

Statens forsøgsstation ved Askov (A. Dam Kofoed)

## Sammenligning af forskellige udbringningsmåder for urea anvendt i fast form

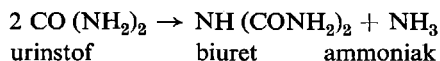
*Comparison between different field practices of applying solid urea*

A. Dam Kofoed og K. E. Larsen

### Indledning

Urea er med et indhold på 46 pct. kvælstof den mest koncentrerede af de faste kvælstofgødninger. Kvælstoffet foreligger i organisk form som urinstof, der fremstilles ved højtrykssyntese af ammoniak og kuldioxyd.

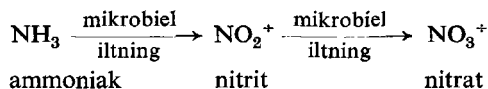
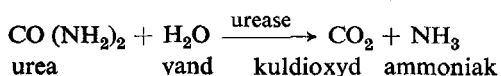
Foruden urinstof indeholder urea den kemiske forbindelse biuret, idet urinstof ved opvarmning til en temperatur lidt over smeltepunktet fraspalter ammoniak under dannelse af biuret:



Tilstedeværelse af større mængder biuret kan virke som plantegift, men biuretindholdet kan ved de moderne fremstillingsprocesser holdes på så lavt et niveau, at komplikationer som følge af for højt biuretindhold ikke mere er et problem.

Derimod har undersøgelser og forsøg vist, at der er andre spørgsmål i forbindelse med anvendelse af urea. I en oversigt over urea som kvælstofgødning anfører Gasser (1964) problemer som giftvirkning på spirende frø og planter samt tab af kvælstof fra urea anvendt som overfladegødning.

Når skadevirkning kan forekomme på spirende frø og planter efter udbringning af urea som fast gødning, skyldes det, at der sker en omsætning af gødningen efter følgende skema:



Urinstoffet hydrolyseres til kuldioxyd og ammoniak ved hjælp af enzymet urease, hvorefter ammoniakken ilttes af bakterier over nitrit til nitrat.

Ammoniakdannelsen giver en stigning af jordens pH, og koncentrationen af fri ammoniak kan under visse forhold føre til planteskade. En eventuel ammoniakforgiftning indtræder almindeligvis kort tid efter udbringning af urea.

Såfremt urea anvendes som overfladegødning, må man regne med muligheden for tab af kvælstof ved ammoniakfordampning. Fordampningstabet er afhængigt af jordart, jordens pH, jordfugtighed, temperatur og vindhastighed, og der kan ved gunstige omsætningsbetingelser ad denne vej indtræde ikke ubetydelige kvælstoftab i form af ammoniakfordampning.

### 1. Markforsøg

For at undersøge, om man kan modvirke skade på planter ved at nedbringe urea i jorden i passende afstand fra udsæden, samt om man ved nedbringning kan undgå fordampningstab af kvælstof, blev der i årene 1963-66 ved Askov, Jydevad, Tylstrup og Aarslev forsøgsstationer gennemført forsøg med forskellige udbringningsmåder for urea.

#### Forsøgsplan

Udbringning af urea blev foretaget efter følgende plan:

1. Urea og udsæd radsået sammen.
2. Urea og udsæd radsået hver for sig. Begge dele nedbragt med såmaskine.
3. Urea udbragt med såmaskine, men uden at skærene på såmaskinen gik i jorden (bredsået). Efter udbringning blev gødningen nedharvet, og arealet tilsået.
4. Som led 3, men uden nedharvning af urea.

For at sikre ensartet jordbehandling i alle forsøgsled blev der først udbragt urea i forsøgsled 3. Derefter blev hele arealet harvet på langs ad parcellerne inden udbringning af urea og udsæd i led 1, 2 og 4.

konstant afstand mellem striberne af urea og frø.

I led 4 udbragtes urea før afgrødesåning, hvorfor gødningen her delvis er nedbragt ved hjælp af såskærene ved den efterfølgende såning af afgrøde.

Forsøgene blev gennemført i afgrøderne byg, havre og vårraps, der blev gødet med 135 kg urea pr. ha svarende til 62 kg N/ha.

#### Kornforsøg

Ved Askov, Jyndevad og Tylstrup er der gennemført i alt 11 forsøg i vårsæd, heraf 1 forsøg i havre ved Jyndevad 1963, resten i byg.

Udbytte i hkg/ha i de enkelte forsøg er vist i tabel 1.

