

Flydende, trykfri N-gødning og kalkammonsalpeter til byg, hvede og græs

Nitrogen solution and solid nitrogen fertilizer for barley, wheat and grass

Hans Th. Fogh

Resumé

I årene 1975–78 blev der ved statens forsøgsstationer gennemført markforsøg med stigende mængder flydende, trykfri N-gødning (N-30) sammenlignet med kalkammonsalpeter. Gødningernes virkning blev målt efter forskellige udbringningstidspunkter i afgrøderne byg, hvede og græs.

I byg var kerneudbyttet meget nær det samme efter de to gødningstyper. Udbringning ved såning gav i gennemsnit større kerneudbytte end udbringning ved 2–3 bladstadiet og 2–3 uger senere end dette.

I hvede fandtes den bedste kvælstofvirkning efter kalkammonsalpeter og en lidt bedre virkning, når N-udbringning var foretaget ca. 20. april fremfor ca. 5. maj.

Forsøgene i græs viste, at såvel tørstofudbytte som udbytte af total-N var større efter anvendelse af kalkammonsalpeter end efter N-30.

På grundlag af forsøgsresultaterne konkluderes det, at N-30 skal være billigere end andre N-gødninger pr. kg N udbragt på marken, hvis dansk landbrug skal være interesseret i flydende N-gødning af denne type.

Nøgleord: Kalkammonsalpeter, flydende, trykfri N-gødning, byg, hvede, græs, udbringningstidspunkter.

Summary

During the years 1975–78 field experiments comparing solid CAN and N-solution ($\frac{1}{2}$ $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-N}$ + $\frac{1}{2}$ urea-N) for barley, wheat and grass were carried out at the state experimental stations.

CAN and N-solution led to the same grain yield of barley, but in wheat CAN had a better effect than N-solution. In grass the highest yield of DM and total-N was achieved by CAN.

Key words: CAN, N-solution, barley, wheat, grass, application times.

Indledning

Flydende, trykfri N-gødning har i de seneste år været markedsført i Danmark under betegnelsen UAN-30 eller N-30. Denne gødningstype er en vandig opløsning af urea og ammoniumnitrat med et N-indhold på 30 pct., hvoraf halvdelen er urea-N, og resten er lige dele $\text{NH}_4\text{-}$ og $\text{NO}_3\text{-N}$.

De første forsøg med denne gødningstype blev her i landet gennemført i 1960–62. Resultatet var, at UAN-30 gav betydeligt lavere udbytte, end der

blev opnået efter anvendelse af de daværende traditionelle gødninger, nemlig kalksalpeter og svovlsur ammoniak (Kofoed m.fl., 1965, Olesen & Ullerup, 1963).

På grundlag af udenlandske erfaringer med flydende, trykfri N-gødning og en fornyet interesse for gødningstypen i Danmark blev forsøgsarbejdet genoptaget af Statens Planteavlsvforsøg i 1972 (Fogh, 1976). I disse forsøg blev den flydende N-gødning sammenlignet med kalkammonsalpe-

ter til byg og bederoer, hvor den efter udsprøjtning kort tid før eller kort tid efter afgrødens såning medførte udbyttestørrelser, der var meget nær på højde med de udbytter, der blev opnået med kalkkammonsalpeter. Da den tidligere fundne dårlige virkning af flydende N-gødning eventuelt kunne skyldes kvælstof-tab i form af ammoniakfordampning fra den udsprøjtede gødning, blev det i forsøgene også prøvet at nedfælde gødningen i jorden. Dette medførte dog ikke en forbedret virkning, snarere tværtimod.

Landbo- og Husmandsforeningerne genoptog forsøgsarbejdet med N-30 i 1974 og har i årene siden da gennemført forsøg i byg og hvede. N-30 har i disse forsøg givet lidt lavere udbytte, end der er opnået efter anvendelse af kalkkammonsalpeter (Skriver, 1978).

Efter at den flydende, trykfri N-gødning blev markedsført i Danmark i 1974, er det fra de sælgende firmaer bl.a. blevet fremført, at flydende, trykfri N-gødning skulle være bedre end fast gødning ved udbringning i planternes vækstperiode. Dette blev begrundet med, at udsprøjtning da vil medføre, at hele gødningsmængden eller en del heraf afhængig af afgrødens størrelse og tæthed, afsættes på planternes blade og stængler, hvorved der skulle være gode muligheder for kvælstofoptagelse gennem de overjordiske plantedele og dermed for hurtig virkning af den udbragte gødning selv i perioder uden nedbør.

