



Tørstofudbytte, kvælstofoptagelse og -udvaskning ved anvendelse af gylle iblandet nitrifikationshæmmere

*Yield of dry matter, nitrogen uptake and leaching from
slurry mixed with nitrification inhibitors*

V. Kjellerup
Afdeling for Planteernæring og -fysiologi, Askov
6600 Vejen



Statens
Planteværnscenter
Løttevej 2
2800 Lyngby, Danm. 11-10

Tørstofudbytte, kvælstofoptagelse og -udvaskning ved anvendelse af gylle iblandet nitrifikationshæmmere

*Yield of dry matter, nitrogen uptake and leaching from
slurry mixed with nitrification inhibitors*

V. Kjellerup
Afdeling for Planteernæring og -fysiologi, Askov
6600 Vejen

INDHOLDSFORTEGNELSE

1. RESUME.....	5
2. SUMMARY.....	7
3. INDLEDNING, INTRODUCTION.....	9
4. NITRIFIKATIONSHÆMMERE, NITRIFICATION INHIBITORS.....	12
4.1 Didin.....	12
4.2 N-Serve 240 E.....	15
4.3 Dwell.....	17
4.4 Nitrosaminer, Didin.....	17
5. ORIENTERENDE KARFORSØG, PILOT EXPERIMENTS.....	21
6. MARKFORSØG, FIELD EXPERIMENTS.....	23
6.1 Forsøgets gennemførelse, Experimental.....	23
6.1.1 Forsøgsplan I, Experimental layout I.....	23
6.1.2 Forsøgsplan II, Experimental layout II.....	24
6.1.3 Varmesummer, Growing degree days.....	27
6.2 Resultater, Results.....	28
6.2.1 Sammenligning af nitrifikationshæmmere.....	28
<i>Comparison of nitrification inhibitors.</i>	
6.3 Forårssåede afgrøder, Spring sown crops.....	29
6.3.1. Vårbyg, Spring barley.....	29
6.3.2 Roer, Beet.....	37
6.3.3 Kartoffler, Potatoes.....	44
6.4 Vintersæd, Winter crops.....	48
6.5 Jordprøver, Soil samples.....	56
6.6 Denitrifikation efter anvendelse af Didin.....	58
<i>Denitrification after using Didin.</i>	
7. LYSIMETERFORSØG, LYSIMETER EXPERIMENT.....	59
7.1 Metodik, Method.....	59
7.2 Forsøgsplan, Experimental layout.....	60
7.3 Resultater, Results.....	62
7.3.1 Udbytter, Yield.....	62

7.3.2 Virkning af nitrifikationshæmmere på	
NO_3 -N-koncentration i gennemslivningsvandet.....	65
<i>Effect of nitrification inhibitor on NO_3-N</i>	
<i>concentration in leachate.</i>	
8. SAMMENDRAG, DANISH SUMMARY.....	74
8.1 Markforsøg, <i>Field experiments</i>	74
8.2 Lysimeterforsøg, <i>Lysimeter experiments</i>	75
9. LITTERATUR, <i>LITERATURE</i>	76

1. RESUME

Kvælstofvirkning af husdyrgylle med og uden iblanding af nitrifikationshæmmere er sammenlignet efter udbringning til følgende afgrøder: Vårbyg, roer, kartofler, vintersæd, rug og hvede.

Gyllen er til forårssåede afgrøder udbragt på følgende tidspunkter: September/oktober, december og marts/april. Til vintersæd er gyllen udbragt og nedpløjet lige før såning, samt overfladeudbragt i december, februar og marts/april.

Til forårssåede afgrøder er anvendt kvæggylle. Til vintersæd svinegylle.

Der er tilført følgende mængder $\text{NH}_4\text{-N}$, kg pr. ha, i gylle: Roer og majs, 200 kg, kartofler og vintersæd 150 kg, og vårbyg 100 kg. Desuden er medtaget stigende N-mængder i kas. forårsudbragt. De tre første år er virkningen af følgende nitrifikationshæmmere sammenlignet: Didin, Dwell og N-Serve 240 E. I den resterende forsøgsperiode er kun anvendt Didin. Forsøgene er gennemført som et-årige markforsøg over en syvårig periode på jordtyperne JB 1 og JB 5. Samtidig er gennemført et fastliggende lysimeterforsøg med jordtyperne JB 1 og JB 7.

I markforsøget blev der målt tørstof- og kvælstofudbytte i afgrøden. I lysimeterforsøg blev der tillige målt kvælstofudvaskning.

Med de anvendte doseringsmængder af de tre forskellige nitrifikationshæmmere fandtes ingen statistisk sikre forskelle mellem virkningen af de tre midler på tørstofudbyttet.

Uden iblanding af nitrifikationshæmmere i gyllen var der ved den første udbringning, september/oktober, ingen kvælstofvirkning i vårbyg. I roerne var der lidt bedre virkning svarende til ca. 40 pct. af forårsudbragt gylle.

Vinter- og forårsudbragt gylle har stort set givet samme udbytte.

Kvælstofvirkning af *gylle iblandet nitrifikationshæmmere* tilført i september/oktober har i forårssåede afgrøder været noget varierende, men gylle + nitrifikationshæmmere har i intet tilfælde givet større udbytte end forårsudbragt gylle uden nitrifikationshæmmere.

Generelt er virkning af gylle iblandet nitrifikationshæmmere til *forårssåede afgrøder* stærkt afhængig af temperaturforholdene efter gylleudbringning. Ved såvel lave som høje varmesummer kan der forventes beskedent merudbytte for iblanding af nitrifikationshæmmere. Varmesum = sum af døgnet's gennemsnitstemperatur (max. + min.)/2. Når temperaturen er lav, er der ingen behov for nitrifikationshæmmere, fordi nitrifikationen er stærk nedsat. Ved høje temperaturer nedbrydes nitrifikationshæmmere så hurtigt, at ammoniumkvælstof bliver omdannet til nitrat, inden jordtemperaturen falder til under 4-5°C. Den bedste virkning af nitrifikationshæmmere til forårssåede afgrøder er opnået ved varmesummer mellem 300 og 700.

Til *vintersæd* har nedpløjning af svinegylle, 150 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ pr. ha, *uden* nitrifikationshæmmere før såning kun givet 5-7 kg kerne pr. ha mere end ugødet. Det gælder såvel Lundgård (JB 1) som Askov (JB 5).

Der har ikke ved Askov været signifikant forskel i kerneudbytte mellem de tre udbringningstider: december, februar og april.

Ved Lundgård har december-udbringning givet signifikant mindre udbytte, ca. 30 pct., end udbringning i februar, hvor der som gns. af fem år er opnået lidt større udbytte, ca. 10 pct., i forhold til april-udbringning.

Der er opnået størst merudbytte for iblanding af nitrifikationshæmmere ved september/oktober-udbringning. 90 og 80 pct. i merudbytte ved henholdsvis Askov og Lundgård. Ved de øvrige udbringningstider var der ikke signifikant udslag for iblanding af nitrifikationshæmmere.

I modsætning til forårssåede afgrøder blev der i vintersæd ved Lundgård opnået lige så store udbytter af gylle iblandet nitrifikationshæmmere ved september/oktober-udbringning som ved forårsudbringning uden nitrifikationshæmmere. Derimod gav gylle + nitrifikationshæmmere udbragt i september/oktober-måned ved Askov signifikant mindre udbytte end forårsudbragt gylle. Udbytteerne ved de øvrige udbringningstidspunkter afveg ikke signifikant fra udbytteerne ved forårsudbringning.

Kvælstofoptagelse. For alle afgrøder gælder, at variationen i kvælstofudbyttet, kg N pr. ha høstet, stort set følger samme mønster som tørstofudbyttet, dog er der relativt stort kvælstofudbytte ved højt udbyttensniveau, som følge af relativt større procentisk N-indhold i afgrøden.

Lysimeterforsøg. På sandjord har iblanding af nitrifikationshæmmere kun reduceret den samlede N-udvaskning ved december-udbringning i forårssåede afgrøder. Anvendt på lerjord har iblanding af nitrifikationshæmmere kun virket reducerende på N-udvaskningen ved september/oktober-udbringning til forårssåede afgrøder, medens der intet udslag var ved vintersæd.

Op til 50 pct. af Didin kan udvaskes på sandjord, medens der kun forekommer beskeden udvaskning på lerjord 2-5 pct.

Der er i intet tilfælde fundet flygtige nitrosaminer hverken i jord eller afgrøde efter tilførsel af gylle iblandet nitrifikationshæmmere, Didin, Dwell eller N-Serve 240 E.

Nøgleord: Nitrifikationshæmmere, kvæg- og svinegylle, udbringningstid, tørstofudbytte, N-optagelse, N-nedvaskning, Didin-nedvaskning, nitrosaminer, mark- og lysimeterforsøg.

2. SUMMARY

The effect of cattle and pig slurry with and without nitrification inhibitors was investigated in field and lysimeter experiments with the following crops: Spring barley, beet, potatoes, winter wheat and winter rye. The slurry was applied to spring sown crops in: September, December and April, and was immediately plowed in after spreading. With winter wheat and winter rye the slurry was applied in September, December, February and April. In September the slurry was plowed in just before sowing, however at other times it was spread on the surface.

Cattle slurry was used for spring crops, and pig slurry for winter crops. The amount of $\text{NH}_4\text{-N}$ per ha applied in slurry was 200 kg to beets and potatoes, 150 kg to winter crops and 100 kg to spring barley.

The first three years Didin, Dwell and N-Serve 240 E were used, the last four years only Didin was used.

The experiments were carried out on coarse sand soil (JB 1) and sandy loam soil (JB 5).

The effect of the various fertilization strategies was determined as dry matter and nitrogen yield in the crops at normal harvest time. $\text{NO}_3\text{-N}$ leaching was also determined in leachate from lysimeter.

No significant difference in the nitrogen effect was found between the three nitrification inhibitors.

Generally, the effect of slurry mixed with nitrification inhibitors and applied to spring sown crops was strongly dependent on climatic conditions especially the temperature after application.

With low and high growing degree days a relatively low additional yield when using nitrification inhibitors can be expected. When the temperature is low there is no need for inhibitors, because the nitrification is strongly reduced. With a high temperature the inhibitors will decompose too fast for activating any inhibiting effect on the nitrification of $\text{NH}_4\text{-N}$.

The best effect of nitrification inhibitors applied to spring sowed crops is achieved with growing degree days between 300 and 700.

On coarse sand soil (JB 1) slurry + Didin applied and plowed in before sowing gave nearly the same additional yield in winter rye as slurry without Didin applied in spring. On sandy loam soil (JB 5) slurry + Didin applied before sowing gave rise to a significantly lower (5 per cent) yield compared to spring applied slurry.

There were no significant differences in yield when slurry + Didin was applied in the winter and the spring.

The variation in the N-uptake, kg N per ha, in all crops was almost the same as the variation in dry matter yield, although there was a relatively higher N-uptake with high yield level, because of the higher concentration of N in the crops.

Didin had relatively little effect on leaching of $\text{NO}_3\text{-N}$ from soil type JB 1 when used in September. 70 per cent of $\text{NH}_4\text{-N}$ in slurry was leached below 1 m. With December application there was less leaching and a relatively good effect of Didin. N-leaching was about 25 per cent of added $\text{NH}_4\text{-N}$ in slurry without Didin and 12 per cent with Didin.

On soil type JB 5 there was less N-leaching compared to JB 1 and a relatively good effect of Didin after a September application. N leaching in per cent of added $\text{NH}_4\text{-N}$ was about 25 per cent and 11 per cent without and with Didin, respectively.

Up to 50 per cent of added Didin can be leached from soil type JB 1. On JB 5 2-5 per cent.

Key words: Nitrification inhibitors, slurry, time of application, dry matter, N-uptake, N-leaching, Didin-leaching, nitrosamines. Field and lysimeter experiments.

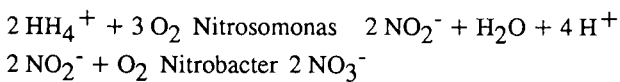
3. INDLEDNING

Ammoniumkvælstof, som tilføres i såvel handels- som husdyrgødning og ligeledes dannes ved mineralisering af plante- og rodrester, omdannes ved bakteriel aktivitet til nitratkvælstof i jorden. Da nitrat er særdeles mobilt, kan det let nedvaskes, hvis betingelsene er tilstede, hvorimod ammoniumkvælstof ikke nedvaskes i væsentlig grad, som følge af adsorption til jordens kolloider og humus.

Det er således af betydning, at kvælstof kan forblive på ammoniumform længst muligt for at minimere tabet af kvælstof ved nedvaskning og/eller denitrifikation.

Kvælstofkredsløb

Nitrifikationsprocessen betegner en del af kvælstofkredsløbet i jorden, hvor ammonium ved mikrobiel aktivitet (iltning) omdannes til nitrit og videre til nitrat. Reaktionen forløber i to trin ved hjælp af bakterier.



I fig. 1 er vist en skitse over kvælstofkredsløbet i jorden.

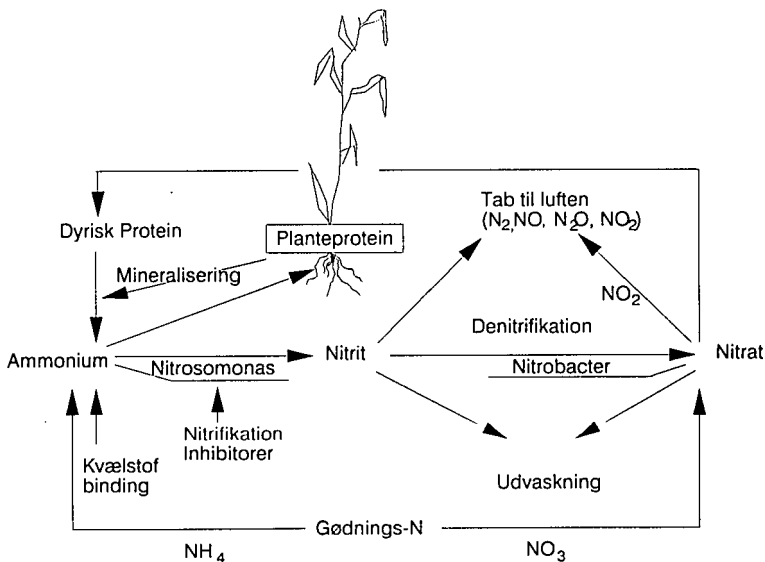


Fig. 1. Kvælstofkredsløbet i jorden

Nitrogen cycle in soil-plant environment

Af skitsen fremgår, at mulighed for tab er tilstede, så snart ammoniumkvælstoffet er omdannet til nitrit eller nitrat, enten i form af tab med luftformige forbindelser til atmosfæren eller ved udvaskning.

Der har derfor gennem de senere år været betydelig interesse for stoffer, der kan medvirke til at hæmme nitrifikationsprocessen.

Adskillige udenlandske forsøg (9, 10) har vist, at en del kemiske midler, såkaldte nitrifikationshæmmere, er i stand til at hæmme de mikroorganismer i jorden, der omdanner ammonium til nitrat. Blandt andet fandt *Sommer* og *Rossig* (21), at følgende midler: N-Serve (nitrapyrim), Dwell (terrazol) og Didin (dicyandiamid) er specifikt hæmmende over for bakterieslægten *Nitrosomonas*, medens *Nitrobacter* er upåvirket af de nævnte midler.

Jung (12) fandt ved måling af CO₂-produktionen, at den mikrobielle aktivitet i jorden i øvrigt ikke påvirkes ved anvendelse af nitrifikationsinhibitoren N-Serve.

Lignende forhold er undersøgt i laboratoriet ved Askov Forsøgsstation med midlerne N-Serve, Dwell og Didin. I jord iblandet kvæggylle er de tre forskellige midler sammenlignet indbyrdes og ligeledes med og uden tilsætning af inhibitorer. Undersøgelsen er gennemført både ved 10°C og 20°C jordtemperatur uden plantevækst. Resultater viste, at der ingen signifikante forskelle var mellem midlerne; og selv om doseringsmængden 10-dobles i forhold til normaldosering, påvirker de ikke den biologiske aktivitet i jorden med hensyn til CO₂-produktion.

Anvendelse af nitrifikationshæmmere bevirker ikke ophobning af det ret kraftige plantegift NO₂ (nitrit) i jorden jf. fig. 1 men udelukkende at NH₄⁺ (ammonium) forbliver som NH₄⁺ i længere tid, end når der ikke er anvendt nitrifikationshæmmere. Under markforsøg med fl. ammoniak er det i USA bekræftet, at N-Serve og Dwell besidder denne egenskab (24).

Virkningen af fl. ammoniak tilsat N-Serve er tidligere undersøgt ved Statens Planteavlsvforsøg (8). Forsøgene viste, at det i forbindelse med nedfældning af fl. ammoniak efterår og vinter var muligt at opnå bedre virkning, såfremt der blev tilsat N-Serve. Det har dog ikke ved denne fremgangsmåde været mulig at undgå kvælstoftab fra den nedfældede ammoniak, idet udbytte efter nedfældning efterår, ikke var på højde med udbyttet efter normal forårsnedfældning.

Fem års forsøg i De landøkonomiske Foreninger (20) viser, at der i flere af årene er konstateret en væsentlig stigning i den efterårsudbragte gylles gødningseffekt, når gylle ved udbringning er tilsat nitrifikationshæmmere.

I enkelte år har effekten dog været beskeden, idet temperaturen har været så høj, at effekten af nitrifikationshæmmere har været kortvarig, og nedbørsmængderne har været så store, at der er forekommet et væsentligt tab af kvælstof i løbet af vinteren.

I USA anvendes N-Serve fortrinsvis sammen med fl. ammoniak. I Europa er det specielt i

Tyskland, virkningen af nitrifikationshæmmere er undersøgt i husdyrgødning og slam. Ud fra disse forsøg konkluderes generelt, at der har været varierende virkning og at variationen først og fremmest kan henføres til variationer i de lokale klimaforhold, specielt temperaturen.

I relation til nitratinholdet i afgrøde, specielt i human føde som spinat og lign., kan det være af interesse at få sænket nitratinholdet. *Kick* (13) har i forsøg med N-Serve og Didin og ammoniumgødning til spinat vist, at nitratinholdet i tørstof nedsættes fra 1,2-2 pct. til 0,3-0,5 pct., hvilket svarer til 1/6-1/10 af de værdier, som blev fundet uden tilsætning af midler.

Med den voksende interesse for husdyrgødningens rette udnyttelse, er det udfra såvel ressourcemæssige som miljømæssige hensyn ikke uden betydning at få belyst, om anvendelsen af nitrifikationshæmmere under danske klimaforhold kan sikre en bedre udnyttelse af kvælstof i gylle hvor 50-60 pct. af total kvælstoffet er til stede som ammonium.

Med baggrund i ovennævnte er der ved Askov Forsøgsstation anlagt mark- og lysimeterforsøg, som tager sigte på at belyse såvel optagelse som nedvaskning af kvælstof fra tilført gylle tilsat nitrifikationshæmmere, og i det følgende beskrives de enkelte midler, og der redegøres for de opnåede resultater.

