

# Forsøg med peraform

## Langsomtvirkende kvælstofgødning

Ved *A. Dam Kofoed* og *K. E. Larsen*

### 853. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

I 1966-67 er ved statens forsøgsstation, Askov, gennemført laboratorie- og rammeforsøg til belysning af kvælstofgødningen »peraforms« omsætning og virkning. Resultaterne heraf er meddelt i nærværende beretning, der er udarbejdet af forstander *A. Dam Kofoed* og vid. assistent *K. E. Larsen*.

*Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur*

#### Indledning

Ved anvendelse af letopløselige kunstgødninger løber man den risiko, at der kan ske tab ved udvaskning, især for kvælstoffets vedkommende i form af nitratudvaskning. Tab ved udvaskning såvel som kvælstofudbringning ad flere gange er produktionsfordyrende faktorer.

Ved brug af store mængder letopløselig kunstgødning på een gang er der også fare for skadelige virkninger på ganske unge planter som følge af for høj saltkoncentration (stærk stigning af jordens ledningstal).

Med henblik på en forenkling af kvælstofanvendelsen vil det være ønskeligt, om der fandtes kvælstofgødninger, der nedbrydes så langsomt i jorden, at de virker som kvælstofkilde under hele den vigtigste del af vækstopperioden analogt med staldgødning.

Blandt de veje, man har foreslået for at finde frem til en »langsomtvirkende« kvælstofkilde, kan nævnes:

1. Granulering.
2. Binding af ammoniumioner til organiske eller uorganiske bærestoffer som f.eks. tørv, teknisk lignin eller lerminerale.
3. Indkapsling af de letopløselige kvælstofkorn i en beskyttelseshinde.
4. Fremstilling af syntetiske, tungtopløselige kvælstofforbindelser.

I det følgende gives en oversigt over nogle af de forsøg, der er gjort for at fremstille syntetiske tungtopløselige kvælstofforbindelser. I de fleste forsøg indgår urinstof i forbindelserne.

Forbindelsen urinstof-formaldehyd har længe været kendt, idet *E. Blanck* og *F. Giesecke* (2) omkring 1920 i forbindelse med konservering af ajlekvælstof undersøgte gødningsvirkningen af urinstof-formaldehydforbindelser og deres forhold overfor jordens mikroorganismer og kom til det resultat, at mono- og dimethylolurinstof kunne anvendes som kvælstofkilde, idet mikroorganismer i jorden var i stand til at spalte ammoniak fra dem.

*H. Kappen* og *P. Lichtenberg* (5) fremstillede kondensationsprodukter af cyanamid og urinstof med aldehyder, men de fremstillede produkter var af højst forskellig natur afhængig af koncentrationsforholdet, idet f.eks. 1 molekyle cyanamid plus  $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$  og 1 molekyle formaldehyd førte til amorfe pulvere, medens 2 og 3 molekyler formaldehyd gav harpikagtige stoffer. Kvælstofindholdet svingede mellem 46 og 33 pct., jo mere formaldehyd der var anvendt, desto lavere kvælstofindhold.

Forbindelse af  $\frac{1}{2}$ -1 og 2 molekyler urinstof med 1 molekyle formaldehyd gav faste harpikagtige produkter med N-indhold på 20-24 pct., og opløseligheden af produkterne i vand androg 0,2-0,3 pct.

Kalkkvælstof-acetaldehydforbindelser indeholdt mellem 27-28 pct. N. Opløseligheden i vand var større end for alle andre kondensationsprodukter, den androg fra 13-22 pct.

Endelig lå kvælstofindholdet i forbindelser mellem crotonaldehyd og kalkkvælstof samt crotonaldehyd og urinstof højt, mellem 42-53 pct. og med en vandopløselighed på 4,7-5,8 pct. af stofferne.

I spiringsforsøg med byg, rug, havre og sennep, hvor man med sådanne stoffer anvendte 50 og 100 mg N i 500 g sandjord, forløb spiringen fuldstændig normal, mens *Blanck* og *Giesecke* (2) med mono- og dimethylurinstof fik skadelige virkninger på mange kulturplanter i kimstadiet.

De af *Kappen* og *Lichtenberg* (5) fremstillede kondensationsprodukter blev afprøvet i karforsøg med byg på 2 forskellige jorder med kalkkvælstof som målegødning, og bortset fra forbindelsen urinstofacetaldehyd svigtede alle produkter som N-gødning både på sand- og lerjord. Planterne i alle forsøgsled i begge jorder med undtagelse af de med kalk-kvælstof og urinstof-acetaldehyd gødgede led viste med tiden tegn på kvælstofmangel, og kondensationsprodukternes manglende evne til at afgive kvælstof bevistes med en extra tilførsel af natriumnitrat, der satte væksten igang igen.