I de tidligere omtalte forsøg var kvælstofgødningerne kun sammenlignet ved forårsudbringning på bar jord. Der blev derfor i 1975 påbegyndt en ny serie forsøg med flydende, trykfri N-gødning til byg, hvede og græs for at belyse virkningen af gødningen ved udsprøjtning på forskellige tidspunkter på planter i vækst sammenlignet med virkningen af kalkkammonsalpeter udbragt på de samme tidspunkter. Forsøgenes gennemførelse og resultater omtales i de følgende afsnit.

Forsøgsplaner

Forsøg med byg

I årene 1975-78 er der gennemført markforsøg med byg på forsøgsstationerne Askov, Lundgård og i 1976-78 på Rønhave forsøgsstation efter følgende plan:

Gødningsarter:

1. Kalkkammonsalpeter (kas.)
2. Flydende, trykfri N-gødning (N-30)

Udbringningstider:

- a. N-gødning udbragt og nedharvet umiddelbart før såning.
- b. N-gødning udbragt, når planterne havde 2-3 blade.
- c. N-gødning udbragt 2-3 uger senere end i led b.

N-mængder:

- x. Ingen N-tilførsel
- y. 40 kg N pr. ha
- z. 80 kg N pr. ha
- u. 120 kg N pr. ha
- v. 160 kg N pr. ha

I forsøgene var medtaget alle kombinationer af 1-2, a-c og y-v samt led x, hvor der ikke blev tilført N-gødning overhovedet. Der var således i alt 25 forsøgsled, og der var i alle forsøg 2 gentagelser.

Forsøg med vinterhvede

I årene 1975-78 er der gennemført markforsøg med vinterhvede på forsøgsstationerne Askov og Rønhave. Gødningsarter og N-mængder var de samme som i bygforsøgene, mens udbringningstiderne var følgende:

- a. N-gødning udbragt i midten af april
- b. N-gødning udbragt i begyndelsen af maj

I forsøgene var medtaget alle kombinationer af 1-2, a-b og y-v samt led x, hvor der ikke blev tilført N-gødning overhovedet. Der var således i alt 17 forsøgsled, og der var i alle forsøg 2 gentagelser.

Forsøg med græs

Markforsøg med græs er gennemført på forsøgsstationerne Askov 1975-78, Borris 1976-78 og Rønhave 1977-78 efter følgende plan:

1. Kalkkammonsalpeter (kas.) udbragt forår og umiddelbart efter 1. og 2. slæt.
2. Flydende, trykfri N-gødning (N-30) udsprøjtet forår og umiddelbart efter 1. og 2. slæt.
3. Flydende, trykfri N-gødning (N-30) udbragt forår og ca. 1 uge efter 1. og 2. slæt.

4. Flydende, trykfri N-gødning (N-30). Halvdele af N-mængden udbragt som i led 2, resten udbragt ca. 10 dage før slæt.

N-mængder:

- a. Ingen kvælstofgødning
b. 200 kg N pr. ha
c. 400 kg N pr. ha

Kvælstofgødningen blev fordelt med ½ forår, ¼ efter 1. slæt og ¼ efter 2. slæt. Der var i alt 9 forsøgsled, nemlig 1-4 kombineret med b og c og dertil forsøgsleddet uden N-gødning (led a). Forsøgene blev gennemført med 4 gentagelser. Det blev tilstræbt at høste 1. slæt i sidste uge af maj, 2. slæt sidst i juni, 3. slæt først i august og 4. slæt først i oktober, når der var tale om overvintrende græsarter. I enkelte af forsøgene, hvori der var forårsudlagt ital. rajgræs, blev høsttidspunkterne udsat ca. 1 måned.

Forsøgenes gennemførelse

Pløjelagets tekstur og jordtypens betegnelse på de enkelte forsøgssteder fremgår af følgende opstilling:

	Procentisk indhold af					Jordtypens betegnelse
	ler	silt	fin- sand	grov- sand	hu- mus	
Askov m	10	12	43	33	2	grov sand- blandet ler
Borris	5	8	50	34	3	fin lerblan- det sand
Lundgård	4	4	24	66	2	grov sand
Rønhave	15	18	44	20	2	ler

Desuden fremgår forsøgsarealernes reaktionstal (Rt), fosforsyretal (Ft) og kaliumtal (Kt) i pløjelaget af tabel 1.