Tabel 1. Udbytte hkg kærne pr. ha (15 pct. vand). (Grain yield, hkg per ha (15 pct. moisture))

		Udbringningsmåde for urea (Fieldpractice)				
Forsøgsstation	Forsøgsår	Radsåning		Bredsåning		LSD.
		Urea og korn udsået sammen	Urea og korn adskilt	Urea før kornsåning nedharv.	ikke nedharv.	
Experimentalstation		Urea and grain drill-sown		Urea scattered before grain drilling		
		together	separate	harrowing	no harrowing	
Askov . . . . .	1963	39,6	42,1	43,3	46,2	
	1964	42,1	45,3	45,1	46,1	
	1965	26,2	28,3	26,6	26,2	
	1966	37,8	39,3	39,5	40,4	
	gensn. . . . .	36,4	38,8	38,6	39,7	2,01
Jyndevad. . . . .	1963*)	47,6	47,8	47,7	45,9	
	1964	34,5	34,5	33,6	34,2	
	1965	35,4	34,8	33,5	33,5	
	1966	28,1	28,8	28,2	30,3	
	gensn. . . . .	32,7	32,7	31,8	32,7	1,45
Tylstrup. . . . .	1964	47,2	52,0	49,4	48,4	
	1965	50,1	48,2	46,4	46,0	
	1966	41,5	42,0	40,9	40,6	
	gensn. . . . .	46,3	47,4	45,6	45,0	2,70
Gennemsnit 11 fs. . . . .		39,1	40,3	39,5	39,8	2,09

\*) havre.

Såning af gødning og udsæd blev udført med en norsk specialsåmaskine. Afstanden mellem såtraktene var 13,3 cm.

I forsøgsled 2 var såretningen den samme for gødning og frø, men det blev ikke forsøgt at holde

I gennemsnit af alle 11 forsøg er der opnået et lille merudbytte, hvor urea og korn er radsået hver for sig, men merudbyttet er ikke signifikant.

Ved Askov er der i alle forsøgsår opnået mindste udbytte i forsøgsled 1, hvor urea og korn er

udsået sammen. I gennemsnit af 4 års forsøg er udbyttet for udsåning af urea og korn hver for sig signifikant større end ved samlet udsåning. Derimod er der ikke i disse forsøgsled, hvor gødning og udsæd sås hver for sig, indbyrdes stor forskel i udbytte, og der er således ikke i gennemsnit opnået dårligere virkning ved bredsåning af urea til korn end ved radsåning.

I 1965 er der dog ved Askov opnået signifikant merudbytte for radsåning af urea, blot denne var anbragt i tilstrækkelig afstand fra udsæden. Forklaringen på dette er muligvis de meteorologiske forhold i 1965. I tabel 2 er vist lufttemperatur (max.) og nedbørmængder de første 11 dage efter forsøgets anlæg den 30. april 1965.

Tabel 2. Temperatur og nedbør ved Askov 1965 (Max. temperature and rainfall of Askov 1965)

April og maj, dato...	30.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Temperatur.....	15,8	17,4	17,2	11,6	11,2	11,6	9,8	12,6	11,8	10,6	11,6
Nedbør mm.....	—	—	—	—	1,2	6,2	9,7	—	1,7	6,8	23,6

I april blev der målt 30 mm nedbør mere end normalt (1906-45), og jorden var vandmættet. Temperaturen var meget høj de første dage efter forsøgets anlæg den 30. april, hvilket har været medvirkende til hurtig omsætning af gødningen og dermed gode betingelser for ammoniakforgiftning, hvor afstanden mellem urea og kærne var lille. Den 31. maj - en måned efter såning - noteredes, at væksten var bedst i forsøgsled 2, (radsåning af urea og korn hver for sig), derefter kom forsøgsled 3, 4 og sidst forsøgsled 1.

I forsøgene på sandjord ved Jydevad og Tylstrup har udbringning af gødning og udsæd sammen (forsøgsled 1) ikke ført til udbyttedepression. Afgrøden i forsøgsled 1, urea og korn udsået sammen, fremspirede senere og bestanden var lidt tyndere i dette forsøgsled, men alligevel har det udbyttemæssigt kunnet lade sig gøre at så gødning og udsæd sammen på sandjord.

#### Forsøg med vårraps

Forsøg med vårraps er udført ved Askov og Årslev efter samme forsøgsplan som kornforsøgene. Resultaterne af disse forsøg er vist i tabel 3.