Urinstof-formaldehyd var i nitrifikationsforsøg nærmest lettere nitrificerbar end kalkkvælstof, for de øvrige stoffer var omsætningen meget langsom.

I jubilæumsberetningen »Arbeiten der Landwirtschaftlichen Versuchstation Limburgerhof« fra 1914-1939 (1) omtales nitrifikationsforsøg med tungtopløselige kvælstofforbindelser urinstof + formaldehyd. Merindholdet af ammoniak og nitrat efter 4 ugers forløb beregnet som pct. af tilført kvælstof, angives for urinstof-formaldehyd til 1,70 pct., mens det for hornmel er 64,92 pct.

Ved senere undersøgelser er man i Tyskland gået over til at benævne urinstof-acetaldehydforbindelserne som »Urea-Z« i modsætning til

»Ureaform«, betegnelsen for urinstof-formaldehydforbindelser, *Scheffer et al.* (10).

Urinstof-aldehydforbindelsernes evne til at afgive kvælstof vil afhænge af de forhold under hvilket de fremstilles, f.eks. influerer forholdet mellem komponenterne, kondensationsgraden, reaktionen (pH), tørringstemperatur m.m.

*Scheffer et al.* har undersøgt nogle af disse forhold for urinstof-acetaldehydforbindelser (Urea-Z). Kondensationsprodukterne indeholder altid en let- og en tungtopløselig kvælstofpart, og ved variation af kondensationsbetingelserne forsøgte man at forandre forbindelsernes opløselighed især med hensyn til den letopløselige del, og det viste sig, at man kunne fremstille »Urea-Z«-forbindelser lige fra 100% vandopløselig til uopløselige stoffer. *Nømmik* (7) fandt i karforsøg med havre, at for 4 urea-formaldehydforbindelser med et kvælstofindhold på 38-40 pct. og med en vandopløselighed varierende fra 5 til 50 pct. steg kvælstofudnyttelsen både i virkning og eftervirkning med stigende vandopløselighed.

Endvidere viste nitrifikationsforsøg i laboratoriet, at jordens pH influerer på størrelsen af kvælstofmineralisationen ( $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ ), idet der ved pH 5,3 blev frigjort dobbelt så meget kvælstof som ved pH 7,4.

En yderligere variationsmulighed i reaktionsbetingelserne ved fremstilling af kondensationsprodukter af urinstof-acetaldehyd har man opnået ved tilsætning af råfosfat til reaktionsblandingen, *Scheffer* (11).

I kar og markforsøg har *Scheffer* fundet tilfredsstillende resultater i enkelte markafgrøder f.eks. hvede og vinterraps, hvor Urea-Z-kondensater er anvendt som langsomt afgivende kvælstofkilde.

#### Forsøg med peraform

Askov forsøgsstation modtog i februar 1965 en prøve af en langsomtvirkende kvælstofgødning peraform fra forhandleren her i landet »Sprøjteselskabet af 1948« A/S, Kvistgård. Kvælstofindholdet blev opgivet til ca. 38% N

i en urinstof-formalin forbindelse. Peraform er nævnt i en oversigt over gødninger anmeldt til landbrugsministeriets gødningsudvalg, og kvælstofindholdet angives til ca. 38%. *K. A. Bondorff* (3).

For nærmere at vurdere periform undersøgtes:

1. Opløselighedsforholdene.
2. Nitrifikationen.
3. Virkningen i rammeforsøg.

I det følgende omtales resultaterne af de foreliggende undersøgelser:

### 1. Opløselighedsundersøgelse

Peraform fremtræder som lyseblå og hvide, uregelmæssige granula 1-4 mm store, samt enkelte små lysebrune partikler. Peraform undersøgtes for opløselighed i såvel koldt som varmt vand, og der blev prøvet henholdsvis original og pulveriseret vare. I koldt vand blev gødningen omrystet i 2 timer (25 g i 500 ml vand). Opløseligheden i varmt vand blev bestemt ved kogning i 15 min. (10 g i 500 ml vand). Undersøgelsen gav følgende resultat:

I koldt vand blev ca.  $\frac{1}{4}$  af såvel gødning som kvælstof opløst, lidt mere når gødningen

af størrelse  $22 \times 10 \times 6$  cm beregnet til at kunne rumme 1 kg jord pr. bakke.