4. NITRIFIKATIONSHÆMMERE

4.1 Didin

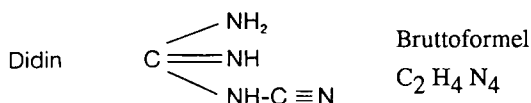
Didin er handelsnavnet på et stof som består af 95,5 pct. dicyandiamid. Resten er opløsningsfremmende stoffer.

Dicyandiamid har været kendt som følgestof i den gennem 1930'erne og 1940'erne anvendte kvælstofgødning, kalkkvælstof.

Didin er et fint krystallinsk pulver med et kvælstofindhold på 66 pct. Stoffet har ubegrænset holdbarhed i tør tilstand og er opløseligt i vand med 34 g pr. l.

Stoffet blandes i en vandig opløsning af ammoniumgødning eller i gylle. Doseringen angives til 15-30 kg pr. ha.

Formlen på dicyandiamid.



Stoffer, som påvirker bakterier, kan være bakteriestatiske (bedøvende) eller bakteriocider (dræbende). *Zackerl* og *Amberger* (26) viste, at Didin er bakteriestatisk over for nitrosomonasbakteriers aktivitet. Bakterierne selv går ikke til grunde. Når Didin-effekten ophører, opformeres bakterierne hurtigt.

Nedbrydningen af Didin er bl.a. beskrevet af *Amberger* og *Vielsmeier* (3) og forløber som følger: Dicyandiamid, guanlylurinstof, guanidin, urinstof, ammonium, nitrat, dvs. at stoffet nedbrydes til en N-forbindelse som planterne kan udnytte.

Nedbrydning af dicyandiamid er primært afhængig af jordtemperaturen. Tyske karforsøg (25) viste, at nedbrydningshastigheden er stigende med stigende temperatur. (Fig. 2).

Lignende forhold er senest vist i østrigske undersøgelser (11). Endvidere konkluderer *Amberger* og *Vielsmeier* (3) fra deres undersøgelser, at Didin har en hæmmende virkning på nitrificering i 20-40 dage ved en jordtemperatur på 20°C stigende til ca. 60 dage ved en jordtemperatur på 8°C. Tillige fandt de, at nedbrydningen af Didin blev reduceret under iltfattige (fugtige) forhold.

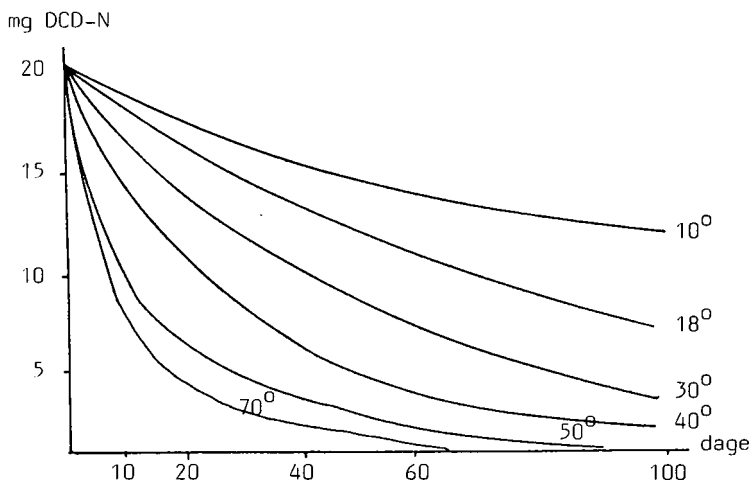


Fig. 2. Temperaturens indflydelse på nedbrydning af Didin i jord.
Breakdown of Didin as related to temperature.

Didin nedvaskning

Da Didin er vandopløselig, vil der være risiko for nedvaskning. Anvendelse sker fortrinsvis i vinterhalvåret med relativ lav jordtemperatur. Da jorden samtidig er vandmættet, er betingelserne for nedvaskning tilstede ved nedbørsoverskud.

Amberger og *Gutser* (1) fandt i pottforsøg med ital. rajgræs efter tilførsel af henholdsvis 50 og 100 mg Didin pr. potte, (5 kg humusrig jord pr. potte) at ca. 15 pct. af den tilførte mængde blev nedvasket, når der blev vandet med ca. 55 mm.

I tilsvarende pottforsøg på siltjord viste *Amberger*, *Gutser* og *Vielsmeier* (2) stor variation i udvaskning af Didin. Man fandt at 17-96 pct. af den tilførte Didinmængde (135 mg pr. potte) blev udvasket, når der blev vandet med 116-157 mm vand. Det bemærkes, at jorden var ubevokset, og forsøget blev gennemført udendørs i vinterterhalvåret.

For at undersøge nedvaskningen af Didin under danske klima- og jordbundsforhold er der parallelt med måling af nitratnedvaskning i lysimetre ved Askov også målt udvaskning af Didin til under 1 m's dybde. Resultaterne fremgår af tabel 1.

Tabel 1. Udvaskning af $\text{NO}_3\text{-N}$ og Didin. Lysimeter.
Leaching of $\text{NO}_3\text{-N}$ and Didin. Lysimeter.

	Sandjord <i>Sand soil</i>		Lerjord <i>Clay soil</i>	
Doseringsdato <i>Dosage date</i>	26/09	12/12	26/09	12/12
Kvæggylle, $\text{NH}_4\text{-N}$, g/m^2 <i>Cattle slurry $\text{NH}_4\text{-N}$, g/m^2</i>	22	22	22	22
Didin, mg/m^2 <i>Dosage, Didin mg/m^2</i>	2500	2500	2500	2500
Afstørningsperiode, dage <i>The period of leaching, days</i>	200	200	125	125
Gennemsnitsvandsvandet, mm <i>Lechate, mm</i>	368	230	325	223
Udvaskning af Didin, mg/m^2 <i>Leaching of Didin mg/m^2</i>	1256	595	54	107
Udvaskning af Didin, pct. af tilførsel <i>Per cent leached of applied</i>	50,2	29,5	2,2	5,4
Udvaskning af $\text{NO}_3\text{-N}$, g/m^2 <i>Leaching of $\text{NO}_3\text{-N}$, g/m^2</i>				
Uden Didin <i>Without Didin</i>	17,4	4,3	11,7	1,8
Med Didin <i>With Didin</i>	15,7	1,9	6,6	1,2

På sandjord blev henholdsvis 50,2 og 29,5. pct. af det tilførte Didin nedvasket til under én meter. På lerjord var de tilsvarende tal 2,2 og 5,4, altså væsentlig mindre for lerjord end for sandjord.

I fig. 3 er vist sammenhæng mellem koncentration af Didin, mg pr. l, og mængden af gennemsnitsvandsvandet. Det ses, at der skal væsentlig mindre vandmængder til nedvaskning af samme didinmængde på sandjord end på lerjord. Generelt følger didinudvaskningen nitrat-udvaskningen.

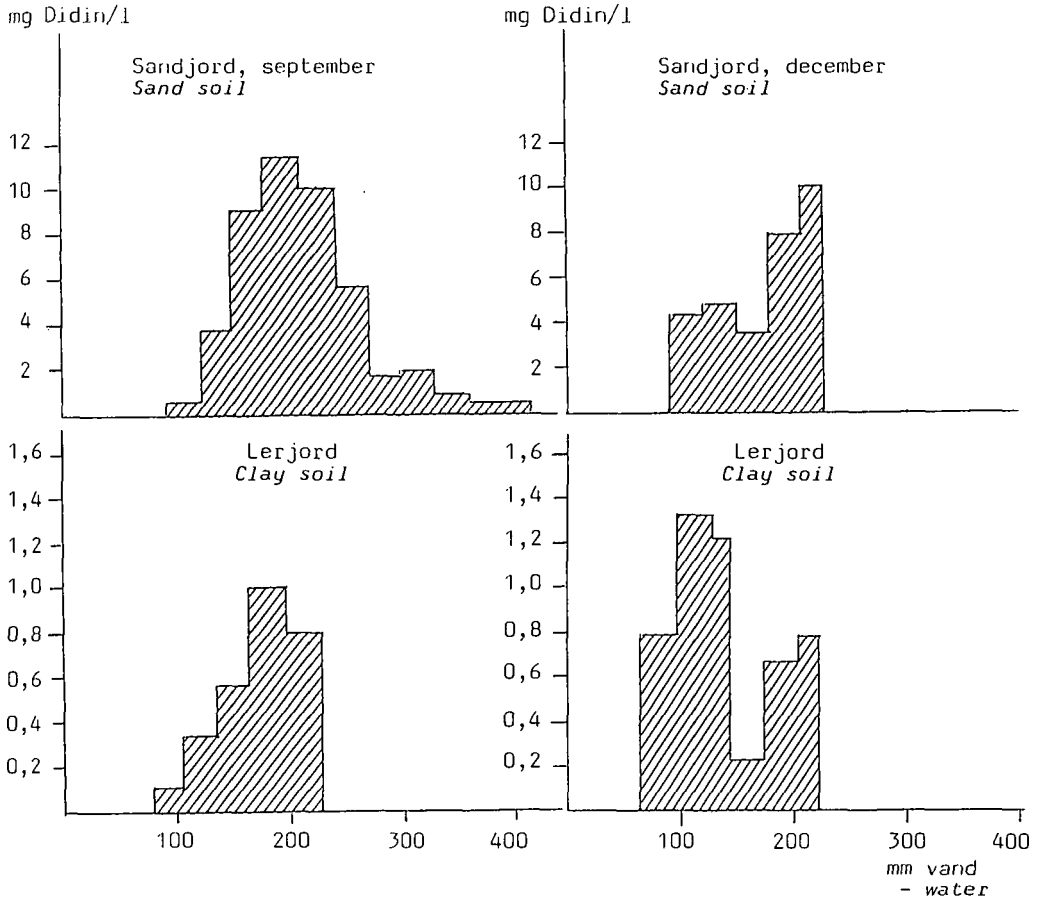


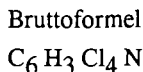
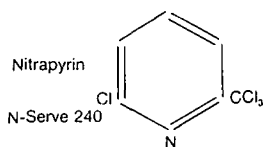
Fig. 3. Didin koncentration, mg/l i gennemsivningsvandet. Lysimeterforsøg.
 Didin concentration, mg/l in lechate. Lysimeter experiment.

Undersøgelserne over Didin-nedvaskning er gennemført ved relativ lave jordtemperaturer. Ved højere temperaturforhold vil Didin blive omdannet, som tidligere omtalt, hvorved udvaskningen vil reduceres tilsvarende. Alt andet lige.

4.2 N-Serve 240 E

N-Serve 240 E er en lys gullig opløsning af 21,6 pct. nitrapyrin opløst i xylen (dimethylbenzen). Nitrapyrin er et fast hvidt stof, som er tungt opløselig i vand.

Kemisk navn er 2-klor-6 (trichlormethyl) pyridin.



Midlet N-Serve 240 E danner emulgator med vand. Det er bl.a. anvendt i gødningsopløsninger med ammonium og urea og ligeledes sammen med fl. ammoniak.

Den bedste virkning opnås, når midlet blandes i gødningen og nedfældes sammen med denne. Doseringsmængden angives fra 1,3 til 2,6 l pr. ha.

Rodgers og Ashworth (19) konkluderede fra deres undersøgelser at N-Serve virkede hæmmende på nitrosomonas ved lav koncentration, 10 ppm, men havde en bakteriocid virkning ved høj koncentration, 100 ppm. N-Serve angriber metaldele, og det anbefales, at man ikke opbevarer en blanding af fl. ammoniak og N-Serve over længere tidsrum end tre uger, medmindre udsatte metaldele er beskyttet med fx teflon.

Det bemærkes, at i USA er der udviklet udstyr, så man relativt let kan blande N-Serve og fl. ammoniak enten før nedfældning eller samtidig med denne.

N-Serve 240 E har et højt damptryk og fordamper let, hvis det overfladeudbringes. Endvidere kan det adsorberes til humus, hvorved den hæmmende virkning reduceres, idet N-Serve 240 E kun virker, når den findes i jordvæsken.

På grund af adsorption til humus og lav vandopløslighed nedvaskes N-Serve 240 E praktisk taget ikke.

Der tilføres jorden relativt store mængder xylen med N-Serve. Xylen nedbrydes dog hurtigt i jorden.

Lige som for Didin er nedbrydning, og dermed den hæmmende virkning af N-Serve 240 E, afhængig af jordtemperaturen, jo højere temperatur jo hurtigere nedbrydning.

Nedbrydningsforløbet af N-Serve 240 E, nitrapyrin, er ikke helt klarlagt. Det er dog vist, at det første nedbrydningsprodukt er 6-klorpicolinsyre (6-CPA), som er fundet i jord, vand og planter efter tilførsel af N-Serve.

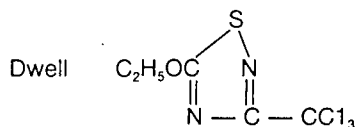
Den videre nedbrydning af 6-CPA er kemisk og sker fortrinsvis ved hydrolyse. Nedbrydning af 6-CPA sker relativt langsomt og opløsning i jord er bl.a. fundet af *Redemann et al.* (18).

Det bemærkes, at nedbrydningsproduktet 6-CPA ingen hæmmende virkning har på nitrosomonas bakterienes aktivitet.

4.3 Dwell

Dwell er handelsnavnet på etridiazole 5-ethoxy-3 (trichlormethyl) -1, 2, 4 tiadiazole.

Kemisk formel $C_5 H_5 Cl_3 NO_2 OS$



Dwell er en lysegul væske. Ved 25°C kan der opløses 50 mg pr. l vand, og den er opløselig i acetone og ethanol. Doseringsmængden angives til 1-2 l pr. ha. Dwell danner emulgator med vand.

Som for N-Serve er der udviklet doseringsudstyr til iblanding af Dwell i fl. ammoniak til anvendelse lige før nedfældningen eller samtidig med denne. Dwell angriber metaldele i lighed med N-Serve.

Foruden anvendelse som nitrifikationshæmmere bruges det virksomme stof i Dwell (etridiazol) også som svampebekæmpelsesmiddel, og er her i landet godkendt som fungicid under handelsnavnet AATerra 35 til bekæmpelse af svampesygdomme på blomsterløg og pryplanter.

Dwell, som produceres i USA, forhandles for nærværende ikke i Danmark, da det prismæssig ikke kan konkurrere med N-Serve eller Didin.

De fysiske og kemiske egenskaber vil af den grund ikke blive nærmere behandlet her, men der henvises til litteratur om dette stof (23).

Ved starten af nærværende undersøgelse (1983) var det på tale at indføre Dwell, og den er derfor taget med i de tre første forsøgssår.

4.4 Nitrosaminer, Didin

Tyske undersøgelser har vist, at Didin kan optages i planter.

I forbindelse med anvendelse af nitrifikationshæmmere er spørgsmålet rejst, om der kan være følgevirkninger forbundet hermed ved dannelse af nitrosaminer. Opmærksomhed over for nitrosaminer skyldes, at man ved dyreforsøg har vist, at visse mængder af nitrosaminer (diethylnitrosamin og N-nitrosopyrrolidin) kan været kræftfremkaldende.

Nitrat kan reduceres til nitrit af visse mikroorganismer. I mindre omfang er nitrit brugt som konserverings- og tilsætningsmiddel i visse fødevarer, bl.a. kød og ost.

Nitrosamindannelse i fødevarer indeholdende nitrit, blev påvist i 1960erne idet man da fandt dimethylnitrosamin som det toksiske bestanddel i minkfoder bestående af sild, konserveret med store mængder nitrit.

Danske undersøgelser

For at undersøge om anvendelse af nitrifikationshæmmere i forbindelse med husdyrgødning kan medføre dannelse af nitrosaminer i jord og/eller planter, er der i jord- og afgrødeprøver fra forsøg med husdyrgødning gennemført ved Askov Forsøgsstation, udført en række nitrosaminanalyser. Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd har ydet støtte til undersøgelsen.

Undersøgte stoffer

Prøverne i nærværende undersøgelse er analyseret for indhold af flygtige nitrosaminer på Statens Levnedsmiddelsinstitut.

Det drejer sig om den gruppe nitrosaminer, der kan vanddampdestilleres og gaskromatografes og omfatter N-nitrosodimethylamin, N-nitrosodiethylamin, N-nitrosodipropylamin, N-nitrobutylamin, N-nitrosopiperidin og N-nitrosomopholin.

Nitrosaminundersøgelser i majs gødet med store mængder kvæggødning uden nitrifikationshæmmere.

Forsøg med store mængder kvæggødning blev gennemført i to afdelinger, hvor der indgik handelsgødning og henholdsvis fast kvæggødning og kvæggylle. De forsøgsled, hvorfra prøver til analyse er udtaget, er anført i tabel 2.

Kvælstofindholdet, som specielt har interesse i relation til nitrosaminer, var i majsstængel højere ved tilførsel af handelsgødningskvælstof end efter tilførsel af husdyrgødning, medens det stort set var ens i kolberne.

Resultaterne fra nitrosaminanalyserne viste, at selv efter anvendelse af store mængder handels- og kvæggødning, kunne der ikke påvises nitrosaminer af nogen art hverken i majs-kolbe eller stængel. Detektionsgrænse 0,1-0,2 µg/kg. Resultaterne støttes af andre danske undersøgelser (16, 17).

Tabel 2. Tilført kg N pr. ha og procentisk indhold af kvælstof i tørstof i majsstængel og -stængel.
Supplied kg N per. ha and per cent N in DM in maize.

	Handelsgødning <i>Fertilizer</i>			Kvæggylle <i>Cattle slurry</i>			
Tilført kg total-N/ha <i>Supplied kg total N/ha</i>	80	160	320	85	170	340	680
Total N, pct. i tørstof, per cent total-N in DM							
Majsstængel <i>Maize stalk</i>	1,02	1,29	1,50	0,93	0,99	1,19	1,18
Majskolbe <i>Maize cob</i>	1,29	1,42	1,46	1,42	1,45	1,41	1,42
Fast Kvæggødning FYM							
Tilført kg total-N/ha <i>Supplied kg total N/ha</i>	80	160	320	119	237	474	948
Total N, pct. i tørstof, per cent total-N in DM							
Majsstængel <i>Maize stalk</i>	1,10	1,33	1,62	0,92	1,09	1,30	1,48
Majskolbe <i>Maize cob</i>	1,29	1,49	1,59	1,29	1,44	1,45	1,24

Nitrosamin-undersøgelser i byg og roer gødet med kvæggylle tilsat nitrifikationshæmmere.

Nitrosaminundersøgelser er udført i prøver fra forsøg i Askov efter anvendelse af 55 t kvæggylle pr. ha (100 kg $\text{NH}_4\text{-N}$) tilsat nitrifikationshæmmere til vårbyg og den dobbelte gyllemængde til bederoer. Gyllen blev bragt ud april 1984.

Der blev udtaget prøver af kerne og halm samt rod og top ved høst til bestemmelse af kvælstofindhold og nitrosaminer (tabel 3).

Der kunne ikke påvises nitrosaminer af nogen art i afgrøderne, hverken i bygkerner og -halm eller i bederoe rod og -top. I jordprøverne udtaget efter høst fra samme forsøgsled, som afgrøderne blev udtaget, fandtes heller ikke nitrosaminer.

Tabel 3. Kvælstofindhold i vårbyg og roer efter tilførsel af kvæggylle med og uden nitrifikationshæmmere, Askov 1984.
Total-N, pct. i tørstof.