Forsøgene er gennemført med 1 eller 2 parceller i hvert forsøg. I alle tilfælde har parceller-

Tabel 1. Reaktionstal (Rt), fosforsyretal (Ft) og kaliumtal (Kt) ved forsøgenes anlæg
Soil analyses

	byg <i>barley</i>	Askov hvede <i>wheat</i>	græs <i>grass</i>	Borris græs <i>grass</i>	Lundgård byg <i>barley</i>	byg <i>barley</i>	Rønhave hvede <i>wheat</i>	græs <i>grass</i>
Rt = $\text{pH}(\text{CaCl}_2) + 0,5$								
1975	6,3	6,4			6,0		6,8	
76	6,3	6,2	6,3	6,4	6,2	8,0	7,3	
77	6,2	6,0	6,2	6,1	5,8	7,0	7,0	7,2
78	6,5	6,5	6,1	6,3	6,3	7,5	7,2	7,3
Ft (1 unit = 3 mg P/100 g)								
1975	7,8	13,2			6,5		7,8	
76	8,1	20,5	18,0	10,7	6,8	7,5	6,7	
77	8,1	19,4	14,2	10,8	8,1	8,7	8,4	10,0
78	9,5	15,6	15,6	9,7	8,9	8,4	7,0	10,0
Kt (1 unit = 1 mg K/100 g)								
1975	13,6	12,4			4,0		13,8	
76	11,9	10,7	18,3	8,8	7,5	10,4	9,3	
77	10,7	14,7	17,3	8,0	7,1	14,5	16,8	11,7
78	11,2	11,3	16,5	11,0	5,5	9,6	10,9	10,4

delingen været således, at den har korrigeret for eventuel frugtbarhedsvariation af skråplantypen. Parcelstørrelsen har været 2,40-2,50 m × 11-13 m brutto og 1,50 × 10-12 m netto. Høstparcellstørrelsen har således været 15-18 m².

Der er i alle forsøg tilført normale mængder P og K, og forsøgsgødningerne er for kalkammonsalpeters vedkommende udbragt med specialsåmaskine og for den flydende gødnings vedkommende med speciel parcellsprøjte.

Tabel 2 viser udbringningsdatoer for kvælstofgødning i de enkelte forsøg med byg og hvede samt de gennemsnitlige datoer i de enkelte forsøgsled på hvert forsøgssted. I forsøgene med byg er såning foretaget samme dato, som der er ud-

bragt N-gødning i led a. Denne dato har varieret fra 29. marts til 4. maj. Andet udbringningstidspunkt (led b) har varieret fra 9. maj til 25. maj og tredje udbringningstidspunkt (led c) fra 23. maj til 9. juni.

Tabel 2. Datoer for udbringning af kvælstofgødning til byg og hvede
Dates for application of nitrogen fertilizer to barley and wheat

Forsøgsled <i>Treatment</i>	Askov			Lundgård			Rønhave		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
Byg <i>Barley</i>									
1975	1/4	12/5	23/5	1/4	12/5	27/5			
76	20/4	17/5	31/5	13/4	11/5	26/5	12/4	17/5	1/6
77	4/5	24/5	9/6	29/3	9/5	24/5	2/5	23/5	8/6
78	3/5	25/5	6/6	4/4	9/5	29/5	11/4	16/5	1/6
Gns. av.	22/4	20/5	2/6	4/4	10/5	27/5	18/4	19/5	3/6
Hvede <i>Wheat</i>									
1975	21/4	5/5					22/4	6/5	
76	23/4	6/5					20/4	3/5	
77	25/4	13/5					19/4	2/5	
78	19/4	3/5					14/4	2/5	
Gns. av.	22/4	7/5					19/4	3/5	

For hvedens vedkommende har første udbringningstid ligget mellem 14. og 25. april og andet udbringningstidspunkt mellem 2. og 13. maj.

I 1975 og 76 blev der foretaget måling af eventuelt N-tab i form af ammoniakfordampning fra såvel kalkammonsalpeter som fra flydende, trykfri N-gødning udbragt til byg og hvede. Disse målinger blev udført efter 2. udbringningstid og efter anvendelse af 0 og 120 kg N pr. ha.

Målingerne blev foretaget ved hjælp af plastbægre med saltsyre, som var anbragt på jordoverfladen og under cylindriske metalskærme umiddelbart efter gødningsudbringningen, og uden at nedharvning blev foretaget. Hver metalskærm overdækkede 1/14 m² jordoverflade. Syren stod under skærmene i 7 døgn, hvorefter mængden af opfanget ammoniak blev bestemt på laboratoriet.

