								
ikke nedharvet <i>no harrowing</i>								
Askov	1972	1,42	1,65	1,87	1,71	2,20	2,08	2,15
»	1973	1,96	2,20	2,08	2,23	2,54	2,37	2,29
»	1974	1,48	1,82	1,74	1,73	2,11	2,04	2,15
Lundgård	1972	1,64	2,04	1,96	1,96	2,46	2,48	2,42
»	1973	1,81	2,23	2,11	2,00	2,54	2,44	2,25
»	1974	1,67	1,78	1,76	1,73	1,91	2,03	1,95
nedharvet <i>harrowing</i>								
Askov	1972		1,77	1,72	1,71	2,09	2,12	1,80
»	1973		2,10	2,19	2,19	2,51	2,43	2,55
»	1974		1,80	1,86	1,76	2,04	2,06	1,87
Lundgård	1972		1,96	1,99	1,97	2,33	2,39	2,32
»	1973		2,09	2,09	2,00	2,53	2,48	2,41
»	1974		1,80	1,98	1,71	2,14	1,96	1,97
nedfældet <i>band applied</i>								
Askov	1972		1,76	1,85	1,75	2,26	2,12	2,31
»	1973		2,23	2,25	2,30	2,38	2,47	2,37
»	1974		1,74	1,73	1,71	2,10	2,05	1,95
Lundgård	1972		2,00	2,12	2,14	2,40	2,42	2,67
»	1973		2,06	1,99	2,04	2,51	2,49	2,33
»	1974		1,81	1,77	1,84	2,11	2,12	2,19
Bederoer, kg total-N pr. ha i rod <i>Fodder beets, yield of total N in roots, kg per ha</i>								
ikke nedharvet <i>no harrowing</i>								
Askov	1972	39,8	44,1	48,5	42,3	83,8	70,1	74,4
»	1973	81,6	55,6	46,4	39,7	75,5	72,8	59,0
»	1974	38,3	32,8	29,7	18,8	44,9	41,8	47,7
Lundgård	1972	30,5	33,3	31,9	29,7	50,4	52,9	47,9
»	1973	22,5	37,8	32,4	35,5	78,3	68,9	63,7
»	1974	23,2	34,0	32,3	32,5	38,3	43,1	57,8
nedharvet <i>harrowing</i>								
Askov	1972		49,7	38,2	38,4	79,1	79,9	56,5
»	1973		43,7	45,3	39,7	77,4	73,7	76,1
»	1974		34,7	30,0	30,1	45,8	44,0	42,2
Lundgård	1972		30,6	27,4	27,9	57,3	43,5	36,4
»	1973		39,7	45,4	37,0	71,4	66,9	70,7
»	1974		42,8	29,1	41,1	51,5	49,0	48,4
nedfældet <i>band applied</i>								
Askov	1972		43,7	53,5	45,4	89,8	80,4	91,5
»	1973		46,0	45,9	44,5	80,2	82,9	78,7
»	1974		36,3	31,9	35,3	57,9	51,9	41,7
Lundgård	1972		21,1	20,0	25,3	58,1	50,6	61,0
»	1973		31,1	19,0	15,8	52,0	46,3	38,2
»	1974		39,5	35,3	40,0	51,0	48,7	68,5

Hovedtabel fortsat

		0 N	100 N			200 N		
			KAS	AN	UAN	KAS	AN	UAN
Bederoer, kg total-N pr. ha i top			<i>Fodder beets, yield of total N in leaves, kg per ha</i>					
			<i>ikke nedharvet no harrowing</i>					
Askov	1972	25,3	22,6	33,8	24,1	63,4	56,7	61,1
»	1973	48,8	24,9	27,1	29,0	42,1	38,2	30,2
»	1974	36,3	27,4	28,8	19,1	78,9	61,4	75,3
Lundgård	1972	24,8	32,9	32,0	31,8	53,7	46,9	44,9
»	1973	20,6	46,5	36,4	30,6	59,4	64,1	48,9
»	1974	21,2	27,2	27,0	27,1	31,9	39,9	50,6
			<i>nedharvet harrowing</i>					
Askov	1972		34,4	39,9	30,1	55,0	59,3	41,1
»	1973		21,6	20,0	23,5	48,1	41,1	43,0
»	1974		31,0	33,8	33,4	66,1	65,1	52,3
Lundgård	1972		26,9	24,2	27,0	56,1	46,2	36,0
»	1973		36,7	37,3	32,6	68,2	57,0	65,0
»	1974		33,7	37,4	25,7	52,2	50,7	46,6
			<i>nedfældet band applied</i>					
Askov	1972		31,4	31,5	36,1	72,1	61,8	68,3
»	1973		21,7	32,9	28,3	46,4	58,2	42,4
»	1974		33,8	36,9	37,7	88,7	77,5	59,8
Lundgård	1972		26,6	27,6	30,4	52,0	60,4	62,5
»	1973		33,2	29,4	24,9	72,8	63,3	48,8
»	1974		34,9	32,3	35,8	61,7	56,0	74,9