Nitrogen in Spring barley, and beet after addition of cattle slurry with and without inhibitors. Total-N, per cent in DM.

	Vårbyg <i>Spring barley</i>		Bederoer <i>Beet</i>	
	Kerne <i>Grain</i>	Halm <i>Straw</i>	Rod <i>Root</i>	Top <i>Leaves</i>
Kvæggylle <i>Cattle slurry</i>	1,60	0,64	0,97	2,11
Kvæggylle + Didin <i>Cattle slurry + Didin</i>	1,76	0,72	0,96	2,21
Kvæggylle + Dwell <i>Cattle slurry + Dwell</i>	1,78	0,63	1,01	2,07
Kvæggylle + N-Serve <i>Cattle slurry + N-Serve</i>	1,74	0,63	1,08	2,57

Det kan konkluderes, at efter tilførsel af de anvendte mængder handelsgødning og efter kvæggødning med og uden anvendelse af nitrifikationshæmmere, er der ikke fundet flygtige nitrosaminer hverken i de høstede afgrøder eller i jorden.

5. ORIENTERENDE KARFORSØG

Før endelig planlægning af markforsøg blev der gennemført et orienterende karforsøg med henblik på at undersøge de tre midlers virkning på nitrificering af ammoniumkvælstof i jord, der har fået henholdsvis fl. ammoniak og kvæggylle.

Forsøgsplan

- I Nitrifikationshæmmere, *Nitrification inhibitors*
 - 1. Ingen, *control*
 - 2. Didin = 16 kg/ha
 - 3. Dwell = 1,04 l/ha
 - 4. N-Serve = 1,04 l/ha

- II Gødning, *Fertilization*
 - a. Fl. ammoniak = 187,5 kg $\text{NH}_4\text{-N/ha}$
Liquid ammoniak
 - b. Kvæggylle = 155 kg $\text{NH}_4\text{-N/ha}$
Cattle slurry

- III Jordtyper, *soil type*
 - Sandjord (JB 1), *sand soil*
 - Lerjord (JB 6), *clay soil*

Forsøgene er gennemført med to gentagelser i ubevoksede kar indeholdende 25 kg jord. Igenem 13 uger er der ugentlig udtaget jordprøver til $\text{NH}_4\text{-N}$ og $\text{NO}_3\text{-N}$ bestemmelse.

I forsøgsperioden var middeltemperaturen $14,4^\circ\text{C} \pm 3,4^\circ\text{C}$.

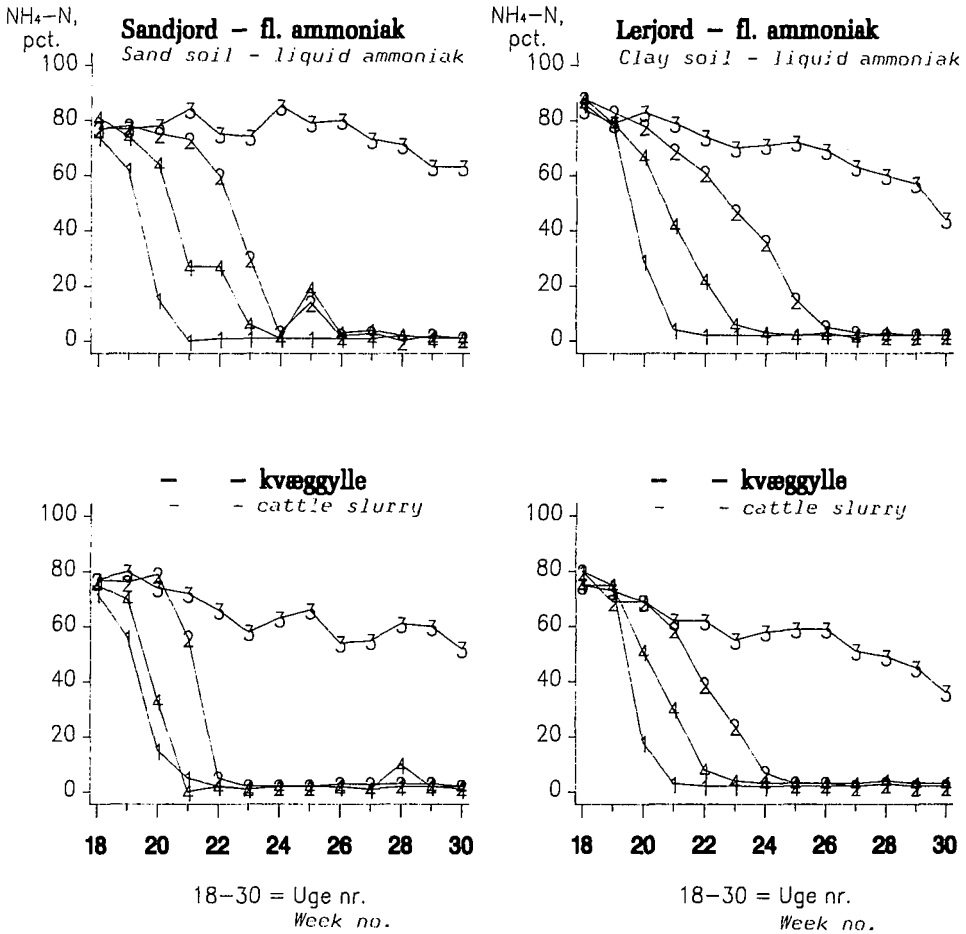
Resultater

I figurerne er vist pct. ammoniumkvælstof i jorden i forhold til den samlede mængde uorganisk kvælstof i løbet af vækstperioden.

Under de givne temperaturforhold ses, at det relative ammoniumindhold i løbet af ca. tre uger falder til nul, hvor der ikke er blandet nitrifikationshæmmere i jorden. Det gælder såvel sand- som lerjord og uanset om der er anvendt fl. ammoniak eller kvæggylle.

Generelt var der mindst virkning af midlerne på sandjord tilført gylle.

Det ses, at de tre midler har virket hæmmende på nitrifikation i forskellig grad. Med de anvendte mængder har Didin vist den største effekt, derefter Dwell, og relativ mindst virkning er målt efter N-Serve.



LED 4-1-4 U. nitr.hæmmere 2-2-2 Dwell
3-3-3 Didin 4-4-4 N-Serve

Fig. 4. Jordens indhold af NH₄-N i forhold til NH₄-N + NO₃-N. The content of NH₄-N in soil in relation to NH₄-N + NO₃-N.

6. MARKFORSØG

6.1 Forsøgets gennemførelse

Forsøgene er gennemført som etårige markforsøg ved Askov på grov sandblandet lerjord (JB 5) og ved Lundgård på grovsandet jord (JB 1).

De tre første år er sammenlignet virkningen af midlerne Didin, Dwell samt N-Serve 240 E som vist i *forsøgsplan I*. I de efterfølgende år er der kun anvendt Didin, forsøgsplan II.

6.1.1 Forsøgsplan I

Experimental layout I

Afgrøder, *crops*

Vårbyg, *spring barley*

Roer, *beets*

Gødskning

Fertilization

Led

1.	O	N	i	kalkammonsalpeter, CAN					
2.	1	-	-	-	-				*)
3.	2	-	-	-	-				
4.	3	-	-	-	-				
5.	gylle**)	-	nitrifikationshæmmere***)	bragt ud	September/Oktobre				
	slurry	-	nitrification inhibitors	supplied					
6.	-	+	-	-	-	-	-	-	
7.	-	-	-	-	-	-	December	-	
8.	-	+	-	-	-	-	-	-	
9.	-	-	-	-	-	-	April	-	
10.	-	+	-	-	-	-	-	-	

*) 1 N svarer til 40 kg N pr. ha til vårbyg og 100 kg N pr. ha til roer
 1N = 40 kg N per ha to spring barley and 100 kg N per ha to beets

**) Der blev med gylle tilført 100 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ pr. ha til vårbyg og 200 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ pr. ha til roer.
 The amount of N applied with slurry was 100 kg $\text{NH}_4\text{-N/ha}$ to spring barley and 200 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ to beets

***) Nitrifikationshæmmere: Didin, Dwell og N-Serve 240 E.
 Nitrification inhibitors: Didin, Dwell and N-Serve 240 E

Mængder af nitrifikationshæmmere anvendt på forskellige tidspunkter.
The amount of inhibitors used at different times.

	Sept./Okt.	December	April	
Didin	25	20	15	kg pr. ha
Dwell	2,0	1,5	1,0	l pr. ha
N-Serve 240 E	2,5	2,0	1,5	l pr. ha

6.1.2 Forsøgsplan II *Experimental layout II*

Afgrøder, *crops*

Bederøer ved Askov,

Beets at Askov

Kålroer og kartofler ved Lundgård,

Beets and potato at Lundgård

Udbringningstid af kvælstof og Didin

Time of application of N and Didin

1	0 N
2	1 N i kalkammonsalpeter forår*)
	in CAN at spring
3	2 N - - - - -

4	Kvæggylle	Oktober	Nedpløjet straks efter
	Cattle slurry		udbringning
			Plowed in immediately
			after spreading
5	- + 25 kg Didin/ha	-	- - - -
6		December	- - - -
7	- + 20 kg Didin/ha	-	- - - -
8	-	April	- - - -
9	- + 15 kg Didin/ha	-	- - - -

* Se næste side
next page

Afgroeder, crops

Vintersæd, hvede ved Askov, og rug ved Lundgård
Winter wheat at Askov, and rye at Lundgård

Udbringningstid af kvælstof og Didin
Time of application of nitrogen and Didin

1	0 N						
2	1 N i kalkammonsalpeter (kas.) forår*)						
	in CAN					at spring	
3	2 N - - - - -						
4	Svinegylle			Sept/Okt.		nedpløjet før såning	
	Pig slurry					plowed in before sowing	
5	- + 20 kg Didin/ha			-		- - - -	
6	-			December		overfladeudbragt	
						surface applied	
7	- + 20 kg Didin/ha			-		-	
8	-			Februar		-	
9	- + 15 kg Didin/ha			-		-	
10	-			April		-	
11	- + 15 kg Didin/ha			-		-	

*) Tilført N-mængde
Supplied N-amount

kg N/ha	Roer Beets	Kartofler/Vinterhvede Potatoes/Winter wheat	Vinterrug Winter rye
1 N i kas. N in CAN	120	90	75
1 gylle, NH ₄ -N Slurry	200	150	150

Forsøgene blev gennemført med tre gentagelser. Fællesparcellerne blev fordelt således, at virkningen af eventuelt skråplanvariation i jordens frugtbarhed blev elimineret.

Kvælstof i handelsgødning blev udbragt om foråret, og der blev grundgødet med normale mængder af P og K i de handelsgødede led.

Den anvendte gylle blev i forbindelse med udbringningen analyseret for indhold af plantenæringsstoffer. Det gennemsnitlige indhold er anført i tabel 4.

Tabel 4. Plantenæringsstoffer i kvæg- og svinegylle. Pct. i foreliggende stof.
Plant nutrients in cattle and pig slurry. Per cent in fresh material.

	Kvæggylle gns. 15 prøver <i>Cattle slurry</i> Average of 15 samples	Svinegylle gns. 16 prøver <i>Pig slurry</i> Average of 16 samples
Tørstof, <i>DM</i>	5,93	5,34
Total-N	0,359	0,490
NH ₄ -N	0,212	0,340
P	0,074	0,164
K	0,362	0,274

Ca. 60 pct. af total-N i kvæggylle er NH₄-N, mens det tilsvarende tal er ca. 70 i svinegylle. Det bemærkes endvidere, at der er ca. dobbelt så højt fosforindhold i svinegylle som kvæggylle.

I tabel 5 er anført ton gylle tilført pr. ha til de enkelte afgrøder.

Tabel 5. Tilført t gylle pr. ha.
Applied t slurry per ha.

	Kvæggylle <i>Cattle slurry</i>	Svinegylle <i>Pig slurry</i>
Vårbyg, <i>spring barley</i>	47	
Roe, <i>beets</i>	94	
Kartofler, <i>potato</i>	70	
Vintersæd, <i>winter crop</i>		44

Nitrifikationshæmmerne er blandet i gyllen umiddelbart før udbringning.

De aktuelle udbringningstidspunkter for gylle er vist i tabel 6.

Tabel 6. Udbringningstidspunkt for kvæg- og svinegylle til forskellige afgrøder.
Time of application of cattle and pig slurry.

Forsøgsår	1.	2.	3.	4.
Exp. years	udbringning 1st time of application	udbringning 2nd time of application	udbringning 3rd time of application	udbringning 4th time of application
Kvæggylle til vårbyg, roer og kartofler <i>Cattle slurry to spring barley, beets and potatoes</i>				
1982/83	22/09-82	06/12-82	13/04-83	
1983/84	29/09-83	06/12-83	10/04-84	
1984/85	04/10-84	19/12-84	02/04-85	
1985/86	21/10-85	05/12-85	10/04-86	
1986/87	28/10-86	01/12-86	06/04-87	
Svinegylle til vintersæd <i>Pig slurry to winter crops</i>				
1985/86	19/09-85	12/12-85	28/01-86	16/04-86
1986/87	23/09-86	09/12-86	17/02-87	07/05-87
1987/88	06/10-87	07/12-87	25/02-88	11/04-88
1988/89	22/09-88	08/12-88	08/02-89	06/04-89

6.1.3 Varmesummer

For at få et indtryk af, hvorledes temperaturforholdene har været efter udbringning af gylle på forskellige tider i efteråret, er der på grundlag af gns. af døgnets maks.- og min. temperatur, beregnet varmesummer fra en uge før gyllen blev udbragt, indtil gns.-temperaturen i en uge var faldet til 0°C eller derunder.

Tabel 7. Summen af varmeeenheder ved de forskellige udbringningstider.
Growing degree days at different time of application.

	Sept/Okt.	Dec
1982/83	906	209
1983/84	537	24
1984/85	605	31
1985/86	444	111
1986/87	618 ^{*)}	73 ^{*)}
--	345 ^{**)}	28 ^{**))}
1987/88	473	-
1988/89 ^{***)}		

^{*)} 23/09 - hvede, *wheat*

^{**))} 28/10 - roer, *beets*

^{***)} middeltemperaturen lå i nov., dec. og januar mellem 0,0°C og 7,0°C.

The average temperature in Nov. Dec. and Jan. was between 0°C and 7°C.

Det ses, at der i første og sidste forsøgsår har været en relativ høj varmesum, både efter september/oktober og efter decemberudbringning af gylle.

Enheder for udbytter

Udbytterne er for kornets vedkommende angivet med 85 pct. tørstof, og roerne som summen af AE i rod og top. 1 AE = 103 kg tørstof i rod og 120 kg tørstof i roetop. Kartoffeludbytterne er angivet i hkg tørstof pr. ha.

6.2 Resultater

6.2.1 Sammenligning af nitrifikationshæmmere

I de tre første forsøgsår er sammenlignet virkningen af Didin, Dwell og N-Serve 240 E i byg og roer på de to forsøgssteder, Askov og Lundgård. (Forsøgsplan I).

Med de anvendte doseringer af de forskellige nitrifikationshæmmere var der en tendens til, at Didin gav lidt højere udbytte, end de øvrige midler, men virkningen af midler afveg dog ikke signifikant fra hinanden, og i det følgende er resultaterne opgjort på grundlag af gennemsnitsvirkning af de tre midler.

Tabel 8. Udbytte i hkg kerne pr. ha i vårbyg og AE pr. ha i roer samt kg N pr. ha optaget. Gns. af tre forsøgsår på to steder (12 forsøg).
Yield, dt/ha in grain, spring barley and c.u./ha in beet and kg N-uptake/ha. Average of three years, and two experimental sites (12 experiments).

	<u>Vårbyg, spring barley</u>		<u>Roer, beets</u>	
	hkg	kg N	AE/ha	kg N
	kerne/ha	optaget/ha		optaget/ha
	dt	kg N	c.u./ha	kg N
	grain/ha	uptake/ha		uptake/ha
Uden nitrifikationshæmmere	32,7	58,7	107,0	150,5
<i>Without inhibitors</i>				
Didin	39,4	71,3	119,6	188,5
Dwell	37,5	68,1	113,7	173,0
N-Serve 240 E	38,0	69,1	114,5	178,0

6.3 Forårssåede afgrøder

6.3.1 Vårbyg

I tabel 9 er vist kerne-udbytte i vårbyg efter gylletilførsel på forskellige tidspunkter *uden* anvendelse af nitrifikationshæmmere.

Tabel 9. Udbytte ved tilførsel af 100 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ pr. ha i kvæggylle til vårbyg; hkg kerne pr. ha.
Yield dt grain/ha after addition of 100 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ per ha in cattle slurry to spring barley.

	Ugødet	Efterår	Vinter	Forår
	<i>Control</i>	<i>Autumn</i>	<i>Winter</i>	<i>Spring</i>
		Askov		
1983	12,0	12,5	18,5	25,5
1984	21,5	32,3	55,2	51,6
1985	25,1	26,2	39,8	50,5
		Lundgård		
1983	14,6	14,2	15,2	29,6
1984	15,7	18,0	50,2	48,2
1985	16,5	18,3	37,9	42,3
Gns.	17,6	20,3	36,1	41,8
Average				

Som gennemsnit af tre år og to forsøgssteder var der ved efterårsudbringning af kvæggylle stort set ingen virkning på kerneudbyttet. Udbytte ved efterårsudbringning lå på samme niveau, som uden kvælstoftilførsel.

Det må antages, at det meste af det tilførte NH_4 -kvælstof i gylle er nitrificeret og udvasket.

Ved vinterudbringning var det kun i et enkelt år (1984), at udbyttet kom op på samme niveau som ved forårsudbringning.

Virkning af nitrifikationshæmmere

Som det fremgår af fig 5. var der varierende effekt af nitrifikationshæmmerne de tre år.

I 1982/83 var udbyttet generelt lavt på grund af den store nedbørsmængde i foråret 1983 efterfulgt af langvarig tørke senere i vækstperioden.

Det er kun efter decemberudbringningen i 1982 (led 8) der er høstet merudbytte for i-blanding af nitrifikationshæmmere i gylle, medens der ved september (1982) og forårsudbringning (1983) ikke har været udslag. Det ses endvidere af fig. 5, at der i 1982/83 generelt ingen N-virkning har været af gylleudbringning i september. Udbyttet lå på samme niveau som forsøgsleddet uden N-tilførsel. Det gælder både Askov (JB 5) og Lundgård (JB 1).