Resultater

Forsøg i byg

Kerneudbytte

Tabel 3 viser kerneudbytterne på de tre forsøgssteder og i gennemsnit af forsøgsstederne. Det ses, at der ved Askov og Rønhave er opnået betydeligt større kerneudbytte, når N-gødningerne er udbragt ved såning, end når udbringningen er foretaget på de senere tidspunkter. Dette har ikke været tilfældet på Lundgård, hvor der ved de laveste N-mængder er høstet det største kerneudbytte ved udbringning af N-gødning på 2-3 bladstadiet (led b), mens der ved de største N-mængder er opnået næsten samme udbytte efter udbringning ved såning (led a) og udbringning på 2-3 bladstadiet (led b). På alle 3 forsøgssteder har led c (udbringning 2-3 uger senere end 2-3 bladstadiet, i gennemsnit 1. juni) medført det laveste kerneudbytte.

Tabel 3. Kerneudbytte i byg, hkg pr. ha (85% tørstof)
Grain yield of barley, dt per ha

N kg/ha		a*)		b*)		c*)	
		kas. CAN	N-30 N-sol.	kas. CAN	N-30 N-sol.	kas. CAN	N-30 N-sol.
Lundgård 1975-78							
0	19,0						
40		31,9	33,3	34,5	34,5	34,8	32,7
80		41,5	41,3	42,4	41,4	39,2	39,3
120		45,6	47,0	45,5	45,6	39,1	41,3
160		45,9	45,2	43,5	45,2	37,3	39,0
Askov 1975-78							
0	19,4						
40		33,7	32,8	31,8	31,5	29,0	28,9
80		40,6	39,0	33,8	34,5	33,3	31,3
120		42,5	41,1	35,2	35,8	34,7	33,3
160		41,5	41,6	35,6	36,0	33,6	32,4
Rønhave 1976-78							
0	36,5						
40		49,0	48,4	47,3	46,9	42,8	43,5
80		52,6	51,4	49,1	49,1	47,9	47,2
120		52,6	52,1	46,8	48,1	46,9	45,6
160		50,3	51,0	43,6	46,4	45,4	45,6
Gennemsnit 11 forsøg <i>Average 11 exp.</i>							
0	23,9						
40		37,2	37,2	37,0	36,7	34,9	34,2
80		44,1	43,2	41,1	41,0	39,4	38,5
120		46,3	46,2	42,1	42,7	39,6	39,5
160		45,5	45,4	40,6	42,1	38,1	38,4

*)

a = N udbragt ved såning. *N applied at sowing time.*

b = N udbragt, når planterne havde 2-3 blade. *N applied when the plants had 2-3 leaves.*

c = N udbragt 2-3 uger senere end i led b. *N applied 2-3 weeks later than treatment b.*

Tabel 4. Virkningen af kalkammonsalpeter og N-30 ved forskellige N-mængder og udbringningstider, hkg bygkerne pr. ha
The effect of CAN and N-solution at different N-amounts and application times. Grain yield of barley, dt per ha

N kg/ha	Kalkammonsalpeter CAN	N-30 N-solution
0	23,9	23,9
40	36,3	36,0
80	41,6	40,9
120	42,7	42,8
160	41,4	42,0
a*)	43,3	43,0
b*)	40,2	40,6
c*)	38,0	37,7

I gennemsnit af alle forsøg og alle N-mængder er der opnået samme udbytte efter kalkammonsalpeter og N-30. Der er dog fundet en svag, men signifikant vekselvirkning mellem N-mængder og gødningsarter, hvilket kan ses i tabel 4. Denne vekselvirkning består i, at kalkammonsalpeter i forhold til N-30 har givet det største udbytte ved 40 og 80 kg N og det mindste ved 160 kg N. Udbytteforskellen efter de to gødninger er ved samme N-mængde maksimalt 0,7 hkg kerne pr. ha. Det største udbytte er opnået ved 120 kg N, hvor kalkammonsalpeter og N-30 har givet henholdsvis 42,7 og 42,8 hkg kerne pr. ha.

Der er i alle forsøg udført analyser for indhold

*) se tabel 3.