Nitrifikationsforsøgene blev gennemført i let lermuldet jord fra Askov lermark. Jorden blev sigtet, omhyggeligt blandet og afvejet i portioner af 1 kg. Forsøgsplanen omfattede 0-1 N-2 N, hvor 1 N svarede til ca. 200 kg N/ha eller 1,274 g periform pr. kg tør jord. Peraformgødningen blev knust i morter og sigtet på 1 mm sigte, og gødning til forsøgsled 1 og 2 afvejet og iblandet jorden. Foliebakkerne blev anbragt i læskur i marken, og for at undgå udtørring af jorden i bakkerne, og dermed en nedsættelse af omsætningen, blev jorden med mellemrum tilført vand.

Jorden fra hvert forsøgsled blev ved hver prøveudtagning analyseret for tørstof, pH,  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  og total-N. Til analysering for  $\text{NH}_3\text{-N}$  og  $\text{NO-N}_3$  er anvendt en metode udarbejdet af *Carsten Olsen* (8).

Indholdet af »periform N« er beregnet som differencen mellem total-N og uorganisk N.

Det første forsøg omfattede ialt 45 bakker á 1 kg jord og gennemførtes fra den 12. juni 1965 til den 7. oktober 1965 en forsøgsperiode på ialt 119 døgn. Efter planen skulle der ugentlig udtages 1 prøve af hvert forsøgsled

Peraform	Behandlingsmåde	pct. af			
		gødning opløst	N	gødning i uopløst rest	N
Pulver.	} omrystning i koldt vand	29	29	71	70
org. vare		24	25	76	75
Pulver.	} kogning	44	44	56	55
org. vare		43	44	57	57

var pulveriseret før omrystning, mens knap halvdelen opløstes ved kogning, hvor det var uden betydning om periformen var pulveriseret eller ikke.

### 2. Nitrifikationsforsøg

Der blev udført 2 nitrifikationsforsøg i bakker med periform i jord, og følgende metodik anvendtes:

Til forsøgene blev brugt aluminiumsbakker

til analysering. Efter 13 ugers forsøgsperiode blev der gjort et ophold på 4 uger før næste og afsluttende analysering.

Forsøg II gennemførtes efter samme forsøgsplan med start den 8. juli 1965 og afslutning den 27. august 1965.

I tabel 1 er anført de fundne mængder total-N ammoniak-N, nitrat-N samt »periform-N« i mg/kg tør jord.

I figur 1 er resultaterne fra forsøg I og II

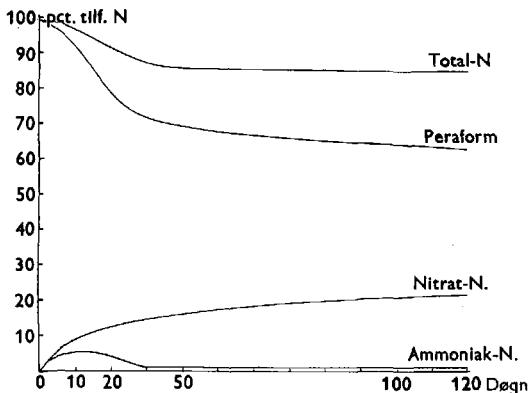
Tabel 1. Genfundet kvælstof af tilført peraformkvælstof mg/kg tør jord

1 N = 489 mg N tilført i peraform pr. kg tør jord

Antal døgn efter anlæg	Total-N		Ammoniak-N		Nitrat-N		Peraform-N	
	1 N	2 N	1 N	2 N	1 N	2 N	1 N	2 N
8	513	1051	22	59	25	27	466	965
15	477	947	13	58	61	102	403	787
18	440	906	5	37	44	77	391	792
22	420	812	5	29	70	119	345	664
28	442	792	3	8	69	133	370	651
35	471	739	2	5	64	115	402	619
42	410	811	2	4	69	143	339	664
49	420	817	4	7	89	148	327	662
57	401	885	4	9	76	153	321	723
64	431	797	4	8	80	168	347	621
71	433	839	4	8	99	202	330	629
78	401	818	3	7	103	173	295	638
85	420	840	3	7	88	175	329	658
92	424	857	2	5	98	187	324	665
119	427	816	4	10	109	211	314	595
Forsøg II								
7	496	905	25	62	24	31	447	812
21	460	873	3	12	65	132	392	729
29	413	935	3	22	65	122	345	791
36	435	908	1	24	72	117	362	767
43	463	922	3	7	78	158	382	757
50	386	818	3	6	77	155	306	657