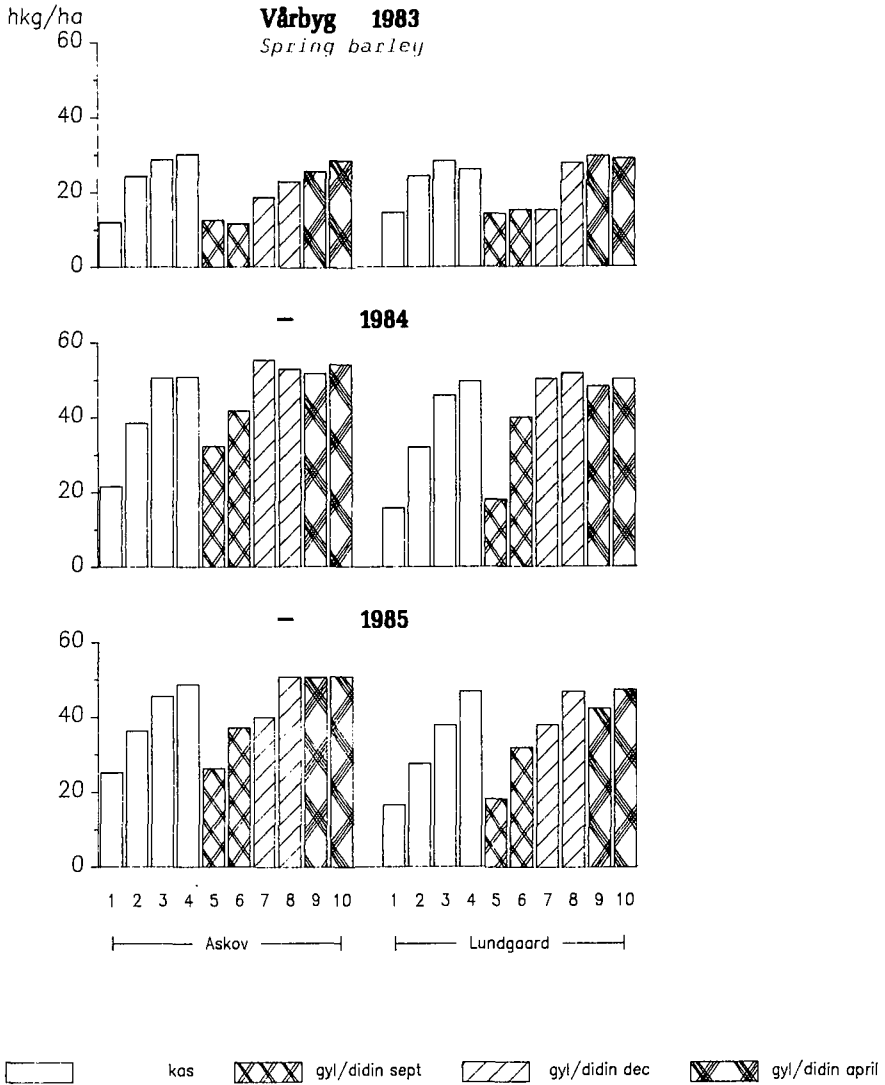


Fig. 5. Udbytte i byg (hkg kerner/ha) efter forårsudbragt kas. og efter tilførsel af kvæggylle -/+ nitrifikationshæmmere. Yield in spring barley (dt grain/ha) after spring applied CAN and after application of cattle slurry with and without Didin.

Modsat 1982/83 var der i 1983/84 virkning af nitrifikationshæmmere ved septemberudbringning, men ikke ved decemberudbringning, som gav samme udbytte som forårsudbragt gylle, og endelig 1984/85 var der udslag for nitrifikationshæmmere både ved september- og decemberudbringning.

Den manglende virkning af nitrifikationshæmmerne i efteråret 1982 skyldes formodentlig det relative lune vejr efter gylleudbringning, med varmesum på 906 varmeanheder jf. tabel 7. I de to øvrige forsøgsår 1983/84 og 1984/85 var varmesummen efter gylleudbringning om efteråret 300-400 enheder lavere (tabel 7), hvor der da også har været udslag for nitrifikationshæmmerne allerede ved septemberudbringning.

Nitrifikationshæmmerne blev relativt hurtigt nedbrudt i efteråret 1982. Derefter foregik der en nitrifikation af ammonium, og nitrat-N er nedvasket.

Ved decemberudbringningen 1983, hvor der ikke var virkning af nitrifikationshæmmere, var temperaturen til gengæld så lav, at selv uden iblanding af nitrifikationshæmmere er der ikke forekommet nitrifikation af tilført ammoniumkvælstof, da nitrifikationsprocessen er stærkt nedsat under temperaturer på 5°C.

I 1984/85, hvor der var store nedbørsmængder om efteråret efterfulgt af lave temperaturer vinteren igennem, var betingelserne for virkningen af nitrifikationshæmmere særlig gunstige.

Under disse forhold var forudsætningerne til stede for at opnå en god virkning ved anvendelse af nitrifikationshæmmere. Resultaterne viser da også et relativt stort merudbytte ved begge udbringningstidspunkter om efteråret.

Der har ikke været signifikant udslag for nitrifikationshæmmere ved forårsudbringning af gylle.

Generelt gav 100 kg NH_4^+ -N pr. ha i forårsudbragt gylle samme kerneudbytte som 120 kg N pr. ha i handelsgødning.

Der er gennemgående opnået størst virkning ved tilsætning af nitrifikationshæmmerne i gylle på Lundgård (JB 1) specielt ved septemberudbringning 1983 (tabel 10). Eksempelvis har der efter efterårsudbragt gylle i 1983 været 122 pct. større udbytte i kerne for iblanding. Det tilsvarende tal for Askov (JB 5) er 29.

Tabel 10. Merudbytte, i kerne ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til gylle. Vårbyg.
Additional yield, grain in spring barley after mixing inhibitors in slurry.

	<u>hkg/ha, dt/ha</u>			<u>pct., per cent</u>		
	Efterår Autumn	Vinter Winter	Forår Spring	Efterår Autumn	Vinter Winter	Forår Spring
Askov						
1983	- 0,9	4,3	2,9	- 7	23	11
1984	9,4	-2,4	2,4	29	- 4	5
1985	10,9	10,8	0,2	42	27	0
Lundgård						
1983	1,0	12,5	- 0,7	7	82	- 2
1984	21,9	1,5	1,9	122	3	4
1985	13,6	8,9	5,0	74	23	12

Halmudbytter

Merudbyttet i halm for anvendelse af nitrifikationshæmmere (fig. 6) viste samme billede som for kerne, men generelt var merudbyttet i halm større end i kerne, jf. tabel 10 og 11.

Tabel 11. Merudbytte, i halm af vårbyg for iblanding af nitrifikationshæmmere i gylle udbragt på forskellige tidspunkter.
Additional yield in spring barley straw after mixing inhibitors in slurry.

	<u>pct., per cent</u>		
	Efterår Autumn	Vinter Winter	Forår Spring
Askov			
1983	- 7	34	31
1984	67	10	8
1985	54	27	3
Lundgård			
1983	12	174	9
1984	183	1	- 9
1985	86	26	6

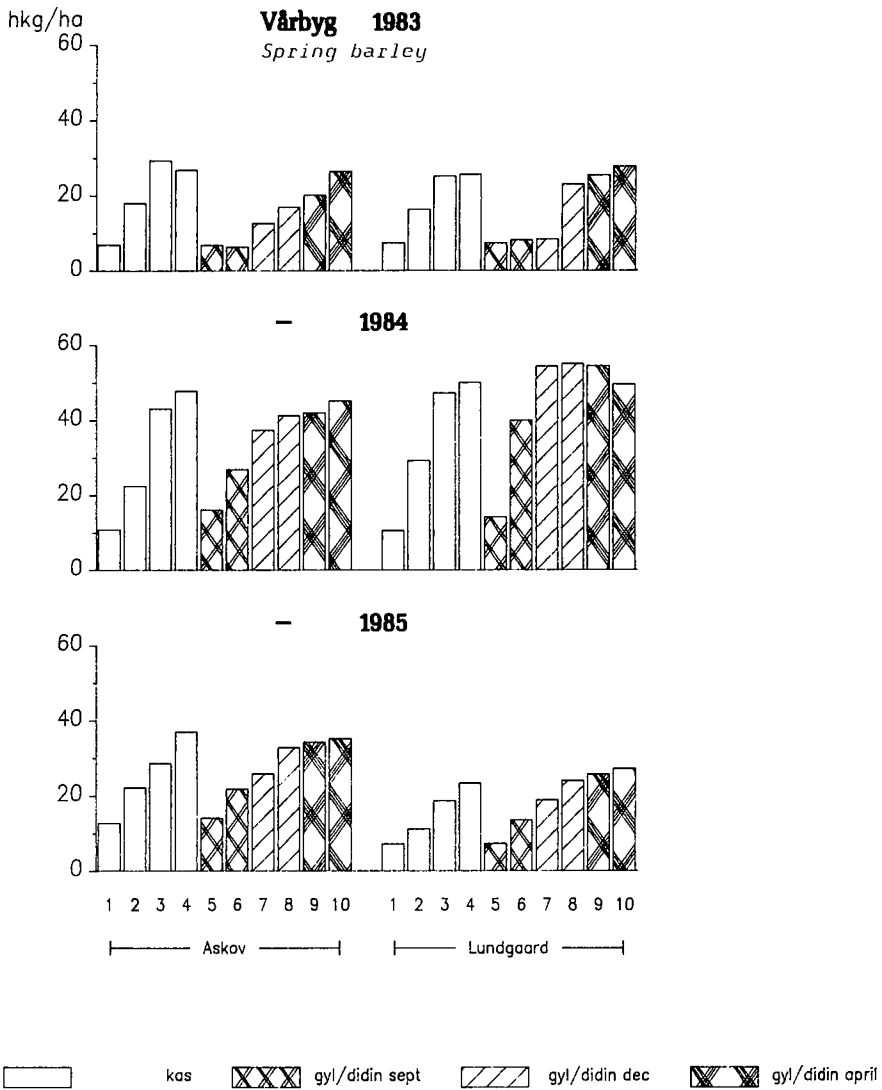


Fig. 6. Udbytte i byg (hkg halm/ha) efter forårsudbragt kas. og efter tilførsel af kvæggylle -/+ nitrifikationshæmmere. Yield in spring barley (dt straw/ha) after spring applied CAN and after application of cattle slurry with and without Didin.

Virkningen i forhold til forårsudbragt gylle

Trods den relativt gode virkning, der i nogle år er målt efter efterårs- og vinterudbragt gylle iblandet nitrifikationshæmmere, har det kun i enkelte tilfælde, og da kun ved vinterudbringning, givet samme udbytte som forårsudbragt gylle jf. tabel 12.

Tabel 12. Merudbytte, i kerne i vårbyg for iblanding af nitrifikationshæmmere i gylle udbragt på forskellige tidspunkter i forhold til forårsudbragt gylle.
Additional yields, grain in spring barley after mixing inhibitors in slurry at different times in relation to spring applied slurry.

	<u>hkq kerne/ha, dt grain/ha</u>		
	<u>Efterår</u>	<u>Vinter</u>	<u>Forår</u>
	<i>Autumn</i>	<i>Winter</i>	<i>Spring</i>
	Askov		
1983	- 15,3	- 4,1	<u>27,0</u>
1984	- 11,1	0	<u>52,8</u>
1985	- 13,5	0	<u>50,6</u>
	Lundgård		
1983	- 14,0	- 1,6	<u>29,3</u>
1984	- 9,2	0	<u>49,2</u>
1985	- 12,9	2,1	<u>44,8</u>

Kvælstofudbytte

I tabel 13 er vist N-optagelse i kerne og halm for O N og merudbytte ved stigende tilførsel af kalkammonsalpeter om foråret og efter tilførsel af gylle på forskellige tidspunkter med og uden nitrifikationshæmmere.

Kvælstofudbyttet, kg N pr. ha, viser stort set samme forløb som kerne- og halmudbyttet jf. fig. 5 og 6. Dog er der ved højt udbyttensniveau relativt større merudbytter af kvælstof end af tørstof. Eksempelvis ved Lundgård 1983, hvor der er et fald i kerneudbyttet for den største N-tilførsel men en stigning i N-udbytte.

Tabel 13. Udbytte, og merudbytte, kg N pr. ha, i kerne og halm i vårbyg efter forårsudbragt N i kas. og efter tilførsel af gylle med og uden nitrifikationshæmmere.
Yield and additional yield, kg N/ha, in grain and straw in spring barley after spring applicated CAN and slurry with and without inhibitors.

Handelsgødning forårsudbragt <i>Fertilizer spring applicated</i>					Gylle (100 kg NH ₄ -N/ha) med(+) og uden (-) nitrifikationshæmmere <i>Slurry (100 kg NH₄/ha) with (+) and without (-) inhibitors</i>					
kg N/ha, i kas. - - - in CAN					Efterår <i>Autumn</i>		Vinter <i>Winter</i>		Forår <i>Spring</i>	
0	40	80	120		-	+	-	+	-	+
Askov										
1983	<u>21,3</u>	15,3	26,5	33,1	-0,5	-2,4	14,4	24,2	26,0	34,5
1984	<u>33,0</u>	27,3	59,7	68,2	21,1	36,6	68,8	67,4	60,0	72,9
1985	<u>37,3</u>	14,2	37,6	60,3	2,4	21,1	25,9	49,6	50,1	46,5
Lundgård										
1983	<u>23,8</u>	15,0	29,9	33,9	1,0	1,4	1,9	28,7	30,0	35,2
1984	<u>21,9</u>	24,2	64,1	84,2	6,7	43,5	79,3	81,4	74,5	73,3
1985	<u>28,0</u>	13,2	29,6	55,6	4,3	24,0	36,1	53,2	48,6	64,2

Trods den relative store variation i virkningen på kvælstofudbyttet af *efterårsudbragt* gylle iblandet nitrifikationshæmmere, jf. tabel 13, har kvælstofoptagelsen i kerne og halm, sammenlignet med forårsudbragt gylle været næsten konstant på begge forsøgssteder i de tre forsøgsår, jf. tabel 14. Den gennemsnitlige N-optagelse var ca. 30 kg N pr. ha *mindre* ved efterårsudbringning end ved forårsudbringning. Variation på 27-32 kg N pr. ha.

Ved vinterudbringning er der ikke den store forskel i forhold til forårsudbringning.

N-frigørelse

Den store variation, der er mellem årene for kvælstofoptagelse ved *efterårsudbringning* (merudbytte, -2,4 til 43,5 kg N pr. ha tabel 13), og det relative konstante *mindre* N-udbytte ved efterårsudbringning, tabel 14, skyldes antagelig forskellig mineralisering fra de 6-10 t kvælstof pr. ha i en meters dybde, der findes i jorden, hvorfra den frigjorte kvælstof kan optages af afgrøden.

Tabel 14. Merudbytte, i kerne og halm af vårbyg for gylle-tilførsel med nitrifikationshæmmere i forhold til til N-udbytte af forårsudbragt gylle.
Additional yield, in grain and straw after application of slurry + inhibitors in relation to spring applied slurry. Spring barley.

	kg N/ha, Efterår <i>Autumn</i>	kg N/ha Vinter <i>Winter</i>	Forår <i>Spring</i>
		Askov	
1983	- 32,7	- 6,1	<u>51,6</u>
1984	- 29,9	1,0	<u>99,5</u>
1985	- 27,2	1,3	<u>85,6</u>
		Lundgård	
1983	- 31,2	- 3,9	<u>56,4</u>
1984	- 30,4	7,5	<u>97,3</u>
1985	- 32,4	3,2	<u>84,4</u>
Gns. <i>Average</i>	- 30,6	-0,5	79,1

6.3.2 Roer

I tabel 15 er vist udbytterne, AE pr. ha, i roer efter tilførsel af kvæggylle på forskellige tidspunkter *uden* anvendelse af nitrifikationshæmmere.

Sammenlignet med vårbyg var der i roerne en relativ bedre virkning af efterårsudbragt kvæggylle.

Udbytterne i roerne gav dog for samme tilførsel af $\text{NH}_4\text{-N}$ i gylle om efteråret i gennemsnit ca. 40 pct. mindre udbytte end vinter- og forårsudbragt gylle.

Det lavere udbytte i 1983 og 1987 ved Lundgård (tabel 15) efter forårsudbragt gylle skyldes hovedsageligt en dårlig fremspiring og dermed færre antal planter pr. arealenhed.

Lignende forhold er iagttaget i praksis ved forårsudbringning af specielt kvæggylle lige før roesåning.

Tabel 15. Udbytte ved tilførsel af 200 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ pr. ha i kvæggylle til roer (rod og top), AE pr. ha.
Yield in beet (root and leaves) c.u./ha, after application of 200 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ /ha in cattle slurry.

Udbragt Time	Ugødet Control	Efterår Autumn	Vinter Winter	Forår Spring
Askov				
1983	46,6	48,5	66,3	87,9
1984	113,5	130,9	166,8	161,9
1985	74,8	99,1	158,2	158,8
1986	90,0	120,5	110,9	146,0
1987	60,9	110,9	127,3	135,6
Gns., average	77,2	101,9	125,9	138,0
Lundgård				
1983	49,8	55,5	62,5	56,1
1984	53,7	89,4	144,5	137,4
1985	47,9	73,4	111,8	117,2
1986	62,1	87,4	117,8	120,6
1987	39,3	65,3	120,9	73,9
Gns., average	50,6	74,2	111,5	101,0

Iblanding af nitrifikationshæmmere

Som for byg har der i roer været varierende virkning for iblanding af nitrifikationshæmmere i gylle (fig. 7).

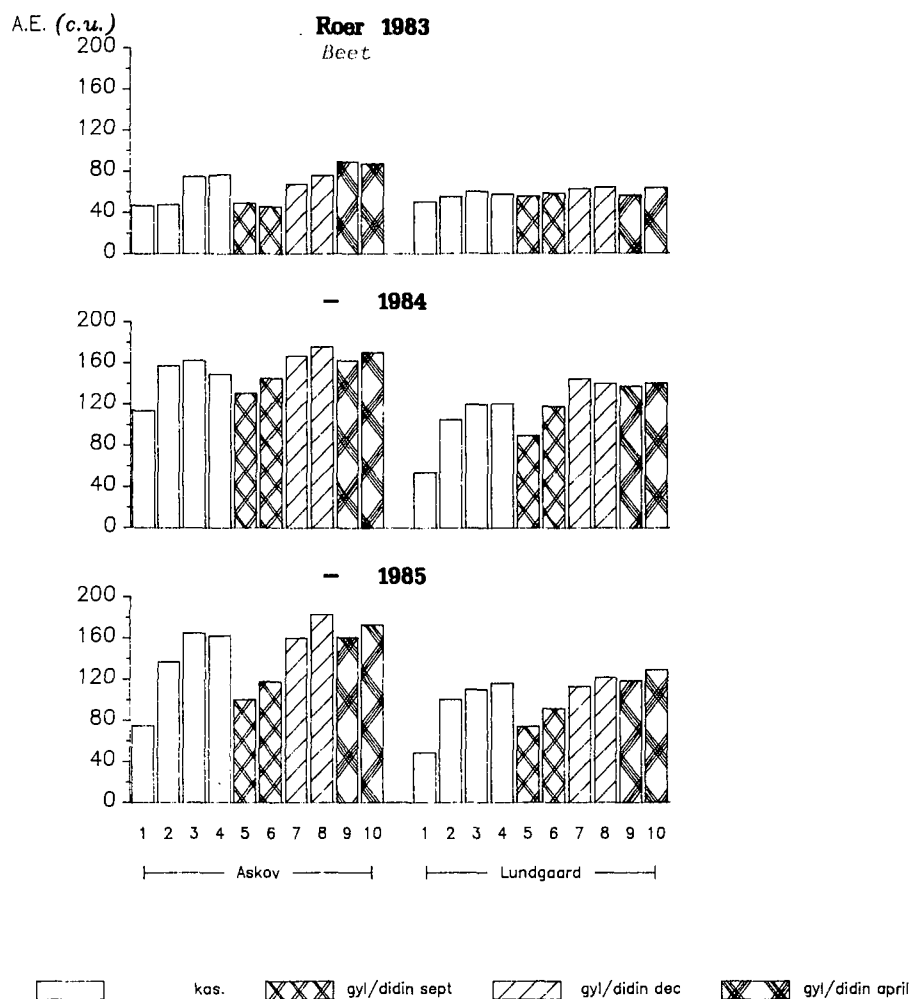


Fig. 7. Udbytte i roer (rod+top) efter forårsudbragt kas. og efter tilførsel af kvæggylle +/- nitrifikationshæmmere. Yield in beet (root+top) after spring applicated CAN and after application of cattle slurry with and without Didin.