Tabel 5. Indhold og udbytte af total-N i kernetørstof af byg. Gennemsnit af 11 forsøg
Content and yield of total-N in barley grain DM. Average 11 experiments

N kg/ha		a*)		b*)		c*)		gns. av.
		kas. CAN	N-30 N-sol.	kas. CAN	N-30 N-sol.	kas. CAN	N-30 N-sol.	
% total-N								
0	1,53							1,53
40		1,53	1,50	1,56	1,58	1,62	1,58	1,56
80		1,64	1,65	1,75	1,70	1,80	1,74	1,71
120		1,90	1,85	1,96	1,87	2,05	1,98	1,93
160		2,07	2,06	2,18	2,15	2,29	2,23	2,16
gns. av.		1,78	1,77	1,86	1,82	1,94	1,88	
kg/ha total-N								
0	30,9							30,9
40		48,8	47,8	48,7	49,3	47,2	45,6	47,9
80		61,3	60,0	60,8	58,8	59,7	56,9	59,6
120		73,8	71,7	69,4	67,0	68,4	66,4	69,4
160		79,0	78,0	74,5	76,1	73,7	72,7	75,7
gns. av.		65,7	64,4	63,3	62,8	62,2	60,4	

*) se tabel 3.

af total-N i kernetørstof. Resultaterne fremgår af tabel 5 øverst. Det ses, at stigende N-mængde har medført den største stigning i indholdet af total-N i led c, hvor gødningen er udbragt ca. 1. juni.

Udbyttet af total-N i kerne efter anvendelse af de to gødningstyper har ikke været signifikant forskelligt. De største udbytter af total-N er ved alle N-trin opnået, når N-gødning er udbragt ved såning, og udbyttet har været aftagende, jo senere N-gødningerne er udbragt.

Forsøg i vinterhvede

Kerneudbytte

I tabel 6 er vist kerneudbytte i hvede ved Askov og Rønhave og i gennemsnit af de to forsøgssteder. Nederst i tabellen ses, at der i gennemsnit er høstet samme kerneudbytte, hvad enten kvælstofgødning er udbragt ca. 20. april eller ca. 5. maj, samt at kalkammonsalpeter har givet ca. 2 hkg kerne pr. ha mere end N-30. Af tabellen ses det, at N-30 i forhold til kalkammonsalpeter har virket dårligst ved Rønhave.

Der er fundet en stærkt signifikant vekselvirkning mellem N-mængder og udbringningstids-

punkter, idet det største kerneudbytte efter N-udbringning ca. 20. april er opnået efter anvendelse af 120 kg N pr. ha, mens det efter udbringning ca. 5. maj er opnået efter 160 kg N pr. ha. De omtalte udbytter var af næsten samme størrelsesorden, hvilket ses i tabel 7.

Også mellem gødningsarter og N-mængder er der fundet signifikant vekselvirkning, således at udbyttet efter anvendelse af N-30 var lavest ved N-mængderne 40, 80 og 120 kg pr. ha. Ved 160 kg N pr. ha var udbyttet næsten det samme for de to gødningstyper (tabel 7).

Indhold og udbytte af total-N

Der er udført analyser for total-N i 7 af de i alt 8 forsøg i hvede. Resultaterne fremgår af tabel 8, der øverst viser pct. total-N og nederst udbyttet af total-N i kerne. Det ses, at udbringning af N-gødning ca. 5. maj i gennemsnit har ført til et højere indhold af total-N i kernetørstoffet. Den fundne forskel er signifikant, omend den kun er 0,05 pct. Tilsvarende er der i gennemsnit fundet et signifikant højere indhold af total-N i hveden efter anvendelse af kalkammonsalpeter (1,93

Tabel 6. Kerneudbytte i vinterhvede, hkg pr. ha (85% tørstof)
Grain yield of wheat, dt per ha

Udbringningstid <i>Application time</i>		ca. 20. april		ca. 5. maj		
		kas. CAN	N-30 N-sol.	kas. CAN	N-30 N-sol.	
Askov 1975-78						
0 N	36,6					
40 N		48,4	46,4	48,6	46,6	
80 N		55,4	53,4	53,8	51,5	
120 N		56,3	56,3	54,5	53,4	
160 N		53,2	54,2	56,3	57,6	
Rønhave 1975-78						
0 N	32,5					
40 N		48,2	45,3	50,2	46,5	
80 N		59,0	55,1	60,6	56,1	
120 N		65,6	61,9	63,6	60,2	
160 N		65,0	63,4	66,0	63,7	
Gennemsnit 8 forsøg. <i>Average 8 exp.</i>						
0 N	34,5					<i>gns. av.</i>
40 N		48,3	45,8	49,4	46,5	47,5
80 N		57,1	54,2	57,2	53,8	55,6
120 N		60,9	60,1	59,0	56,8	58,9
160 N		59,1	58,8	61,1	60,6	59,9
<i>gns. av.</i>		56,3	54,5	56,6	54,4	