Udbringning af urea sammen med rapsfrø ved radsåning resulterede i meget stor skadevirkning

på rapsplanterne både ved Askov og Årslev. Plan-tebestanden var i 1964 ved Askov endog så dårlig, at forsøgsled 1 (urea og raps udsået sammen) blev kasseret på grund af misvækst. Urea og raps udsået sammen har i gennemsnit af 6 forsøg kun givet ca. halvt så stort et udbytte som urea og rapsfrø udsået hver for sig.

Bredsåning af urea har ved Årslev i gennemsnit givet et merudbytte på 3,5 hkg frø pr. ha sammenlignet med radsåning af urea og frø hver for sig. Ved radsåningen blev der ikke taget hensyn til ureaens og frøenes indbyrdes placering i jorden. Det kan derfor tænkes, at der også i led 2 (radsåning af urea og frø hver for sig) har været tale om en mindre grad af spiringskade, idet gødnin-

gen i dette tilfælde har ligget mere koncentreret, end når den har været bredsået. Dette kan være forklaringen på, at bredsåning af urea har virket bedre end radsåning. Udbyttemæssigt har der ikke været forskel, om bredsået urea nedharves før såning af vårraps eller ikke, og det vil sige, at den indblanding af gødning i jorden, der sker ved frøsåningen, har været tilstrækkelig til at undgå tab af kvælstof ved urinstofomsætningen.

#### 2. Laboratorieundersøgelse

Formålet med den i det følgende omtalte laboratorieundersøgelse har været at sammenligne omsætningshastighed af og ammoniakfordampning fra urea, når denne nedbringes i jord eller udstrøes på jordoverfladen.

Undersøgelsen blev gennemført efter samme metode, som blev anvendt i forsøg med flydende kvælstofgødning UAN-30 (A. Dam Kofoed et al. 1965).

Jord fra Askov lermark med pH 6,3 blev sigtet og blandet omhyggeligt og derefter afvejet i portioner på 2 kg. Hver portion blev fordelt på en bakke med et areal på ca. 1/8 m<sup>2</sup> (40 × 32 cm). Bakkerne med jord blev anbragt i et læskur i mar-

Tabel 3. Vårraps, udbytte hkg frø pr. ha (10 pct. vand). (Rapeseeds yield hkg. per ha (10 pct. moisture)

		Udbringningsmåde for urea. (Fieldpractice)					
Forsøgsstation	Forsøgsår	Radsåning		Bredsåning		LSD.	
		Urea og frø udsået sammen	adskilt	Urea før frøsåning nedharv.	ikke nedharv.		
Experimentalstation			Urea and seed drill-sown		Urea scattered before seed drilling		
			together	separate	harrowing	no harrowing	
Askov . . . . .	1964	0	10,5	9,6	10,4		
	1965	6,5	8,0	9,2	9,3		
	1966	5,3	13,1	13,7	12,8		
	gensn. . . . .	5,6*)	10,5	10,8	10,8	3,61	
Årslev . . . . .	1964	16,4	23,5	26,2	26,4		
	1965	12,0	16,7	22,0	21,6		
	1966	9,9	19,5	22,1	21,8		
	gensn. . . . .	12,8	19,9	23,4	23,3	1,84	
Gennemsnit 6 fs. . . . .		8,4	15,2	17,1	17,1	2,77	
(Mean of 6 expts.)							
*) gennemsnit af 2 forsøgsår.							
(Mean of 2 years)							

ken. På grund af udtørring blev bakkerne med mellemrum oversprøjtet med vand svarende til ca. 1 mm nedbør. Første vanding blev foretaget 11 døgn efter forsøgets start.

Forsøgsplanen var følgende:

1. Ingen kvælstof.
2. 1 N i urea nedbragt i jorden.
3. 1 N i urea udstrøet på jordoverfladen.
4. 2 N i urea nedbragt i jorden.

1 N = 3 g urea pr. bakke.

Forsøgsøgødnings blev i forsøgsled 2 og 4

iblandet hele jordportionen og i forsøgsled 3 udstrøet jævnt over hele arealet.

Forsøget blev startet den 25. april 1964 og afsluttedes den 20. maj 1965, en forsøgsperiode på i alt 25 døgn. Der var 4 fællesbakker pr. forsøgsled, i alt 16 bakker.

Jordprøver til analysering for tørstof, pH, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N og total-N blev udtaget 4, 11, 18 og 25 døgn efter forsøgets start. Indholdet af urinstof-N er beregnet som differens mellem total-N og uorganisk N.

Resultaterne er sammenstillet i tabel 4 og 5 efter fradrag af blindværdier (forsøgsled 1).