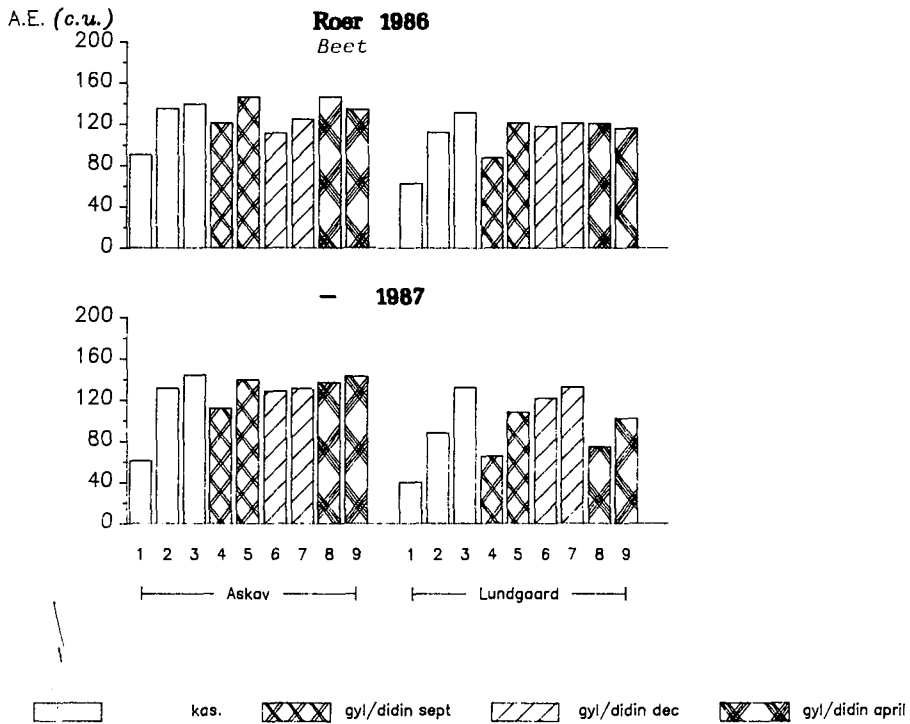


Fig. 7. Udbytte i roer (rod+top) efter forårsudbragt kas. og efter tilførsel af kvæggylle +/- nitrifikationshæmmere. Yield in beet (root+top) after spring applicated CAN and after application of cattle slurry with and without Didin.

I fire ud af fem år var der merudbytte for tilsætning af nitrifikationshæmmere ved *efterårsudbringning* ved Askov (tabel 16).

På Lundgård var der udslag i alle fem år. I gennemsnit var der ved Askov 16,3 AE pr. ha i merudbytte og 24,9 AE pr. ha ved Lundgård.

Tabel 16. Merudbytte AE pr. ha for tilsætning af nitrifikationshæmmere til gylle.
Additional yield, c.u./ha, by mixing nitrification inhibitors in slurry. Beets (root and leaves).

	AE/ha, c.u./ha			pct., per cent		
	Efterår Autumn	Vinter Winter	Forår Spring	Efterår Autumn	Vinter Winter	Forår Spring
Askov						
1983	- 3,5	+ 8,5	- 2,1	- 7	+13	- 2
1984	+14,4	- 8,8	+ 8,1	+11	+ 5	+ 5
1985	+17,4	+23,0	+12,2	+17	+15	+ 8
1986	+25,3	+13,2	-12,0	+21	+12	- 8
1987	+27,0	+ 2,6	+ 5,7	+25	+ 2	+ 4
Gns.	+16,1	+ 7,7	+ 2,4	+13	+ 9	+ 1
Average						
Lundgård						
1983	+ 2,7	+ 1,3	+ 7,1	+ 5	+ 2	+13
1984	+28,1	- 4,5	+ 3,0	+31	- 3	+ 2
1985	+17,2	+ 8,7	+10,8	+23	+ 8	+ 9
1986	+34,0	+ 3,1	- 4,8	+39	+ 3	- 4
1987	+42,3	+10,6	+ 7,2	+65	+ 9	+ 8
Gns.	+24,9	+ 3,8	+ 4,7	+33	+ 4	+ 6
Average						

Ved *efterårsudbringning* har nitrifikationshæmmere gennemsnitlig givet ca. dobbelt så stort merudbytte ved Lundgård som ved Askov, når der ses bort fra udbytteneiveauet. Merudbytteerne var gennemsnitlig henholdsvis 33 pct. og 13 pct. (højre halvdel af tabel 16).

Ved *forårsudbringning* har der ikke været signifikant udslag for iblanding af nitrifikationshæmmere i gyllen.

Virkning i forhold til forårsudbragt gylle

Gennemgående er der høstet størst udbytte efter forårsudbragt gylle.

Tabel 17. Merudbytte i rod og top, AE pr. ha for iblanding af nitrifikationshæmmere i gylle udbragt på forskellige tidspunkter i forhold til forårsudbragt gylle.
Additional yield in root and leaves, c.u./ha, for application at different time of slurry + inhibitors in relation spring applied slurry.

<u>AE/ha, c.u./ha</u>			
	<u>Efterår</u>	<u>Vinter</u>	<u>Forår</u>
	<i>Autumn</i>	<i>Winter</i>	<i>Spring</i>
Askov			
1983	- 41,9	- 12,1	<u>86,9</u>
1984	- 20,7	+ 9,7	<u>166,0</u>
1985	- 48,4	+ 16,3	<u>164,9</u>
1986	+ 5,8	- 16,0	<u>140,0</u>
1987	0,0	- 8,5	<u>138,5</u>
Gns., average	- 21,0	- 2,1	<u>139,0</u>
Lundgård			
1983	- 1,5	+ 4,2	<u>59,7</u>
1984	- 22,0	+ 0,5	<u>138,9</u>
1985	- 32,0	- 2,1	<u>122,6</u>
1986	+ 3,4	+ 2,8	<u>118,2</u>
1987	+ 10,4	- 3,4	<u>97,5</u>
Gns., average	- 8,3	+ 0,4	<u>107,4</u>

Generelt har virkningen af efterårsudbragt gylle ligesom ved vårbyg givet lavere virkning end gylle udbragt senere (tabel 17).

Merudbyttevariationer mellem årene skyldes som tidligere omtalt variationer i klimaforholdene imellem de enkelte år.

Kvælstofudbytte

Kvælstofoptagelse, kg N pr. ha, i rod og top er vist i fig. 8.

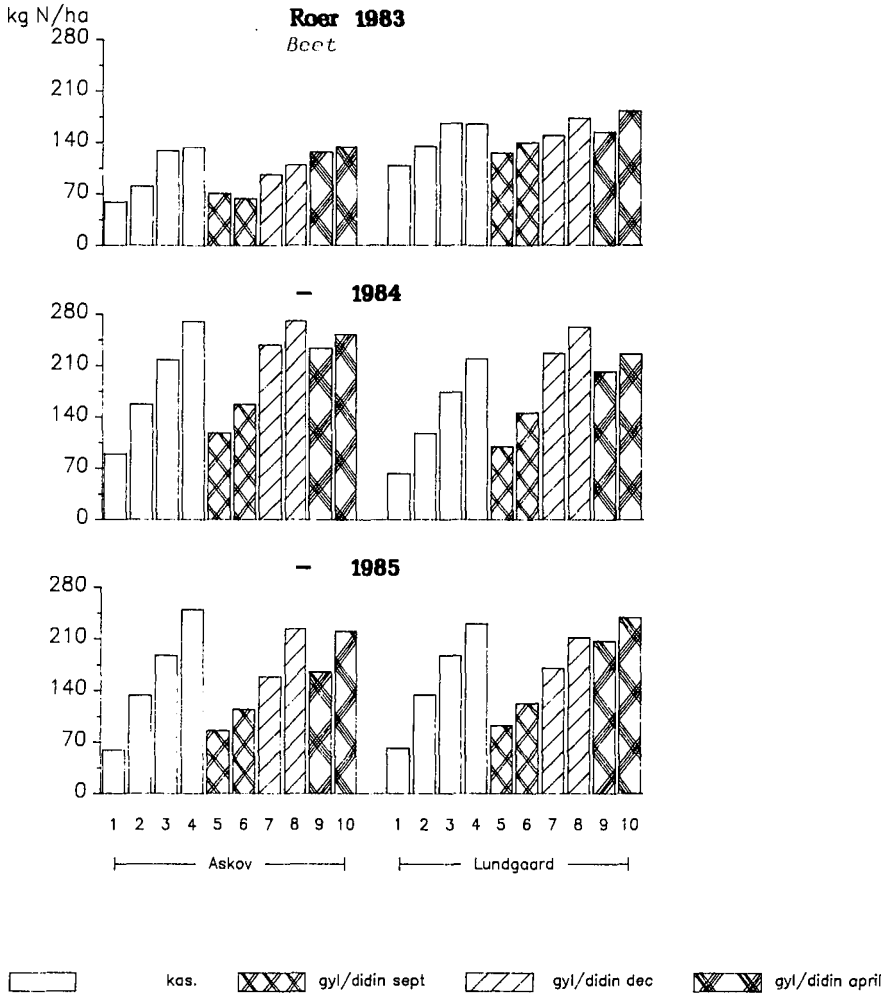


Fig. 8. Udbytte i roer (rod+top) efter forårsudbragt kas. og efter tilførsel af kvæggylle +/- nitrifikationshæmmere. Yield in beet (root+top) after spring applicated CAN and after application of cattle slurry with and without Didin.

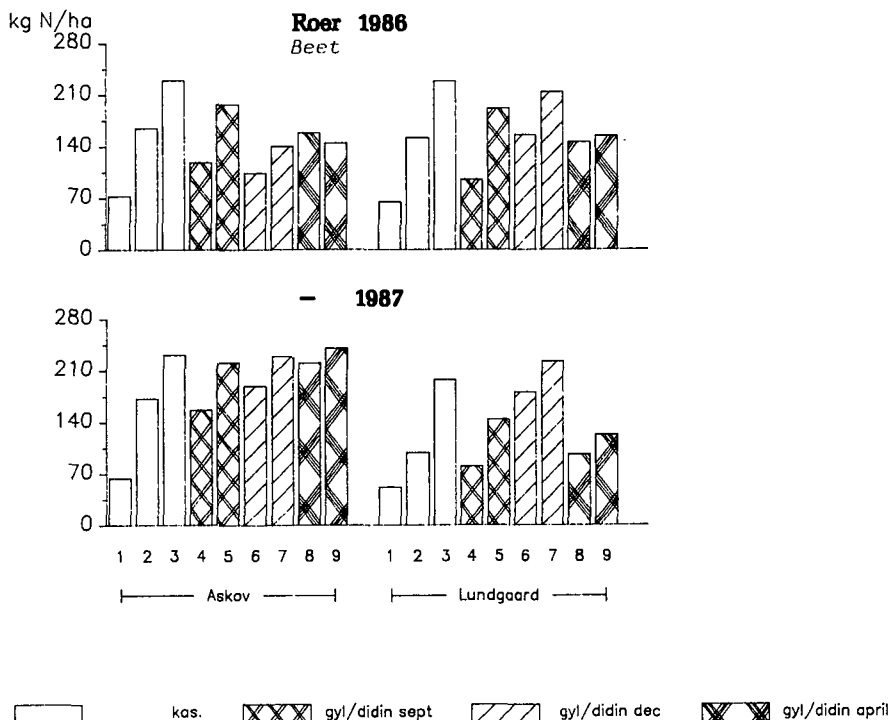


Fig. 8. Udbytte i rør (rod+top) efter forårsudbragt kas. og efter tilførsel af kvæggylle +/- nitrifikationshæmmere. Yield in beet (root+top) after spring applied CAN and after application of cattle slurry with and without Didin.

Kvælstofudbyttet, kg N pr. ha, viser væsentlig større variation end tørstofudbyttet, idet kvælstofkoncentrationen i afgrøden var størst ved stort udbytte.

6.3.3 Kartofler

Der er udført to forsøg i kartofler ved Lundgård, og udbytteresultater for gylletilførsel på forskellig tidspunkt *uden* nitrifikationshæmmere fremgår af tabel 18.

Efterårsudbragt gylle har kun bevirket en lille og usikker udbyttetigning i forhold til O N. Vinter- og forårsudbringning gav signifikant større udbytte end efterårsudbringning. Der var ikke sikre forskelle i knoldudbytterne mellem de to sidste udbringningstider.

Tabel 18. Udbytte, hkg knolde pr. ha, efter tilførsel af 150 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ pr. ha i kvæggylle.
Yield, dt tubers/ha, after application of 150 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ /ha in cattle slurry.

	O. N Control	Efterår Autumn	Vinter Winter	Forår Spring
1986	314	364	483	501
1987	130	156	279	301

Iblanding af nitrifikationshæmmere

Som det fremgår af fig. 9, der viser knoldudbytte pr. ha, var udbyttene meget lille i 1987. Det generelt lave udbytte skyldes antagelig udvaskning af kvælstof, da der det år var stort nedbørsoverskud i begyndelsen af vækstsæsonen.

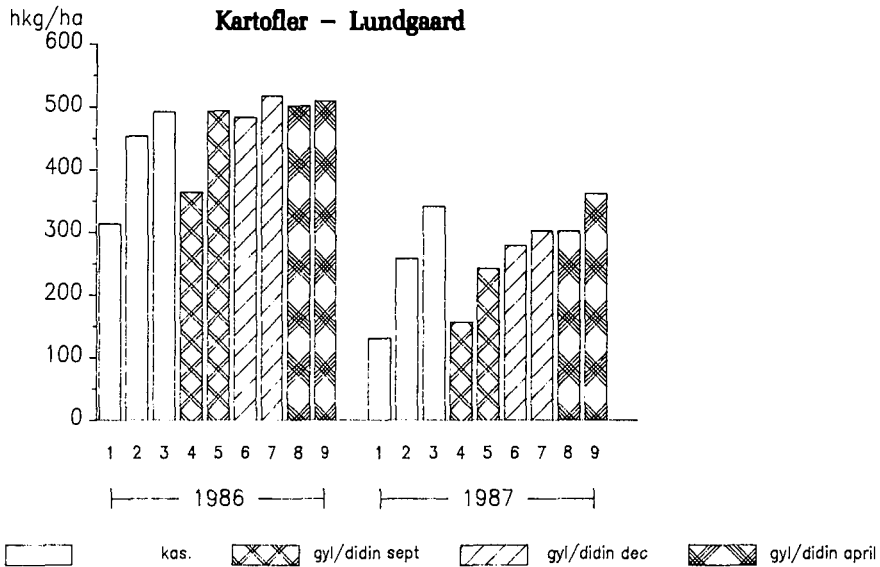


Fig. 9. Udbytte i kartofler (hkg knolde/ha) efter forårsudbragt kas. og efter tilførsel af kvæggylle +/- nitrifikationshæmmere. Yield in potatoes (dt tubers/ha) after spring applicated CAN and after application of cattle slurry with and without Didin.

Det ses af figuren, at ved det høje udbyttensniveau i 1986 har 150 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ pr. ha i vinter- og forårsudbragt gylle, givet samme udbytte som 180 kg N pr. ha i forårsudbragt kas.

Der har kun været signifikant merudbytte for iblanding af nitrifikationshæmmere ved efterårsudbringning (tabel 19).

Tabel 19. Merudbytte for iblanding af nitrifikationshæmmere i gylle, udbragt på forskellige tidspunkter, hkg knolde pr. ha og pct., Lundgård.
Additional yield, by mixing inhibitors in slurry, applied at different times dt tubers/ha and per cent.

	<u>hkg knolde/ha, dt tubers/ha</u>			<u>pct., per cent</u>		
	Efterår <i>Autumn</i>	Vinter <i>Winter</i>	Forår <i>Spring</i>	Efterår <i>Autumn</i>	Vinter <i>Winter</i>	Forår <i>Spring</i>
1986	129	35	8	35	7	2
1987	86	23	61	55	8	20

Det relativt største merudbytte er målt ved det lave udbyttensniveau i 1987. Merudbyttet var ca. 55 pct. større end uden iblanding.

Tabel 20. Merudbytte, hkg knolde pr. ha, ved anvendelse af gylle iblandet nitrifikationshæmmere i forhold til forårsudbragt gylle.
Additional yield, dt tubers/ha, by application of slurry + inhibitors in relation to spring applied slurry.

	Efterår <i>Autumn</i>	Vinter <i>Winter</i>	Forår <i>Spring</i>
1986	-12	-13	<u>501</u>
1987	-90	-30	<u>301</u>

I 1986 har efterårs- og vinterudbragt gylle med nitrifikationshæmmere givet samme udbytte som forårsudbragt gylle, der var ingen signifikant forskel selv om de to første udbringninger gav lidt lavere udbytte.

Skønt der var relativt størst udslag (55 pct.) for iblanding af nitrifikationshæmmere ved efterårsudbringning i 1987 (tabel 19), var udbyttet det år dog signifikant mindre end efter forårsudbringning. Der var ingen signifikant forskel mellem vinter og forårsudbringning.

Kvælstofudbytte

I lighed med vårbyg og roer (fig. 6 og 8) blev der også i kartofler høstet relativt mere kvælstof ved højt udbytt niveau.

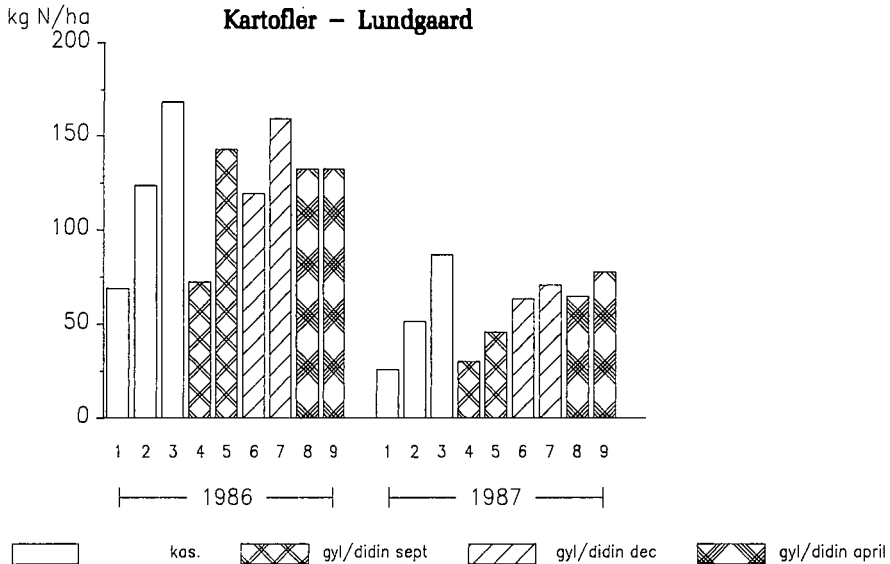


Fig. 10. Udbytte i kartofler (kg N/ha) efter forårsudbragt kas. og efter tilførsel af kvæggylle +/- nitrifikationshæmmere. Yield in potatoes (tubers), kg N/ha, after spring applied CAN and after application of cattle slurry with and without Didin.