Tabel 7. Vekselvirkninger mellem N-mængder og udbringningstider og mellem N-mængder og gødningsarter, hkg hvedekerne pr. ha (8 forsøg)
Grain yield of wheat (dt per ha) at different application times for N-fertilizers and after application of different fertilizers, 8 experiments

		kg N pr. ha				
		0	40	80	120	160
Udbringningstider <i>Application times</i>	34,5					
ca. 20. april		47,0	55,7	60,0	58,9	
ca. 5. maj		47,9	55,5	57,9	60,8	
Gødningsart <i>Fertilizer</i>	34,5					
Kas. CAN		48,8	57,1	59,9	60,1	
N-30 N-solution		46,2	54,0	57,9	59,7	

pct.) end efter anvendelse af N-30 (1,87 pct.). Der er endvidere signifikant vekselvirkning mellem gødningsart og -mængde, idet der kun er fundet signifikant lavere indhold af total-N ved de to største mængder N-30 i forhold til kalkammonsalpeter.

Nederst i tabel 8 ses det, at udbyttet af total-N har været højere efter den sene udbringning end efter den tidlige udbringning ved de største N-mængder, mens der ikke har været signifikante forskelle ved de små N-mængder. Der har altså været vekselvirkning mellem N-mængder og udbringningstider, og denne vekselvirkning er fundet at være signifikant.

Ligeledes er der fundet signifikant vekselvirkning mellem gødningsarter og N-mængder, idet merudbyttet af total-N er øget mere efter stigende mængder kalkammonsalpeter end efter N-30.

Tabel 8. Indhold og udbytte af total-N i kernetørstof af hvede. Gennemsnit 7 forsøg
Content and yield of total-N in wheat grain DM. Average of 7 experiments

Udbringningstid Application time	ca. 20. april kas. CAN	ca. 5. maj N-30 N-sol.	ca. 5. maj kas. CAN	N-30 N-sol.	gns. av.
N kg/ha	% total-N				
0	1,68				1,68
40		1,74	1,72	1,67	1,74
80		1,82	1,76	1,83	1,83
120		1,97	1,87	2,09	2,00
160		2,17	1,99	2,18	2,07
gns. av.	1,92	1,83	1,94	1,91	
	kg/ha total-N				
0	47,1				47,1
40		70,3	66,2	68,5	68,1
80		86,5	80,4	86,3	81,4
120		100,7	92,1	102,4	93,9
160		107,5	97,7	112,1	105,1
gns. av.	91,3	84,1	92,3	87,1	

Forsøg i græs

Tabel 9 viser resultaterne af de 9 forsøg, som er gennemført med græs på forsøgsstationerne Askov, Borris og Rønhave. Tabellen viser gennemsnitstallene, idet der kun har været små variationer i enkeltforsøgenes resultater. I 6 af forsøgene er der høstet 4 slæt, i 2 forsøg (Askov 1976 og 1977) er der høstet 3 slæt og i 1 forsøg (Borris 1976) er der på grund af tørke kun høstet 2 slæt. De anvendte N-mængder ved Borris i 1976 er derfor kun 150 og 300 kg N pr. ha i stedet for som planlagt 200 og 400 kg N pr. ha.

De største udbytter af såvel grønt som tørstof er i alle forsøgene høstet efter anvendelse af kalkammonsalpeter. Således har kalkammonsalpeter og N-30 udbragt på de samme tidspunkter givet henholdsvis 481 og 432 hkg grønt pr. ha og 91,1 og 84,5 hkg tørstof pr. ha. Også N-indholdet og N-udbyttet er lavest efter N-30. Der er således høstet 219 kg total-N pr. ha efter kalkammonsalpeter mod 187 efter N-30 udbragt på samme tid.

Det fremgår også af tabel 9, at N-30 har givet større udbytte ved udbringning forår og umiddel-

Tabel 9. Udbytte af grønt, tørstof (hkg pr. ha) og total-N (kg pr. ha) samt tørstoffets indhold af total-N og NO₃-N
Yield of green matter, DM (dt per ha) and total-N (kg per ha). Content of total-N and NO₃-N in DM

N kg/ha	gns. av.	kas. ¹⁾	N-30 ²⁾	N-30 ³⁾	N-30 ⁴⁾	gns. av.
hkg/ha grønt, green matter						
0	83					
200		393	340	341	299	343
400		569	523	521	472	521
gns. av.		481	432	431	386	
hkg/ha tørstof, DM						
0	22,6					
200		79,7	71,9	70,9	64,2	71,7
400		102,4	97,2	95,4	91,0	96,5
gns. av.		91,1	84,5	83,1	77,6	
% total-N						
0	1,32					
200		2,05	1,85	1,87	2,19	1,99
400		2,86	2,63	2,71	2,86	2,76
gns. av.		2,45	2,24	2,29	2,52	
kg/ha total-N						
0	30					
200		158	129	129	135	160
400		280	244	248	246	277
gns. av.		219	187	188	190	
% NO ₃ -N						
0	0,01					
200		0,02	0,02	0,02	0,03	0,02
400		0,15	0,09	0,10	0,12	0,12
gns. av.		0,09	0,05	0,06	0,07	

1) Kalkammonsalpeter forår og umiddelbart efter 1. og 2. slæt.