Tabel 2. Reaktionstalsmålinger i jord tilført peraform

Antal døgn efter anlæg	Forsøg I			Forsøg II			
	pH i forsøgsl.			pH i forsøgsl.			
	0 N	1 N	2 N	Antal døgn efter anlæg	0 N	1 N	2 N
				0	8,24	8,24	8,24
8	7,83	7,87	8,00	7	8,00	7,96	8,02
15	8,00	7,58	7,33	21	7,85	7,33	6,83
18	7,83	7,62	7,79	29	7,73	7,17	7,22
22	7,94	7,32	7,43	36	7,78	7,39	(7,40)
28	7,65	7,30	6,84	43	7,67	7,16	6,80
35	7,99	7,32	7,34	50	7,70	7,26	7,19
42	7,30	7,08	7,19				
49	7,67	7,30	7,03				
57	7,67	7,17	6,90				
64	7,70	7,12	6,90				
71	7,53	6,90	6,54				
78	7,60	7,23	6,98				
85	7,70	6,98	6,59				
92	7,49	6,99	6,58				
119	7,62	6,99	6,68				



Figur 1. Genfundet kvælstof i pct. af tilført peraformkvælstof

fremstillet grafisk. Indenfor de første 22 døgn af forsøgsperioden omsættes ca. 30% af den tilførte peraformgødning. I dette tidsrum findes en del af kvælstoffet som ammoniak,

og det kunne tyde på, at omdannelsen af ammoniak til nitrat ikke har kunnet følge med ammoniakdannelsen. Efter 3-4 ugers forløb synes omdannelsen af peraform at forløbe meget langsomt.

Resultater af reaktionstalsmålinger er anført i tabel 2.

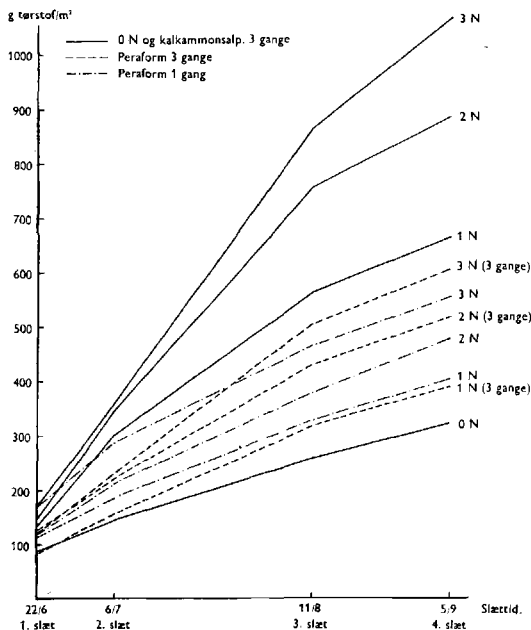
Set i store træk viser resultaterne, at omsætningen af peraform har forårsaget en sænkning af jordens reaktionstal.

### 3. Rammeforsøg

For at undersøge peraforms virkning som langsomtvirkende kvælstofkilde, er der i Askov forsøgsstations rammeanlæg udført et forsøg med italiensk rajgræs i 1966, hvor peraform udstrøet 1 gang ved forsøgets anlæg sammenlignedes med en letopløselig kvælstofgødning (kalkkammonsalpeter), der blev udstrøet

Tabel 3. Rammeforsøg med peraform 1966

	Kas. udbr. ad 3 gange	Peraform udbr. ad 1 gang	Peraform udbr. ad 1 gang
udbytte og merudbytte i g/m <sup>2</sup> , sum af 4 slæt tørstof			
0 N.....	322		
12 g N/m <sup>2</sup> .....	344	63	79
24 g » .....	563	197	153
36 g » .....	745	284	232
Kvælstof			
0 N.....	7,0		
12 g N/m <sup>2</sup> .....	10,5	2,1	2,4
24 g » .....	20,3	4,7	4,9
36 g » .....	30,7	7,4	7,6
Gennemsnit af 4 slæt pct. tørstof			
0 N.....	17,6		
12 g N/m <sup>2</sup> .....	14,8	16,1	17,2
24 g » .....	14,0	15,4	14,9
36 g » .....	13,5	15,3	14,7
pct. N i tørstof			
0 N.....	2,17		
12 g N/m <sup>2</sup> .....	2,62	2,36	2,33
24 g » .....	3,09	2,26	2,47
36 g » .....	3,52	2,38	2,63