Det fremgår af figuren, at N-udbyttet, kg N pr. ha, generelt har været størst efter forårsudbragt 180 kg N pr. ha i kas.

Sammendrag forårssåede afgrøder

De gennemførte markforsøg viser at virkningen af nitrifikationshæmmerne er stærk afhængig af klimaforholdene efter udbringning.

I fig. 11 er vist sammenhængen mellem varmesum og virkning af nitrifikationshæmmerne. Ved såvel lave som høje varmesummer kan der forventes små merudbytter for nitrifikationshæmmerne. Når temperaturen er lav, er der ingen behov for nitrifikationshæmmerne, fordi nitrifikationen da er meget langsom. Ved høje temperaturer nedbrydes nitrifikationshæmmerne så hurtigt, at ammoniumkvælstof bliver omdannet til nitrat inden jordtemperaturen falder til under 4-5°C.

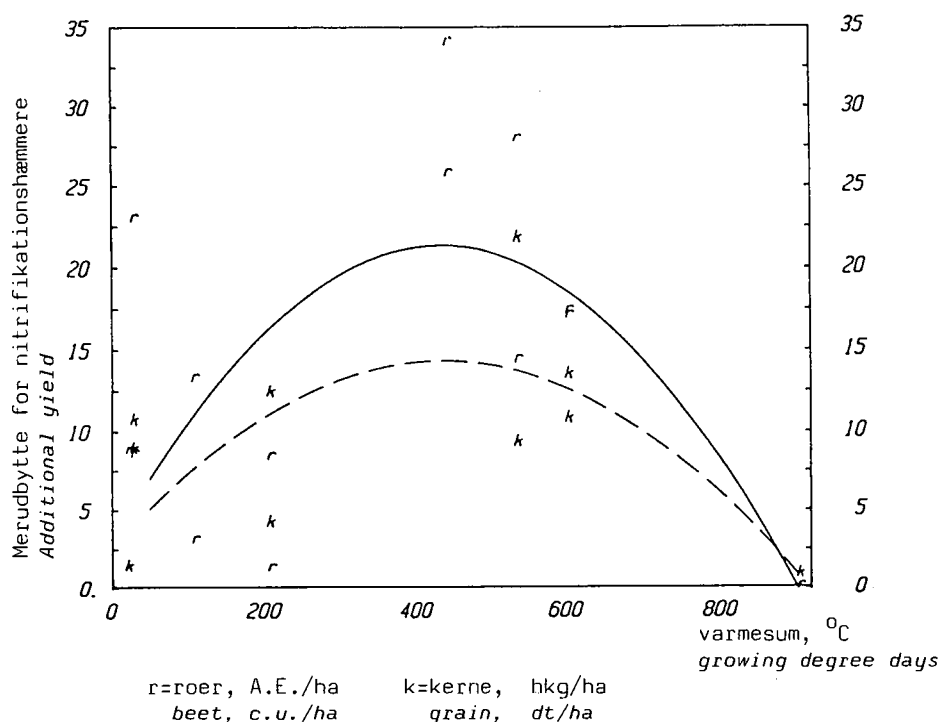


Fig. 11. Sammenhæng mellem varmesum ((maks.+min.)/m²) og merudbytte ved at blande nitrifikationshæmmere i gylle.
Relationship between growing degree days and additional yield.

6.4 Vintersæd

Hvede, rug

I tabel 21 er vist kerneudbytte efter gylletilførsel på forskellige tidspunkter *uden* iblanding af nitrifikationshæmmere.

Ved Askov (JB 5) gav nedpløjning af svinegylle (150 kg NH₄-N pr. ha) før såning af hvede, september/oktober, som gennemsnit af fire år, ca. 7 hkg kerne pr. ha mere end *ugødet*, medens udbyttet har været under det *halve* sammenlignet med udbringning oven på jorden ved vinter- og forårsudbringning. Der var ikke signifikant forskel mellem de tre udbringningstider: december, februar og april. Dvs., at gylle udbragt oven på hveden i december har givet samme udbytte som forårsudbragt gylle.

Tabel 21. Udbytte, hkg kerne pr. ha, uden N-tilførsel og efter tilførsel af 150 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ pr. ha i svinegylle. Vintersød.
Yield, dt grain/ha, without N-application and after application of 150 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ /ha in pig slurry. Winter crops.

	O N	Sept./okt.	Dec.	Feb.	April
	Control				
		Askov, hvede, winter wheat			
1986	12,4	21,5	51,6	57,7	55,9
1987	18,6	27,3	48,0	36,4	47,5
1988	12,6	17,0	34,4	48,6	37,9
1989	15,5	20,0	40,8	45,6	45,2
Gns.	14,8	21,5	43,7	47,1	46,6
Average					
		Lundgård, rug, rye			
1986 *)	15,5	18,7	24,7	31,9	25,9
1987	9,7	15,7	31,7	35,6	37,4
1988	16,0	21,4	23,1	40,0	37,2
1989	15,3	19,9	30,2	36,0	34,4
Gns.	14,1	18,9	27,4	35,9	33,7
Average					

*) Byg efter udvintret vintersød.
Spring barley after winter crops.

På Lundgård (JB 1), nederste halvdel af tabel 21, har nedpløjning af gylle før såning, september/oktober givet meget små merudbytter. Der er kun opnået et gennemsnitsudbytte på ca. 5 hkg kerne pr. ha mere end uden N-tilførsel. Det må antages, at det tilførte kvælstof med gyllen er nitrificeret og nedvasket i løbet af vinterhalvåret.

Overfladeudbringning har i december måned givet signifikant mindre kerneudbytte end udbringning i februar og april måned, i modsætning til hvad der var tilfældet på den lidt sværere jord (JB 5), hvor der ikke var signifikant forskel i udbyttet mellem de tre udbringningstidspunkter.

I alle fire år var der ved Lundgård en tendens til størst kerneudbytte ved februarudbringning, men udbyttet var dog ikke signifikant forskellig fra gylle udbragt i april. Det lidt lavere udbytte kan skyldes for sent udbragt gødning. Tidligere undersøgelser (14) over forskellig udbringningstid af kvælstof til vintersød viste, at der opnåedes 3-6 hkg kerne pr. ha mere ved tidlig udbringning, fremfor at udsætte gødningsudbringning ca. 4 uger.

Iblanding af nitrifikationshæmmere

Fig. 12 viser udbytterelationer, hkg kerne pr. ha, ved Askov og Lundgård efter tilførsel af stigende N-mængder i kas. udbragt om foråret og efter gylletilførsel på forskellige tidspunkter med og uden nitrifikationshæmmere.

Ved Lundgård 1986 udvintrede vintersæden, men i den eftersåede vårbyg fandtes god virkning af gyllen. Det skyldtes for kraftig gødskning, at udbyttet var lavere efter apriludbragt end efter vinterudbragt gylle. 150 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ i forårsudbragt svinegylle pr. ha var ligesom 180 kg N pr. ha i kas. for meget til vårbyg.

Der har for alle årene været positivt udslag for iblanding af nitrifikationshæmmere ved første udbringning (nedpløjning af gylle før såning). Endvidere fremgår det af fig. 12, at 150 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ pr. ha i gylle udbragt i december, februar og april gennemgående har givet samme udbytte som tilsvarende mængder N i forårsudbragt kas.

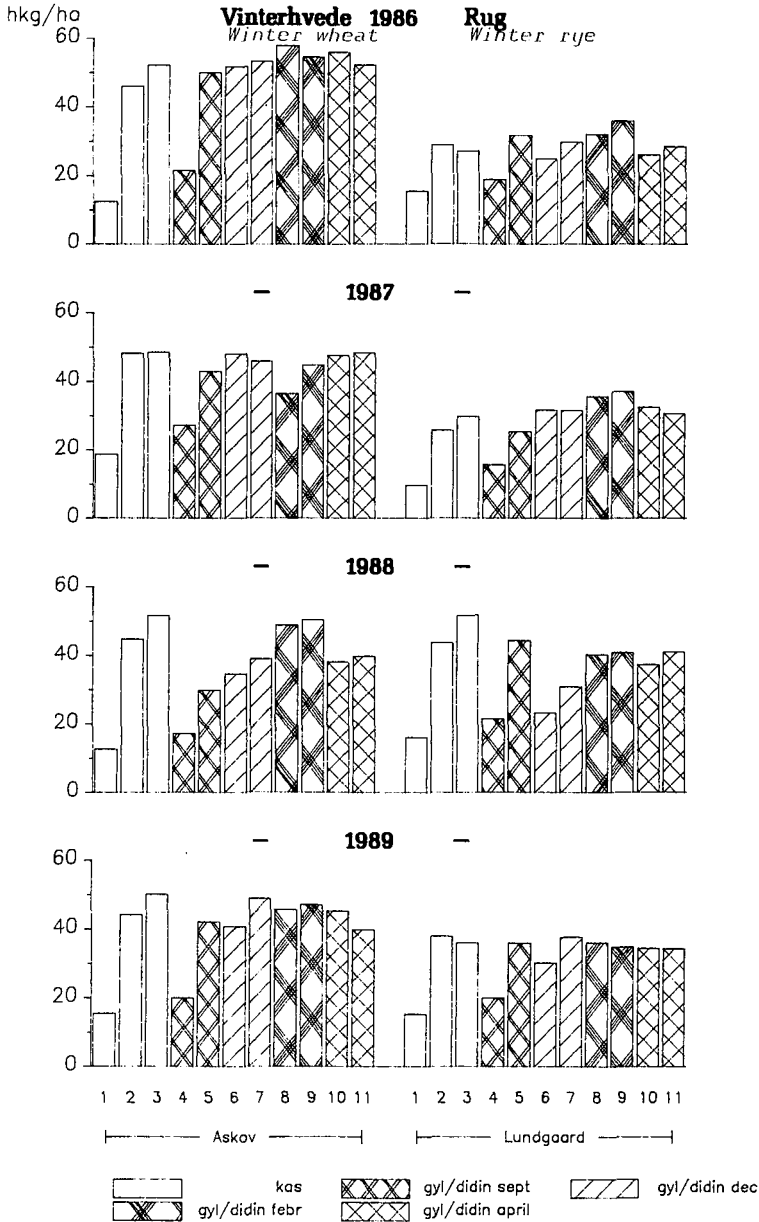


Fig. 12. Udbytte i vinterhvede og -rug (hkg kerner/ha) efter forårsudbragt kas. og efter tilførsel af svinegylle -/+ nitrifikationshæmmere. Yield in winterwheat and winter-rye (dt grain/ha) after spring applied CAN and after application of pig slurry with and without Didin.

Merudbytte ved anvendelse af nitrifikationshæmmere

Generelt har der i de fire år været udslag for iblanding af nitrifikationshæmmere i gyllen, som det fremgår af tabel 22.

Tabel 22. Udbytte, hkg kerne pr. ha i vintersæd med og uden nitrifikationshæmmere i gyllen. Gns. af 4 år og 2 steder. *Yield, dt grain/ha, in winter crops with (+) and without (-) inhibitors in slurry. Avrage of 8 experiments.*

	+	-	LSD
Askov	45,5	39,5	0,9
Lundgård	34,3	28,6	4,2

Denne positive effekt af nitrifikationshæmmere er primært knyttet til virkning ved udbringning af gyllen før såning, september/oktober som det ses af tabel 23.

Tabel 23. Merudbytte i hkg kerne pr. ha, og i pct. for iblanding af nitrifikationshæmmere i svinegyde. Vintersæd. *Additional yield, dt grain/ha, and per cent, by mixing inhibitors in pig slurry. Winter crops.*

	hkg kerne/ha, dt grain/ha				pct. per cent			
	sep./okt.	dec.	feb.	april	sep./okt.	dec.	feb.	april
Udbringnings- tidspunkt <i>Time of application</i>								
	Askov, hvede, wheat							
1986	28,5	1,6	-3,3	-3,6	132	3	-6	-6
1987	15,6	-2,1	8,3	0,9	57	-4	23	2
1988	12,7	4,4	1,6	1,9	74	13	3	5
1989	22,1	8,1	1,5	-5,4	110	20	3	-12
Gns.	19,7	3,0	2,0	-1,6	93	8	6	-3
Average								
	Lundgård, rug, rye							
1986	12,9	5,1	3,9	2,4	69	20	12	9
1987	9,6	-2,0	1,4	-8,3	61	-1	4	-6
1988	22,8	7,6	-1,2	3,6	106	33	2	10
1989	16,1	7,5	-1,2	-0,1	80	25	-3	0
Gns.	15,4	4,6	0,7	-0,6	79	19	4	3
Average								

Som gennemsnit af alle årene er det kun ved september/oktober-udbringning der har været signifikant udslag for iblanding af nitrifikationshæmmere i svinegyde. Ved Askov er der gennemsnitligt opnået et merudbytte på 19,7 hkg kerne pr. ha svarende til godt 93 pct. merudbytte. Ved Lundgård er de tilsvarende tal 15,4 og 79.

Virkning i forhold til forårsudbragt gylle

Som følge af varierende temperaturforhold var der varierende merudbytte i kerne for at blande nitrifikationshæmmere i gyllen.

Tabel 24. Merudbytte og udbytte i vintersæd hkg kerne pr. ha, for iblanding af nitrifikationshæmmere i gylle i forhold til forårsudbragt gylle.
Additional yield and yield in winter crops, dt grain/ha, by mixing inhibitors in slurry in relation to spring applied slurry.

	Sep./okt.	Dec.	Feb.	Forår
År	Askov, hvede, wheat			
Years				
1986	-4,1	-0,9	0,3	<u>54,1</u>
1987	-5,1	-2,1	-3,3	<u>47,9</u>
1988	-9,2	0,0	11,4	<u>38,9</u>
1989	-0,4	6,4	4,6	<u>42,5</u>
Gns.	-4,7	0,8	3,3	<u>45,9</u>
Average				
	Lundgård, rug, rye			
1986 *)	4,5	2,7	8,7	<u>27,1</u>
1987	-6,2	0,0	5,5	<u>31,5</u>
1988	5,2	-8,3	1,8	<u>39,0</u>
1989	1,3	-0,6	4,1	<u>34,4</u>
Gns.	1,2	-1,6	5,0	<u>33,0</u>
Average				

*) Vårbyg efter udvintret vintersæd.
Spring barley after winter crop.

Ved Askov (JB 5) var kerneudbyttet ved udbringning af gylle og nitrifikationshæmmere i september/oktober måned som gennemsnit af fire år signifikant mindre end efter februarudbragt gylle, som gav større udbytte.

På Lundgård derimod gav gylle og nitrifikationshæmmere udbragt i september/oktober i gennemsnit lige så store kerneudbytter som forårsudbragt gylle, hvor der i lighed med Askov er målt størst udbytte ved februarudbringning.

Kvælstofudbytte

I tabel 25 er vist kvælstofudbyttet høstet, kg N pr. ha, i kerne og halm af vintersæd.

Tabel 25. Udbytte ved O N og merudbytte, kg N pr. ha, i vintersæd (kerne og halm) efter forårsudbragt N i kas. og efter tilførsel af svinegylle med (+) og uden (-) nitrifikationshæmmere.
Yield and additional yield, kg N/ha, in winter crops (grain and straw) after spring applied N in Can, and after pig slurry with (+) and without (-) inhibitors.

N i kas. kg N/ha forårsudbragt N in Can, kg/ha spring application				Svinegylle (150 kg NH ₄ -N/ha) med og uden nitrifikationshæmmere Pig slurry (150 kg NH ₄ -N/ha) with and without inhibitors							
				sep./okt.		dec.		feb.		april	
O N	90 N	180 N		-	+	-	+	-	+	-	+
Askov, vinterhvede, winter wheat											
1986	<u>20,5</u>	57,1	99,5	14,6	66,5	69,5	67,8	83,3	83,4	91,0	84,1
1987	<u>30,8</u>	59,5	96,8	14,8	44,8	49,6	46,9	31,6	44,9	54,4	54,8
1988	<u>18,6</u>	54,9	105,1	6,7	20,5	33,6	42,7	63,2	69,7	42,6	43,6
1989	<u>27,6</u>	64,0	112,0	11,1	67,3	52,7	71,2	60,5	65,9	78,6	69,7
Gns.	<u>24,4</u>	58,9	103,4	11,8	49,8	51,4	57,2	59,6	66,0	66,7	63,1
Average											
Lundgård, rug, rye											
1986*)	<u>26,4</u>	34,0	57,1	6,3	46,6	43,1	65,4	63,2	62,5	37,0	31,8
1987	<u>19,9</u>	32,1	53,9	10,9	30,9	51,2	48,2	57,7	64,6	74,0	56,5
1988	<u>29,3</u>	34,9	76,1	12,1	48,8	14,1	23,8	61,0	66,5	45,2	49,8
1989	21,2	50,0	66,1	4,2	30,3	20,2	37,1	51,3	48,7	42,7	46,7
Gns.	24,2	37,8	63,3	8,4	39,2	32,2	43,6	58,3	60,6	49,7	46,2
Average											

*) Vårbyg efter udvintret vintersæd, spring barley after winter crop.

Der var relativ stor N-optagelse i afgrøden ved forårsudbragt kas., og størst ved hvede, Askov.

Det ses af tabel 25, at der ved udbringning af gylle *uden* nitrifikationshæmmere ved Askov som gennemsnit af fire år er høstet 54,9 kg N pr. ha *mere* ved apriludbringning sammenlignet med september/oktober (66,7-11,8 = 54,9).

Samme forhold gør sig gældende for Lundgård. Det må antages at det meste af det efterårsudbragte N i gylle er nedvasket.

Beregnet på den samlede N-optagelse i kerne og halm, kg N pr. ha, ved Askov, svarer virkning af 150 kg NH₄-N pr. ha i gylle forårsudbragt som gennemsnit af fire år til ca. 110 kg N pr. ha tilført med kas. Det tilsvarende tal for februarudbragt gylle, som gav højest udbytte ved Lundgård, var ca. 160.