CAN in spring and after 1. and 2. cut.

2) N-30 forår og umiddelbart efter 1. og 2. slæt.
N-solution in spring and after 1. and 2. cut.

3) N-30 forår og ca. 1 uge efter 1. og 2. slæt.

N-solution in spring and 1 week after 1. and 2. cut.

4) N-30, halvdelen udbragt som i led 2 og halvdelen ca. 10 dage før 1., 2. og 3. slæt.

N-solution, one half applied as in treatment 2 and one half 10 days before 1., 2. and 3. cut.

bart efter slæt end efter udbringning forår og en uge efter slæt. Udbytte og indhold af total-N har været ens efter disse behandlinger. Det mindste udbytte af grønt og tørstof er opnået, når halvdelen af N-mængden i N-30 er udbragt forår og umiddelbart efter 1. og 2. slæt og den anden halvdel ca. 10 dage før 1., 2. og 3. slæt. Denne fremgangsmåde har i gennemsnit givet 77,6 hkg tørstof pr. ha mod 84,5 og 91,1 hkg efter henholdsvis N-30 og kalkammonsalpeter udbragt forår og umiddelbart efter 1. og 2. slæt.

Udbyttet af total-N har været af samme størrelsesorden, uanset hvornår N-30 er udbragt i forhold til slættidspunkter.

Indholdet af nitratkvælstof ($\text{NO}_3\text{-N}$) har i gennemsnit af forsøgene været maksimalt 0,15 pct. af tørstoffet. Det højeste indhold af $\text{NO}_3\text{-N}$ – 0,41 pct. – blev målt i 1. slæt ved Borris 1976, der var et ekstremt tørt år med deraf følgende dårlige kvælstofudnyttelsesmuligheder for planterne.

Bladsvidning

I de forsøgsled, hvor N-30 blev udsprøjt på planterne, blev der i såvel byg som hvede og græs iagttaget bladsvidninger. Disse bladsvidninger var kraftigst, når der i den første tid efter udsprøjtningen af N-30 var relativt gode muligheder for næringsstofoptagelse gennem bladene (høj luftfugtighed og saftspændte eventuelt fugtige planter). Desuden var svidningerne altid tiltagende med stigende N-mængde.

Det var især planternes yngste blade og altid fra bladspidserne og et mindre eller større areal ind mod bladbasis, der blev svedne, hvilket vil sige nekrotiserede og døde. Enkimbladede planter som korn og græs er dog i stand til at fortsætte væksten efter selv en kraftig svidning, og der blev ikke iagttaget totalt døde korn- eller græsplanter som følge af svidning.

N-30 havde ofte en dræbende svidningseffekt på tokimbladede ukrudtsplanter, f.eks. tvetand og ærenpris, mens virkningen på fuglegræs kun var af hæmmende karakter.

Svidningerne på kulturplanterne var i værste fald så kraftige, at planterne på afstand så helt visne ud. Ved nærmere eftersyn var det kun de yngste fuldt udviklede blade, der var beskadige-

de, hvorefter den umiddelbart synlige skade fortog sig i løbet af 1–2 uger. Hvor stor en del af virkningsforskellen mellem kalkammonsalpeter og N-30, der skyldes svidningsskade, kan der ikke siges noget om.

Ammoniakfordampning

Som tidligere nævnt er der i en del af forsøgene foretaget undersøgelser over tabet af N fra de to gødningstyper i den første uge efter udbringningen. Fra andre undersøgelser ved man, at der især fra urea kan ske tab af N i form af NH_3 -fordampning (Kofoed & Larsen, 1971).

Da halvdelen af kvælstofindholdet i flydende, trykfri N-gødning findes i form af urea, er det nærliggende at antage, at den relativt dårlige virkning, der ofte er fundet efter UAN-30 i tidligere forsøg, kan skyldes fordampningstab fra denne gødning efter udbringning. I tabel 10 ses det, at de tab, der i nærværende forsøgsserie har kunnet måles i den første uge efter gødningsudbringning, er små og betydningsløse. Tabene fra kalkammonsalpeter har været fra 0 til 0,4 pct. af udbragt mængde (120 N) og fra flydende N-gødning fra under 0,1 til 1,4 pct. af udbragt mængde. Der er tendens til, at der har været størst tab fra den ureaholdige, flydende gødning.