Figur 2. Udbytte i g tørstof pr. m<sup>2</sup>, sumkurve

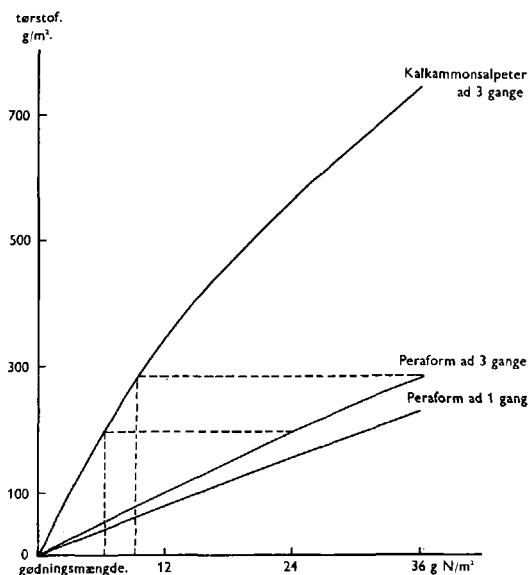
ad 3 gange, første gang ved forsøgets anlæg og de næste gange efter 1. og 2. slæt. Endvidere er medtaget et forsøgsled, hvor peraform også blev udstrøet ad 3 gange på lignende måde som kalkammonsalpeter. Forsøget omfattede 12 rammer, idet der kun er fællesparceller, ialt 3, for det ugødede led. Forsøgsplanen var følgende:

Kalkammonsalpeter	udbragt ad 3 gange
Peraform	- - 3 gange
Peraform	- - 1 gang

Som forsøgsjord blev anvendt 30 cm sandjord med Askov lermarks undergrund som underjord. Der blev grundgødnet med 35 g/m<sup>2</sup> superfosfat og 48,5 g/m<sup>2</sup> kaliumgødning samt en mikronæringsstofblanding bestående af magnesium, mangan, kobber og bor.

De tilførte kvælstofmængder var for såvel peraform som kalkammonsalpeter 12, 24 og 36 g N/m<sup>2</sup>. De første kvælstofmængder blev udbragt 10. maj. Der blev høstet ialt 4 slæt. Resultaterne ses i tabel 3.

Der er signifikant forskel mellem kalkammon-



Figur 3. Merudbytte i g tørstof pr. m<sup>2</sup>. Sum af 4 slæt

salpeter og peraform, samt mellem kvælstofmængder indenfor alle 3 led. Øvrige forskelle er ikke signifikante.

Figur 2 viser i sumkurve det høstede udbytte i g tørstof/m<sup>2</sup> for alle forsøgsled. Det ses af figuren, at kalkammonsalpeter ved alle 3 gødningmængder giver større udbytte end de peraformgødede led. Af tabel 3 fremgår det, at linien for kvælstofoptagelsen har samme forløb som tørstofudbyttet.

Sammenhængen mellem tørstofudbytte og tilført kvælstof fremgår af figur 3, som viser, at der for 24 og 36 g N tilført i peraform er opnået mindre udbytter end ved tilførelse af 12 g N i kalkammonsalpeter.

Af tallene i tabel 3 (N-optagelse og meroptagelse) finder man, at N-udnyttelsen for kalkammonsalpeter andrager 85%, medens den for peraform er ca. 20%.

Forsøget blev videreført i 1967 med henblik på at undersøge eftervirkningen af peraform. Der var ingen signifikant forskel i udbytte eller kvælstofoptagelse mellem ugødnet og de led, der var peraformgødede året før.

## Sammendrag og konklusion

Ved Askov forsøgsstation er i årene 1965-67 gennemført forsøg med kvælstofgødningen peraform. Gødningen er en urinstof-formaldehydforbindelse med et indhold på ca. 38 pct. kvælstof, hvoraf ca. en trediedel er vandopløselig. Gennem nitrifikationsforsøg og ramme-forsøg er peraforms egnethed som langsomt-virkende kvælstofgødning undersøgt.

Nitrifikationsforsøget viste, at ca. 30 pct. af peraformgødningens kvælstof omdannes til ammoniak og nitrat i løbet af 3-4 uger, og omsætningen gik derefter omtrent i stå.

Gødningsvirkningen er undersøgt i ramme-forsøg med italiensk rajgræs som afgrøde. Peraform blev udbragt ad 1 gang og 3 gange og sammenlignet med kalkkammonsalpeter udbragt ad 3 gange.