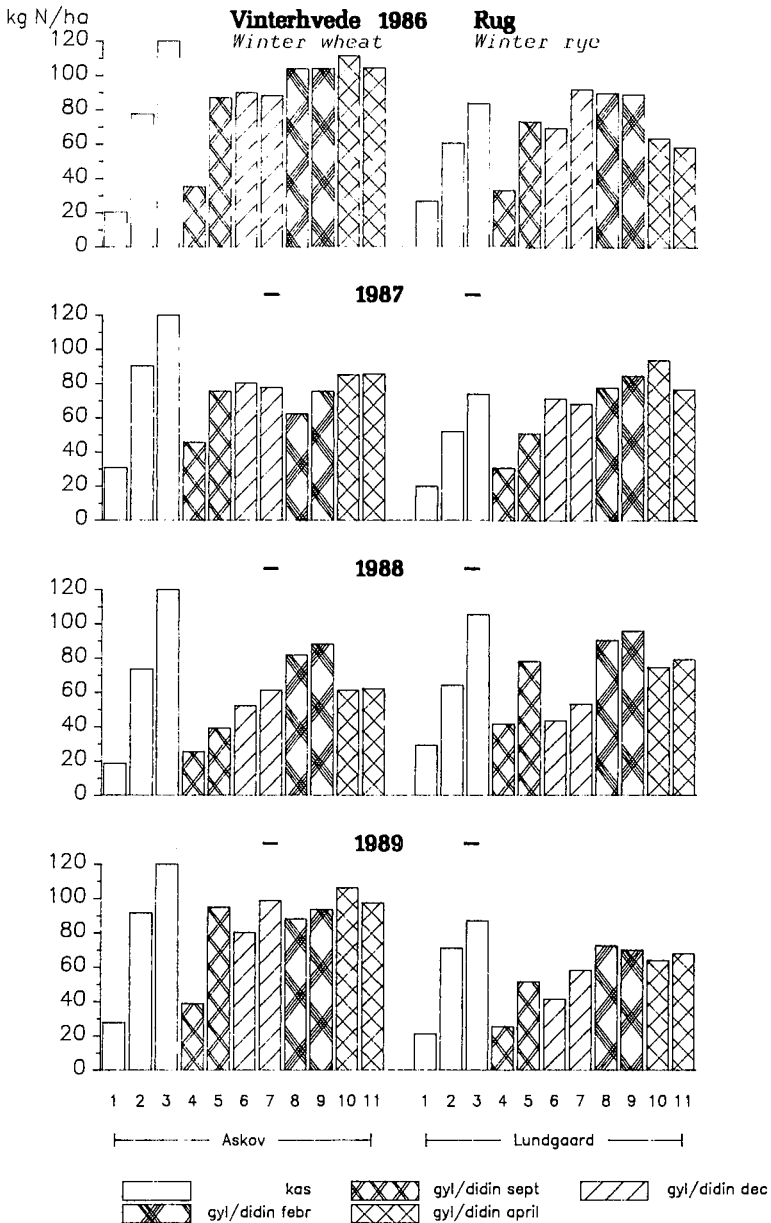


Fig. 13. Udbytte i vinterhvede og -rug (kørne + halm) efter forårsudbragt kas. og efter tilførsel af svinegylle -/+ nitrifikationshæmmere. Yield in winterwheat and -rye (grain + straw) after spring applied CAN and after application of pig slurry with and without Didin.

Variationen i kvælstofoptagelse følger stort set samme variation som kerneudbyttet, dog er der relativt stort kvælstofudbytte ved højt udbyttensniveau, som følge af relativ større procentisk N-indhold i kerne og halm.

Sammendrag, vintersæd

Nedpløjning af svinegylle og Didin umiddelbart før såning af vintersæd gav i gennemsnit af fire år og to jordtyper ca. 85 pct. (variation 132-57) højere kerneudbytte end uden anvendelse af Didin.

På sandjord (JB 1), rug, er der som gennemsnit af fire år opnået samme udbytte i kerne efter nedpløjning af svinegylle og Didin før såning, som ved overfladeudbringning om foråret. På sandblandet lerjord (JB 5), har udbyttet været ca. 5 hkg kerne pr. ha mindre ved efterårsudbringning af Didin og gylle sammenlignet med udbringning af gylle oven på jorden om foråret.

Uden anvendelse af nitrifikationshæmmere er der som gennemsnit af de to jordtyper høstet ca. 80 pct. mere kvælstof ved apriludbringning sammenlignet med udbringning og nedpløjning af gylle før såning i september/oktober. Det må antages at det meste af det i efteråret tilførte N i gylle er nedvasket i løbet af vinterhalvåret.

6.5 Jordprøver

Som supplement til undersøgelser over gylle + Didins N-virkning på tørstofudbyttet er der i 1987 udtaget jordprøver ved Askov og Lundgård til undersøgelse for eventuel N-nedvaskning.

I hvedeforsøget ved Askov er der fundet relativt små N-koncentrationer i jord om foråret, hvor gyllen er udbragt og nedpløjet før såning 23/9-86, og der var stort set ingen udslag af nitrifikationshæmmere ved prøveudtagningstidspunktet den 22/04-87 jf. tabel 26.

Derimod fandtes ved overfladeudbringning den 9/12-86 relativt meget kvælstof i det øverste jordlag (0-25) i jordprøver udtaget den 22/4-87, og der var tydeligt udslag for iblanding af nitrifikationshæmmere. Hvor der *ikke* er anvendt nitrifikationshæmmere er der fundet henholdsvis 19,3 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$ og 31,7 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$ i det øverste jordlag. Ved anvendelse af nitrifikationshæmmere er de tilsvarende tal henholdsvis 1,8 og 112,1.

Resultaterne viste endvidere, at der på prøveudtagningstidspunktet ikke er fundet nogen N-nedvaskning sted, da indholdet i jordprøver udtaget under 25 cm var af samme størrelsesorden som ved ugødet parcel.

Tabel 26. Koncentration, ppm, af $\text{NO}_3\text{-N}$ og $\text{NH}_4\text{-N}$ i jordprøver udtaget den 22. april 1987 ved Askov. Vinterhvede.
Concentration, ppm, of $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NH}_4\text{-N}$ in soil sample taken the 22nd April 1987 at Askov. Winter wheat.

Dybde i cm <i>Depth in cm</i>		0-25	25-50	50-75
		ppm		
Ugødet, control	$\text{NO}_3\text{-N}$	1,7	0,9	0,6
	$\text{NH}_4\text{-N}$	0,8	0,4	0,4
Udbragt, applied				
<u>23.09.86</u>				
Gylle - Didin	$\text{NO}_3\text{-N}$	2,3	1,3	1,2
Slurry - Didin	$\text{NH}_4\text{-N}$	1,2	0,3	0,4
Gylle + Didin	$\text{NO}_3\text{-N}$	1,6	1,7	3,7
	$\text{NH}_4\text{-N}$	1,3	0,5	0,4
<u>09.12.86</u>				
Gylle - Didin	$\text{NO}_3\text{-N}$	19,3	1,4	0,9
Slurry - Didin	$\text{NH}_4\text{-N}$	31,7	1,8	0,8
Gylle + Didin	$\text{NO}_3\text{-N}$	1,8	0,8	0,8
	$\text{NH}_4\text{-N}$	112,1	2,0	2,0

Ved Lundgård blev der udtaget jordprøver i roer og kartofler (tabel 27). Her blev der konstateret en vis nedvaskning og der var tydeligt udslag for iblanding af nitrifikationshæmmere.

Ved prøveudtagning i roerne den 23/4-87 ses det (tabel 27), at ved sammenligning mellem ugødet og uden anvendelse af nitrifikationshæmmere ved udbringning og nedpløjning den 28/10-86, fandtes relativ høj $\text{NO}_3\text{-N}$ -koncentration i jordprøverne. Der var tendens til stigende $\text{NO}_3\text{-N}$ -indhold (4,9 til 7,3 ppm) med stigende jorddybder, hvorimod $\text{NH}_4\text{-N}$ -indholdet ikke afveg fra ugødet led.

Ved anvendelse af nitrifikationshæmmere fandtes der i det øverste jordlag $\text{NO}_3\text{-N}$ -koncentrationer på 16,4 og $\text{NH}_4\text{-N}$ -koncentrationer på 40,4. Der var tilsyneladende ikke nedvasket $\text{NO}_3\text{-N}$ medens der fandtes tydelig højere $\text{NH}_4\text{-N}$ -koncentrationer 12,1 ppm, i laget fra 25-50 cm.

Prøver udtaget i kartofler den 26/6-87, ca. to måneder senere, viser tydeligt udslag for nitrifikationshæmmere. Som det fremgår af tabel 27, er der væsentlig højere nitrat-N-koncentrationer hvor der er anvendt nitrifikationshæmmere. I jordlaget 25-50 fandtes der 4,5 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$ uden brug af nitrifikationshæmmere og ca. 10 gange så meget hvor der er iblandet nitrifikationshæmmere. På det fremskredne tidspunkt, den 26/6, er nitrifikationshæmmerne nedbrudt og ammoniumindholdet i jord er nitrificeret.

Tabel 27. Koncentration, ppm, af $\text{NO}_3\text{-N}$ og $\text{NH}_4\text{-N}$ i jordprøver udtaget ved Lundgård. Roer og kartofler.
Concentration, ppm, of $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NH}_4\text{-N}$ in soil samples at Lundgård. Beets and potatoes.

Udtagnings dato <i>Date of sampling</i>		23.04.87 Roer, beets			26.06.87 Kartofler, potatoes		
Dybde i cm <i>Depth in cm</i>		0-25	25-50	50-75	0-25	25-50	50-75
Ugødet, control	$\text{NO}_3\text{-N}$	2,9	2,2	0,4	1,3	5,1	2,4
	$\text{NH}_4\text{-N}$	1,0	1,7	0,2	1,1	0,8	0,5
28.10.86							
Gylle - Didin	$\text{NO}_3\text{-N}$	4,9	4,9	7,3	3,3	4,5	2,9
Slurry - Didin	$\text{NH}_4\text{-N}$	0,8	1,5	0,2	1,0	0,4	0,1
Gylle + Didin	$\text{NO}_3\text{-N}$	16,4	1,9	1,0	3,0	43,3	14,1
Slurry + Didin	$\text{NH}_4\text{-N}$	40,4	12,1	2,2	1,4	6,2	1,9

6.6 Denitrifikation efter anvendelse af Didin

Foruden nedsættelse af risikoen for nedvaskning af kvælstof ved anvendelse af nitrifikationshæmmere, mindskes også risikoen for tab ved denitrifikation jf. fig. 1.

Ved udbringning af gylle i vinterhalvåret, hvor jorden er vandmættet, og specielt på lerjord, iltfattig, vil der være mulighed for denitrifikation af gyllens eventuelle nitrificerede ammoniumkvælstof. At denitrifikation under visse omstændigheder kan være ret betragtelig, er bl.a. vist under engelske jordbunds- og klimaforhold (5). Man fandt, at tab af kvælstof til atmosfæren som følge af denitrifikation efter udbringning af kvæggylle på græs i vinterhalvåret kunne andrage ca. 0,8 kg N pr. ha pr. dag. Det totale tab ved denitrifikation kunne komme op på 30-40 pct. af tilført ammoniumkvælstof i kvæggylle. Nitrifikationshæmmerne, dicyandiamid, Didin, reducerede kvælstoftabet ved denitrifikation med ca. 70 pct. Man fandt ingen effekt af nitrapyrin (N-Serve 240 E) på denitrifikationen.

I de danske undersøgelser over iblanding af Didin i gylle, er der i marts måned foretaget målinger af denitrifikation i jorden i hvedeafgøde efter overfladeudbragt svinegylle henholdsvis med og uden Didin (Michael Maag).

Der blev ikke ved denne undersøgelse fundet statistisk sikre forskelle (5%) mellem prøver udtaget fra led med og uden Didin. Den gennemsnitlige aktivitet var 0,02 μg N pr. kg jord pr. time.

7. LYSIMETERFORSØG

Undersøgelser over kvælstofudvaskning efter anvendelse af gylle iblandet nitrifikationshæmmere er undersøgt i *fastliggende* forsøg i lysimetre ved Askov.

7.1 Metodik

De anvendte lysimeterkar har en diameter på 1 m og drændybde på 1 1/2 m. En detaljeret beskrivelse af lysimeterforsøgsanlæg er bl.a. offentliggjort af Kjellerup (15).

Jorden til lysimeterkarrene blev udtaget lagvis i marken ved henholdsvis Lundgård og Rønhave Forsøgsstationer. De enkelte lag blev derefter sigtet og blandet og anbragt lagvis i lysimeterkarrene uden pakning. Samtidig med ifyldning blev der udtaget prøver til teksturanalyse (tabel 28).

Tabel 28. Textur og C-indhold i de enkelte lag.
Texture and C-content in the soil.

Dybde cm <i>Depth cm</i>	pct. C % C	pct. ler % Clay	pct. silt % Silt	pct. fin- sand % Fine- sand	pct. grov- sand % Coarse- sand
Lerjord (JB 7), <i>clay soil</i>					
0-30	1,19	11,7	16,3	46,3	23,7
30-60	0,49	13,8	14,7	46,1	47,5
60-100	0,14	18,6	17,4	43,3	20,4
Sandjord (JB 1), <i>sand soil</i>					
0-25	1,07	3,7	4,8	22,1	67,6
25-50	0,37	3,5	3,5	14,3	78,1
50-100	0,09	2,1	1,4	5,3	91,0

7.2 Forsøgsplan

Experimental layout

I Afgrøder, *crops*

Vårbyg, to år, *spring barley, two years*
 Roer, et år, *beets, one year*
 Vintersæd, to år, *winter crop, two years*

II Gødskning

fertilization

1 Ingen, *control*

2 1 N i urea forårsudbragt, *spring application*

3 2 N - - - -

4 2 N i gylle udbragt, sept./okt. - Didin

slurry applied - - -

5 2 N - - - + -

6 2 N - - - december - -

7 2 N - - - - + -

8 2 N - - - april - -

Vårbyg

Vintersæd

Roer

Spring barley

Winter crop

Beets

Gylleart

Kvæg

Svin

Svin

Type of slurry

Cattle

Pig

Pig

Total-N, g N pr. m²

20,8

19,6

38,1

NH₄-N - - - -

12,0

15,0

22,0

Urea-N - - - -

12

15

22

III Jordtyper, *soil type*

a. Sandjord, (JB 1), *sand soil*

b. Lerjord, (JB 7), *clay soil*

Forsøget er gennemført som fastliggende forsøg med hensyn til kvælstof- og Didintilførsel, med to gentagelser pr. led. Sædskiftet var følgende: Vårbyg, roer, vårbyg, vinterhvede og vinterhvede.

Gødskning

Ved roer og vårbyg blev gyllen i alle tilfælde nedgravet lige efter udbringning. Til vintersæd blev gyllen ved første udbringning (september/oktober) straks nedgravet efter udbringning, hvorefter der blev sået. Ved de øvrige udbringningstidspunkter er gyllen overfladeudbragt.

Kvælstof i urea blev bragt ud til korn om foråret.

Ved roer er kvælstof i urea bragt ud ad to gange. Halvdelen ved såning og resten efter

udtynding.

Den anvendte gylle blev ved hver udbringning analyseret for indhold af plantenæringsstoffer. Det gennemsnitlige indhold i henholdsvis kvæg- og svinegylle fremgår af tabel 29.

Tabel 29. Plantenæringsstofindhold i kvæg- og svinegylle.
Gns. Lysimeterforsøg.
Plant nutrients in cattle and pig slurry.
Average Lysimeter experiment.

	Pct. i foreliggende stof % in fresh material	
	Kvæggylle <i>Cattle slurry</i>	Svinegylle <i>Pig slurry</i>
Tørstof, DM.	5,92	5,03
Total-N	0,357	0,506
NH ₄ -N	0,206	0,388
P	0,094	0,140
K	0,363	0,314

Udbyttebestemmelser

Udbytte af de enkelte afgrøder er omregnet til foderenheder (FE) pr. m².

Ved beregning er anvendt nedenstående omregningsfaktorer.

kg tørstof pr. FE				
kg DM per feed unit				
Byg,	0,87	kerne	3,33	halm
<i>Spring barley</i>		<i>grain</i>		<i>straw</i>
Vinterhvede,	0,83	kerne	4,16	halm
<i>Winter wheat</i>		<i>grain</i>		<i>straw</i>
Foderbeder,	1,03	rod	1,20	top
<i>Fodder beets</i>		<i>root</i>		<i>leaves</i>

Drænvand

Gennemsnitsvandet er opsamlet hver anden uge og analyseret for NO₃-N.

Efter måling af nitrat er vandprøverne blandet sammen repræsenterende følgende tidsperiode:

- I Fra begyndelse af afstrømning i efteråret til 30. november.
- II Fra 1. december til 31. januar.
- III 1. februar til afstrømningens afslutning.

I de sammenvejede vandprøver er der lavet totalanalyse som beskrevet nedenfor.

Analyser

Afgrøderne er analyseret for total-N, (Kjeldahl).

Gennemsvivningsvandet (drænvand) er analyseret for $\text{NO}_3\text{-N}$. I vandprøver opsamlet i de tre perioder er der desuden foretaget bestemmelse af vandopløseligt P (ascorbinsyremetode), Cl (elektrometrisk titrering med AgNO_3), K, Na, Ca og Mg (flammefotometri), $\text{SO}_4\text{-S}$ (titrerings-analyse, indikator, thorin) samt HCO_3 og ledningsevne (mho).

Til kontrol af analyseresultaterne er der for hver vandprøve foretaget beregning af a-nion-kationbalance.

7.3 Resultater.

7.3.1 Udbytter

I tabel 30 er vist udbytterne, i FE pr. m^2 , fra de enkelte år.

For samme tilførsel af uorganisk N, ($\text{NH}_4\text{-N}$) i gylle til roer er der ved vinter og forårsudbragt gylle opnået signifikant større udbytte end efter forårsudbragt N i urea.

Eksempelvis har tilførsel af 22 g N pr. m^2 til roer på lerjord givet et merudbytte på 1,23 FE pr. m^2 ved urea-N-tilførsel, medens der ved forårsudbragt gylle er opnået et merudbytte på 1,57 FE pr. m^2 . De tilsvarende tal for sandjord er henholdsvis 1,20 og 1,59.

I kerne er der ingen signifikant forskel i udbyttet mellem tilførsel af samme kvælstofmængde i urea og forårsudbragt $\text{NH}_4\text{-N}$ i gylle.

Tabel 30. Udbytte og merudbytte efter tilførsel af urea og efter tilførsel af gylle med (+) og uden (-) nitrifikationshæmmere (FE pr. m²), (rod og top) eller (kerne og halm). Lysimeterforsøg.
 Yield and additional yield after application of urea and after application of slurry with (+) and without (-) inhibitors, feed unit per m² (root and laves) or (grain and straw).
 Lysimeter experiment.

	N tilført i urea forårsudbragt			Gylletilførsel med (+) og uden (-) nitrifikationshæmmere Slurry with (+) and without (-) inhibitors				
	N-supplied in urea spring application							
Led	O N	1 N	2 N	Oktober		December		April
				-	+	-	+	-
						Lerjord, clay		
Vårbyg	<u>0,21</u>	0,32	0,56	0,10	0,12	0,45	0,57	0,59
Spring barley								
Roer	<u>1,16</u>	0,87	1,23	0,85	1,23	1,29	1,61	1,57
Beet								
Vårbyg	<u>0,21</u>	0,33	0,62	0,36	0,46	0,49	0,57	0,66
Spring barley								
Vinterhvede	<u>0,14</u>	0,24	0,52	0,04	0,12	0,26	0,37	0,51
Winter wheat								
Vinterhvede	<u>0,27</u>	0,34	0,59	0,21	0,28	0,52	0,61	0,63
Winter wheat								
						Sandjord, sand		
Vårbyg	<u>0,18</u>	0,27	0,44	0,0	0,04	0,22	0,33	0,47
Spring barley								
Roer	<u>0,88</u>	0,83	1,20	0,32	0,51	0,95	1,44	1,59
Beet								
Vårbyg	<u>0,14</u>	0,26	0,51	0,12	0,23	0,35	0,39	0,53
Spring barley								
Rug	<u>0,17</u>	0,24	0,42	0,13	0,21	0,21	0,20	0,50
Rye								
Rug	<u>0,11</u>	0,26	0,40	0,07	0,13	0,26	0,33	0,38
Rye								

Virkning af nitrifikationshæmmere

Udbytte, FE pr. m² og g N pr. m².