Figur 1 viser forløbet af ureaomsætningen, når

Tabel 4. Genfundet N i pct. af tilført N (Recovered N in percent of N supplied)

Antal døgn . . . . . (days)	4			11			18			25		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Forsøgsled-nr. (movement)	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Total-N . . . . .	91	93	94	91	86	85	73	72	61	61	55	40
NH <sub>3</sub> -N . . . . .	39	16	27	39	22	32	67	57	45	61	55	37
NO <sub>3</sub> -N . . . . .	2	5	4	2	4	3	1	1	1	0	0	0
Urinstof-N . . . . .	50	72	63	50	60	50	5	14	15	0	0	3

Tabel 5. Måling af pH og pct. vand

Antal døgn . .	4			11			18			25		
Forsøgsled . . .	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
pH (H <sub>2</sub> O) . . .	7,9	7,0	8,3	7,8	7,1	8,4	8,6	8,4	9,0	8,3	8,2	8,6
pct. vand . . . .	4,2	3,4	3,6	2,1	2,2	2,1	5,5	5,7	5,3	6,7	6,8	6,7

gødningen er udstrøet på jordoverfladen eller nedbragt.

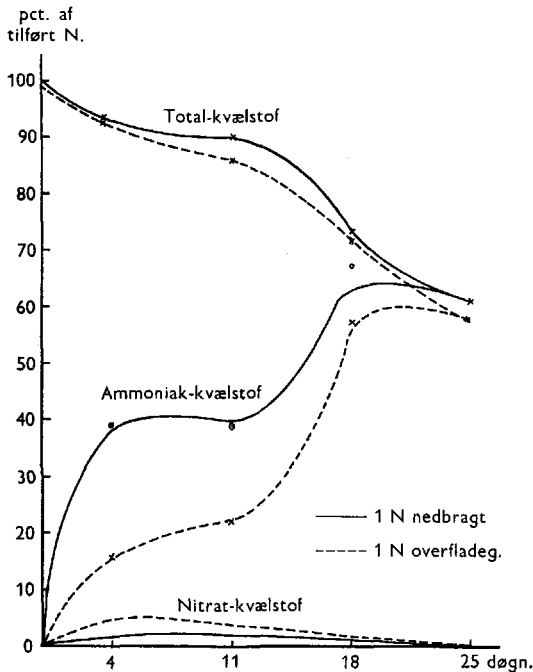
Af kurven for ammoniakkvælstof ses det, at der har været en standsning af ammoniakdannelsen fra 4 til 11 døgn. Af tabel 5 fremgår det, at der er sket en udtørring af forsøgsjorden mellem 4 og 11 døgn, og det må antages, at udtørringen har været så stærk, at urinstofomsætningen er gået i stå. Fra 11 døgn efter forsøgets start fugtedes jorden i bakkerne hver anden dag med en vandmængde svarende til ca. 1 mm nedbør, og dette satte igen gang i urinstofomsætningen.

I løbet af 25 døgn er alt tilført urinstof omdannet, og undersøgelsen viser et tab på 39 pct. af den tilførte kvælstofmængde, hvor urea er ned-

bragt i jorden. Udstrøes urea derimod oven på jorden, sker der et tab på 45 pct. af tilført kvælstof.

Da jorden ikke har været udsat for udvaskning og har været forholdsvis tør, må man antage, at en del af tabet skyldes ammoniakfordampning. Med et indhold på ca. 60 pct. ammoniak-N og en pH-værdi på ca. 8,3 efter 25 døgn forsøgsperiode, ville der stadig, såfremt forsøget var blevet fortsat, have været fare for tab af kvælstof.

Det bør nævnes, at forholdene ved gennemførelse af laboratorieundersøgelserne har været så ekstreme, at resultaterne ikke direkte kan overføres til markforhold. Dog antydes det, at der også under ekstreme markforhold kan være fare for kvælstoftab ved ammoniakfordampning.



Figur 1. Genfundet kvælstof i pct. af tilført N. Bakkeforsøg. (See text in tab. 4).

### Sammendrag

I forbindelse med omsætning af kvælstofgødningen urea anvendt som fast gødning, er der risiko for skadevirkning på spirende frø og planter og tab af gødningskvælstof, forhold der er af betydning for den opnåelige kvælstofeffekt.

Ved statens forsøgsstationer er der i årene 1963-66 gennemført forsøg med forskellige udbringningsmåder for urea anvendt som fast gødning samt undersøgelser over urinstoffets omsætning i jorden.