Kalkkammonsalpeter har ved alle gødnings-trin givet større udbytte end de peraformgødede led. Det samlede merudbytte i tørstof og kvælstof har i første forsøgsår for peraform ligget under  $\frac{1}{3}$  af det merudbytte, der er opnået ved gødskning med samme mængde kvælstof i kalkkammonsalpeter. Kvælstofudnyttelsen for kalkkammonsalpeter androg ca. 85 pct. mod ca. 20 pct. for peraform.

Der blev ikke fundet signifikant forskel i udbytte og N-optagelse 2. år mellem ugødet og de året før peraformgødede led.

## Summary

*Experiments with Peraform, a slowly acting nitrogenous fertilizer*

Experiments with the new nitrogenous fertilizer Peraform were conducted at the Askov Experimental Station during the years 1965-1967. This fertilizer is a urea-formaldehyde compound that contains approx. 38 pct. nitrogen of which about one-third water-soluble. Its efficiency as a slowly available source of nitrogen was tested in nitrification experiments in soil as well as in frame experiments with Italian ryegrass (*Lolium italicum*).

The nitrification tests showed that roughly 30 pct. of the nitrogen in Peraform was transformed into ammonia and nitrate nitrogen within three

to four weeks after which the process almost came to a standstill.

Peraform in the frame experiments was applied as one single and as three consecutive doses compared with nitro-chalk in three doses. At each level of fertilizer nitro-chalk gave a higher yield than Peraform. The total surplus yield of dry matter and nitrogen for Peraform in the first year of the experiment was less than one third of the surplus yield obtained with the same amount of nitrogen in nitro-chalk. The uptake of nitrogen from the latter was approx. 85 pct. compared to approx. 20 pct. from Peraform.

In the second year of the experiment no significant difference was found in crop yield or nitrogen uptake from unfertilized plots and those receiving Peraform the year before.

## Litteratur

1. Arbeiten der Landw. Versuchsstation, Limburgerhof 1914-1939, s. 186.
2. *Blanck, E., Giesecke, F.*: Mono- und Dimethylolharnstoff, ihrer Wirkung auf die Pflanzenproduktion und ihren Stickstoffumsatz im Boden. *Z.Pfl.u.Düng. (A<sub>2</sub>)* 1923, s. 393-420.
3. *Bondorff, K. A.*: Oversigt over kunstgødninger. Ugeskrift for Landmænd nr. 41, 1964.
4. *Jung, J., Pfaff, C.*: Langsam wirkende Stickstoffdünger synthetischer Herkunft. Die Landw. Versuchsstation, Limburgerhof 1914-1964, s. 165-181.
5. *Kappen, H., Lichtenberg, P.*: Über die Verwendbarkeit von Kondensationsprodukten des Zyanamids und des Harnstoffs mit Aldehyden als Düngemittel. *Z.Pfl. Düng. u. Bodenk.* 24 1941, s. 304-310.
6. *Long, F. L., Volk, G. M.*: Availability of nitrogen contained in certain condensation products of reaction of Urea with formaldehyde. *Agronomy Journal* 55, s. 155-159. (Ref. *Z.Pfl. Düng. u. Bodenk.* 110 1965, s. 85).
7. *Nömmik, H.*: Mineralization and Availability of Nitrogen in Urea-Formaldehyde Compounds. *Acta Agriculture Scandinavica*. Vol. XVII: 1, 1967, s. 33-38.
8. *Olsen, C.*, 1929: Om den analytiske bestemmelse af ammoniak i jordbunden og om jordbundens absorptionsevne overfor ammoniak. *Comptes Rend.Trav.Lab.Carlsberg* 1929, 17 no. 15.

9. *Schmalfluss, K., Michael, G.*: Kondensationsprodukte von Harnstoff und Formaldehyd als Stickstoffquelle für die Ernährung der Pflanzen. *Z. Pfl. Düng u. Bodenk.* 72 1956, s. 193-200.
10. *Scheffer, F., Pajenkamp, H. v., Uexküll, H.*: Kondensationsprodukte aus Harnstoff und Acetaldehyd als Dünger mit langsam fließender Stickstoffquelle. *Z. Pfl. Düng. u. Bodenk.* 75 1956, s. 1-15.
11. *Scheffer, F., Henze, K., Metzler, K.*: Über die Wirkung von Harnstoff-Acetaldehyd-Kondensaten (Urea-Z) als schwerlösliche Stickstoffdünger. *Z. Pfl. Düng u. Bodenk.* 106 1964, s. 27-31.