Tabel 10. Kvælstoftab ved ammoniakfordampning fra tilført gødning 0–7 døgn efter gødningsudbringning. Tabet er angivet i % af tilført gødning
Loss of ammonia by volatilization from N-fertilizers applied at soil surface. Percentage of applied amount of N

	byg barley		hvede wheat	
	kas. CAN	N-30 solution	kas. CAN	N-30 solution
Askov 1975	0,1	0,7	0	0,2
1976	0,2	0,4	0	0,6
Lundgård 1975	<0,1	1,0		
1976	0,4	<0,1		
Rønhave 1975	<0,1	0,2	<0,1	0,4
1976	0	0,3	0	0,4
1977			0,3	1,4

Diskussion og konklusion

De gennemførte forsøg har vist, at kerneudbyttet af byg i gennemsnit har været størst efter ud-

bringning ved såning. Efter dette udbringningstidspunkt har der kun været meget små forskelle i kerneudbyttet efter kalkammonsalpeter og flydende, trykfri N-gødning (N-30). Også efter de senere udbringningstider, som var på bygplanternes 2–3 bladstadie samt 2–3 uger senere end dette, har de to gødningstyper medført ensartede kerneudbytter – til trods for en ofte tilsyneladende ret voldsom bladsvindning forårsaget af N-30, som blev udbragt ved udsprøjtning.

Forsøgene i hvede viste, at kalkammonsalpeter her medførte det største kerneudbytte og det største indhold og udbytte af råprotein. Den relativt dårlige virkning af N-30 synes ikke at kunne skyldes N-tab ved fordampning af ammoniak, idet fordampningsundersøgelserne viste meget små tab fra såvel N-30 som kalkammonsalpeter. Derimod kan den bladsvindning, som N-30 forårsagede på hvedeplanterne, have været medvirkende til den dårlige virkning af denne gødning.

Til græs har kalkammonsalpeter medført væsentligt større udbytter, end der er opnået med N-30. Også i græs kan bladsvindning tænkes at have været en medvirkende årsag til den relativt dårlige virkning af N-30.

Det er ofte hævdet, at udsprøjtning af N-30 i en tør periode skulle medføre en hurtigere N-virkning på planterne, end der opnås med fast N-gødning. Noget sådant er ikke iagttaget i forsøgene, idet der visuelt bedømt ikke skete nogen nævneværdig N-optagelse, inden gødningerne med regnvand var bragt ned i planternes rodzone. I de

tilfælde, hvor der var tale om farveforskelle på planter gødet med kalkammonsalpeter og N-30, var det i alle tilfælde planterne, der var gødet med kalkammonsalpeter, der havde den mørkest grønne farve svarende til den største mængde optaget kvælstof. Dette stemmer godt overens med, at kalkammonsalpeter i alle tre afgrøder gav samme eller større udbytte end N-30.

På grundlag af de gennemførte forsøg kan det konkluderes, at N-30 virkningsmæssigt – uanset udbringningstidspunkt – i bedste fald vil være på højde med og i mange tilfælde dårligere end kvælstof i fast gødning. N-30 skal derfor være billigere end andre N-gødninger pr. kg N udbragt på marken, hvis landbruget skal have nogen fordel af og interesse i at anvende denne flydende N-gødning.

Litteratur

- Kofoed, A. Dam, Lindhard, J. & Søndergaard Klausen, P.* (1965): Forsøg med flydende kvælstofgødning UAN-30. Tidsskr. Planteavl 68, 737–748.
- Olesen, Johs. & Ullerup, Bent* (1963): Forsøg med flydende, vandfri ammoniak, flydende kvælstofgødning (UAN-30) og urea. Beretning om fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforeningerne 1962, 166–181.
- Fogh, H.T.* (1976): Flydende, trykfri N-gødning og kalkammonsalpeter til byg og bederoer. Tidsskr. Planteavl 80, 556–568.
- Skriver, K.* (1978): Forsøg med flydende gødning. Oversigt over forsøg og undersøgelser i Landbo- og Husmandsforeningerne 1977, 112–113.
- Kofoed, A. Dam & Larsen, K. E.* (1971): Sammenligning af forskellige udbringningsmåder for urea anvendt i fast form. Tidsskr. Planteavl 75, 549–554.

Manuskript modtaget den 21. december 1978