I markforsøg er radsåning af urea og udsæd sammen efter forudgående sammenblanding sammenlignet med såning af urea og udsæd hver for sig. Endvidere er undersøgt virkningen af urea udsået oven på jorden med og uden efterfølgende nedharvning. I sidstnævnte tilfælde vil der dog også ske en vis nedbringning af gødningen ved den efterfølgende afgrødesåning. Forsøgene er gennemført i vårsæd og vårraps. I gennemsnit af 11 forsøg i vårsæd er der ikke opnået signifikant forskellige udbytter. På lerjord er opnået signifikant merudbytte for såning af urea og udsæd

hver for sig, men ingen forskel på radsåning og bredsåning af gødningen.

I forsøgene med vårraps har radsåning af gødning og frø sammen resulteret i meget stærk skadevirkning på spirende frø og planter. Bedste udbringningsmåde for urea anvendt til vårraps har i forsøgene været bredsåning. Derimod har der ikke været forskel i udbyttet, om gødningen er nedharvet før såning af afgrøde eller kun nedbragt ved hjælp af såskærene ved den efterfølgende såning af afgrøde.

Laboratorieundersøgelse over urinstofomsætning viste, at urea omdannes til ammoniak-N i løbet af 3-4 uger, og omsætningen sker hurtigere såfremt urea nedbringes i jorden. Stigning i jordens pH afspejler nogenlunde ammoniakdannelsen. I løbet af 25 døgn er der, hvor urea nedbringes i jorden, sket et tab på 39 pct. af den tilførte kvælstofmængde, men tabet har været på 45 pct. for samme mængde urea udbragt på jordoverfladen.

Da den undersøgte jord ikke har været udsat for udvaskning, må det antages, at kvælstoftabet for størstedelen skyldes ammoniakfordampning.

### Konklusion

Ved anvendelse af urinstofholdige gødninger bør gødning og udsæd udsås hver for sig. Hvorvidt der opnåes bedst resultat ved rad- eller bredsåning af urea vil afhænge meget af vejrforholdene, men det er af afgørende betydning, at gødningen nedbringes straks efter udbringningen.

### Summary

#### *Comparison between different field practices of applying solid urea*

Field experiments on the fertilizer effect of urea applied in different ways were conducted during the years 1963-66 at four Government Experiment Stations, two of which (Askov and Årslev) represented loam soils, and two (Jyndevad and Tylstrup) light sandy soils. Laboratory experiments on the transformation of urea nitrogen in soil were made for comparison.

The field experiments were planned as follows: (1) seed and urea were mixed and drill-sown together, (2)

seed and urea were sown separately, (3), urea was scattered on the soil surface and brought into the soil by harrowing, and seed was then sown, (4) like (3) but harrowing omitted. The experimental crops on one of the loam soils and on the two sand soils were spring cereals (barley, except for a single oats crop on one sand soil in the first year). Spring rape was grown on the two loam soils.

The total-average results of 11 experiments in spring cereals did not show any significant differences in grain yields. On the loam soil (Askov) there was a small but significant surplus yield where seed and urea were sown separately, but there was no difference between the effect of the drill-sown and the surface-scattered fertilizer. In the experiments with rape the sowing of seed and urea together caused heavy crop damage which amounted to complete crop failure in the first year at the Askov station. Surface scattering proved to be the most favourable method of applying urea in these experiments. It made no difference whether the urea was harrowed into the soil before sowing (Treatment 3) or whether it was partly carried down afterwards when rape seed was sown (Treatment 4) - an unintentional effect of the drill-sowing.

The laboratory experiments showed that urea nitrogen was converted into ammonia within three to four weeks, more rapidly when urea was mixed into the soil than when it was left upon the surface. Soil pH showed an increase that roughly corresponded to the ammonia production. During a 25-days period 39 pct. of the added nitrogen was lost when urea was mixed with soil, and 45 pct. when it was left on the soil surface. The soil was not exposed to leaching during the experimental period, and it must be assumed that the losses of nitrogen were largely due to evaporation.

In the practical use of fertilizers containing urea, seed and fertilizer should be sown separately. The fertilizer effect of drill-sown compared to surface-scattered urea may largely depend on weather conditions, but in the latter case it is essential that the fertilizer should be harrowed down as soon after application as possible.

### Litteratur

- Gasser, J. K. R., 1964: Urea as a fertilizer. Soil and fertilizer, 1964. 27, s. 175-180.  
Kofoed, A. Dam, Lindhard, J. og Klausen, P. S., 1965: Forsøg med flydende kvælstofgødning. UAN-30. Tidsskr. f. Planteavl 68. 737-748.