Som det fremgår af fig. 14, er der som gennemsnit af fem år med det anvendte sædskifte højest størst udbytte på leriord.

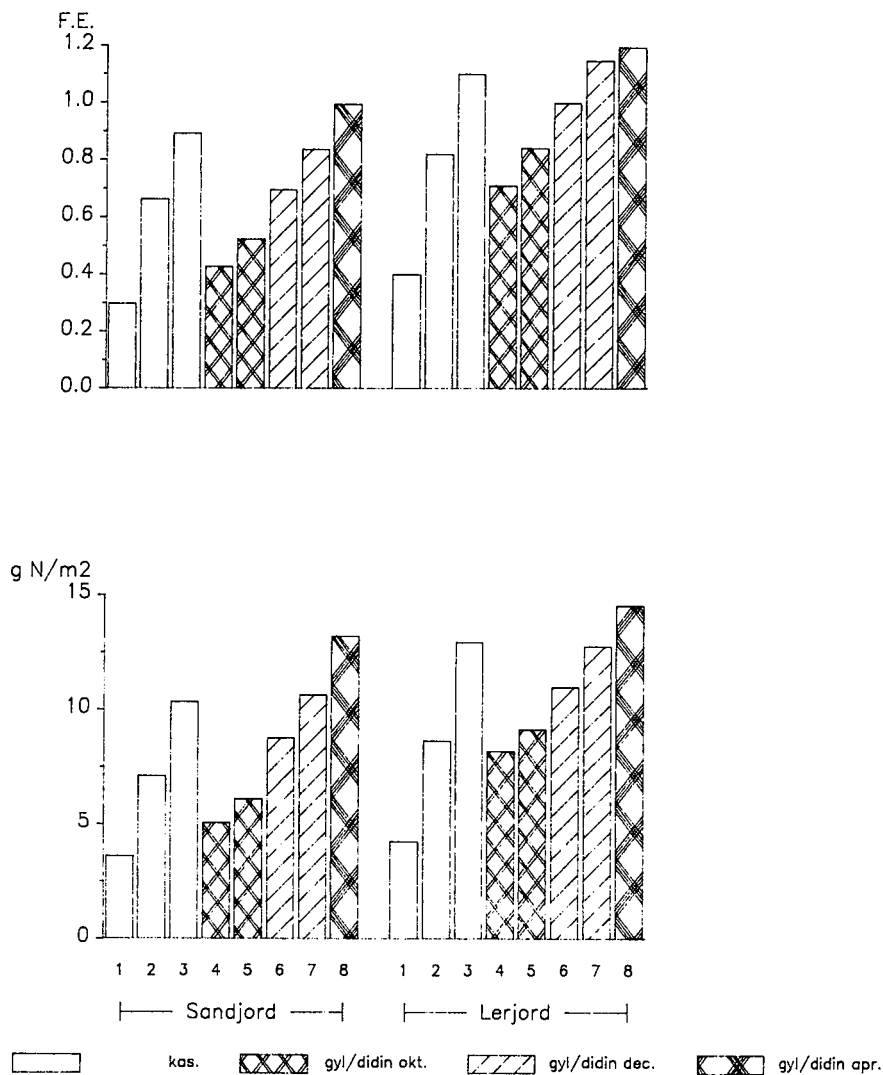


Fig. 14. Udbytte, efter forårsudbragt urea og efter tilførsel af husdyrgødning +/- nitrifikationshæmmere. Gns. sædskifte. Lysimeterforsøg. Yield after spring applied Urea and after application of farmyard manure with and without Didin. Average crop rotation. Lysimeter experiment.

Der har ved de to gylleudbringningstidspunkter været positiv effekt for iblanding af nitrifikationshæmmere. Denne gennemsnitlige positive virkning af nitrifikationshæmmere skyldes fortrinsvis det store merudbytte, som er opnået i roerne jf. tabel 30.

Som gennemsnit af fem år har oktoberudbragt gylle iblandet nitrifikationshæmmere givet omtrent samme udbytte, som halv dosering af forårsudbragt urea-N. Det gælder såvel tørstofudbytte, FE pr. m², som N-udbyttet, g N pr. m².

Afstrømning, mm

Mængden af gennemsivningsvandet varierede såvel mellem årene som mellem jordtyperne.

Tabel 31. Mængden af gennemsivningsvand opsamlet i afstrømningsperioden.
Lysimeterforsøg.
The amount of leachate in the drainage period.
Lysimeter experiment.

Jordtype Soil type	mm gennemstrømningsvand mm leachate					
	1984/85	1985/86	1986/87	1987/88	1988/89	1989/90
Lerjord Clay soil	465	469	395	551	594	360
Sandjord Sand soil	520	548	486	567	611	422

Generelt er mængden af gennemsivningsvandet størst fra sandjord. På grund af den større vandkapacitet i lerjord, skal der mere nedbør til i efterårsmånederne for at "fylde" op til markkapacitet end på sandjord, derfor den generelt mindre afstrømningsmængde fra lerjord.

7.3.2 Virkning af nitrifikationshæmmere på nitrat-N-koncentrationen i gennemsivningsvandet.

Kvælstofudvaskningens størrelse efter gylleudbringning i september/oktober måned er primært afhængig af overskudsnedbør.

Jordtemperaturen så tidligt på efteråret er stort set ikke begrænsende for nitrifikation. Ammoniumkvælstof vil ved den givne jordtemperatur, typisk omkring ca. 10°C, hurtigt nitrificeres og dermed være udsat for nedvaskning.

Variationen i kvælstofindholdet i gennemsivningsvandet opsamlet og analyseret hver anden uge er vist i fig. 15

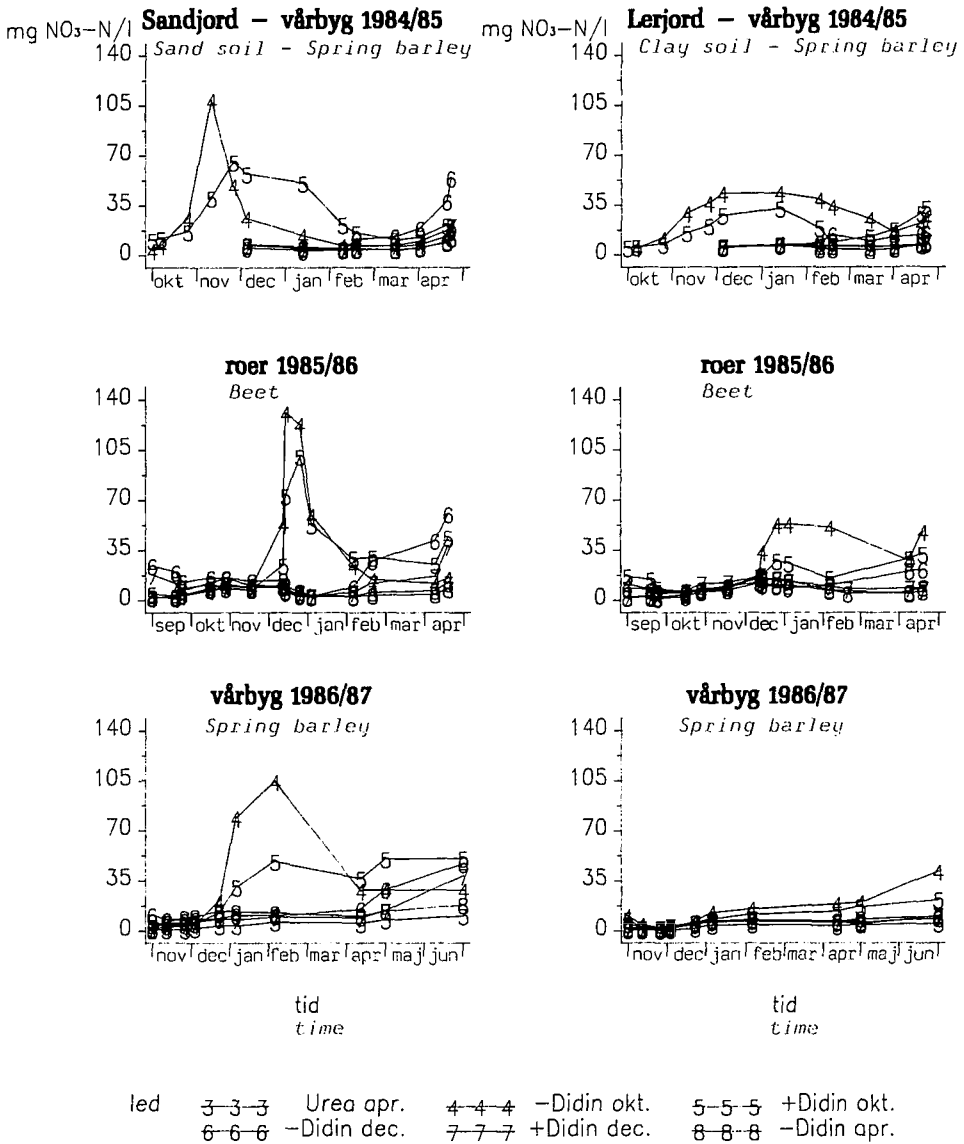


Fig. 15. Koncentration, mg NO₃-N/l, i gennemslivningsvandet efter tilførsel af gylle -/+ Didin til forårssåede afgrøder. Lysimeterforsøg. Concentration, mg NO₃-N/l, in drainage water after application of slurry with and without Didin. Lysimeter experiment.

Generelt ses af figurerne, at kvælstofudvaskningen udtrykt ved nitratkoncentrationen er forskellig for de to jordtyper.

Kvælstofudvaskningen strækker sig over et længere tidsrum på lerjord end på sandjord. Eksempelvis, ses det i led 5 1984/85, at N-udvaskning fra sandjord stort set strækker sig over en måned og når en maksimal koncentration på 110 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$, medens de tilsvarende tal for lerjord er ca. seks måneder og med en maksimal koncentration på ca. 40 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$.

Forskellen i N-nedvaskningen mellem de to jorde skyldes hovedsaglig forskellen i jordstrukturen (textur). For det første vil gennemsivning af vand være hurtigere på sandjord end på lerjord. For det andet vil der på sandjord være et større luftskifte på grund af den højere afstrømningsintensitet, hvorved der tilføres ilt, som fremmer nitrificering af ammoniumkvælstof. Desuden er mineraliseringshastigheden af organisk kvælstof i husdyrgødning afhængig af jordtype. Undersøgelser har vist, at højt lerindhold bevirker langsommere mineralisering (6, 7).

Vårbyg og roer.

Ud fra nitrat-N-koncentrationen kan det vurderes, at uden anvendelse af nitrifikationshæmmere ved første udbringning af gylle, september/oktober, er alt det omdannede ammoniumkvælstof nedvasket til under roddybde, ved afstrømningsperiodens afslutning. Det gælder såvel sandjord som lerjord (se fig 15). Nedvaskningen strækker sig over et længere tidsrum på lerjord sammenlignet med sandjord, som tidligere omtalt, men koncentrationen når ned på samme niveau som i det ugødede led, inden vækstperioden begynder (forår).

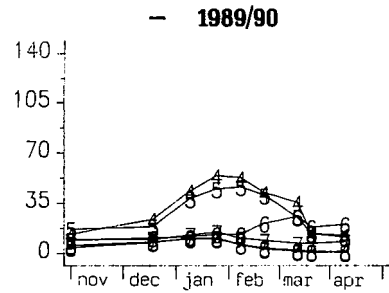
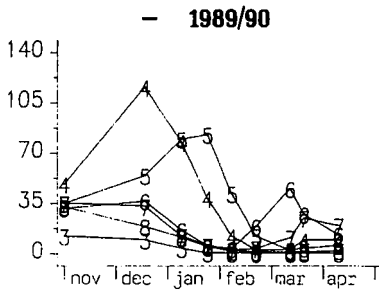
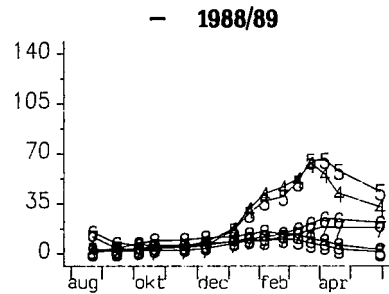
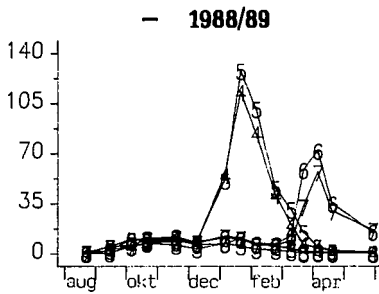
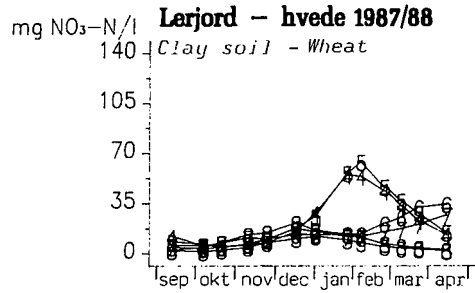
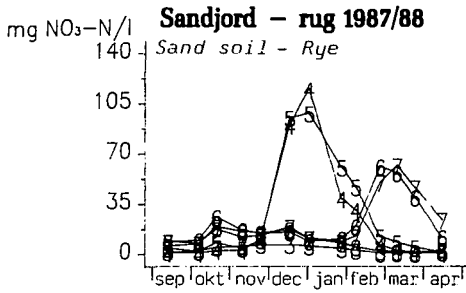
Tilsætning af nitrifikationshæmmere til gyllen ved den tidlige udbringning på sandjord har i nogen grad forsinket kvælstofnedvaskningen specielt i 1984/85 og 1986/87 med en relativ kold efterårsperiode og lav varmesum, jf. tabel 7. I 1986/87 med lang frostperiode var der generelt en lille nedvaskning fra lerjorden.

Vurderet ud fra nitrat-N-koncentrationen har nitrifikationshæmmere den største effekt på lerjord.

Ved gylleudbringning i december måned var der generelt en lille nitratkoncentration med en tendens til nogen virkning af nitrifikationshæmmere på sandjord, medens der ingen signifikant forskel var på lerjord.

Vintersæd

Som det fremgår af fig. 16 var der intet udslag på nitrat N-koncentrationen for iblanding af nitrifikationshæmmere i gylle til vintersæd.



tid
time

tid
time

led 3-3-3 Urea apr. 4-4-4 -Didin okt. 5-5-5 +Didin okt.
6-6-6 -Didin dec. 7-7-7 +Didin dec. 8-8-8 -Didin apr.

Fig. 16. Koncentration, mg NO₃-N/l, i gennemsnitsvandsvandet efter tilførsel af gylle +/- Didin til vintersæd. Lysimeterforsøg. Concentration, mg NO₃-N in drainage water after application of slurry with and without Didin to winter crop. Lysimeter experiment.

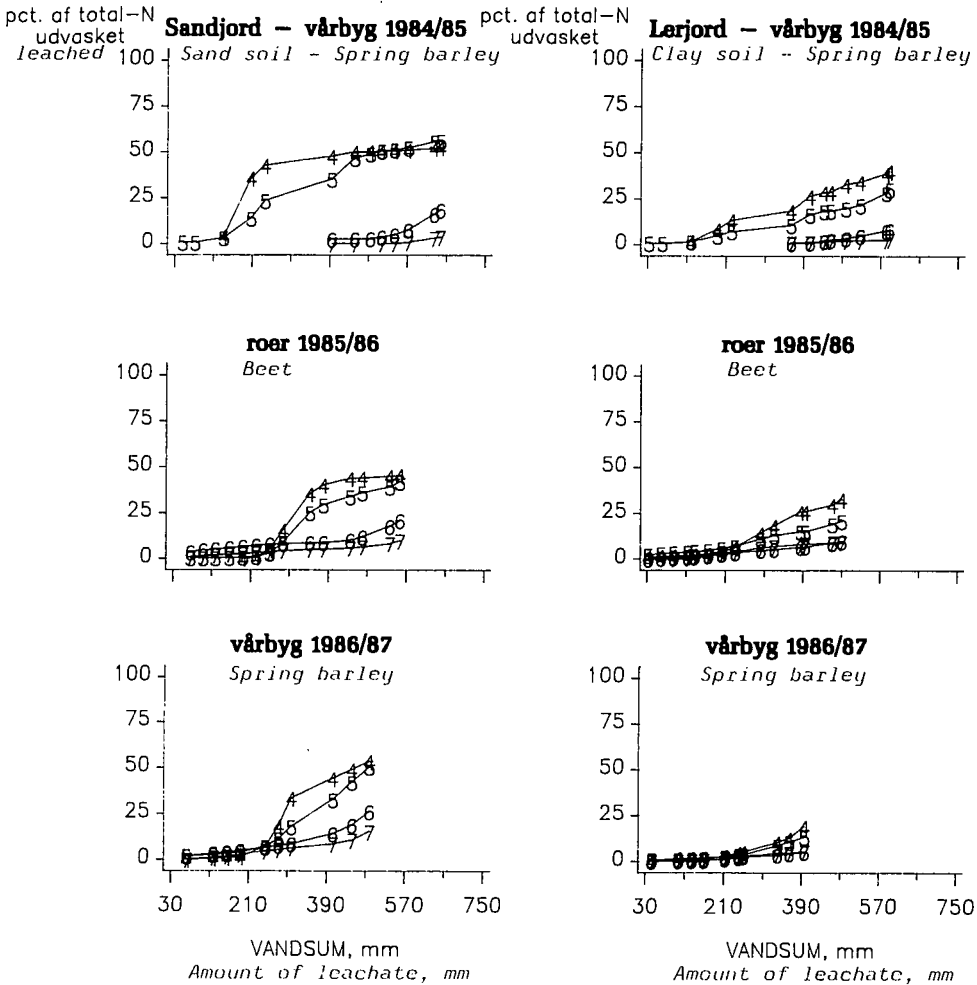
Det gælder såvel ved udbringning i september/oktober som ved decemberudbringningen, hvor nitrat-N-koncentrationen i begge år var under det halve af, hvad der blev målt ved første udbringning. Kvælstofudvaskning vurderet ud fra kvælstofkoncentrationen kan kun give et skøn over tidshorisonten for kvælstofnedvaskningen det enkelte år, men ikke hvor meget der er nedvasket.

Den samlede nedvaskning er afhængig af flere faktorer. Bl.a. mængden af gennemsivningsvand, mineralisering af organisk kvælstof i jorden, jordtype, nitrificering af tilført ammoniumkvælstof og denitrifikation.

Ved de her gennemførte forsøg er det ikke muligt at adskille præcis, hvor det udvaskede kvælstof hidrører fra. Om det stammer fra ammonium-N eller organisk-N i gyllen eller hvor meget, der eventuel fordamper ved denitrifikation. For at kvantificere, hvor meget og fra hvilke kilder det udvaskede kvælstof stammer fra, vil det være nødvendigt at bruge tracerforsøg under anvendelse af ^{15}N indlejret i gyllen.

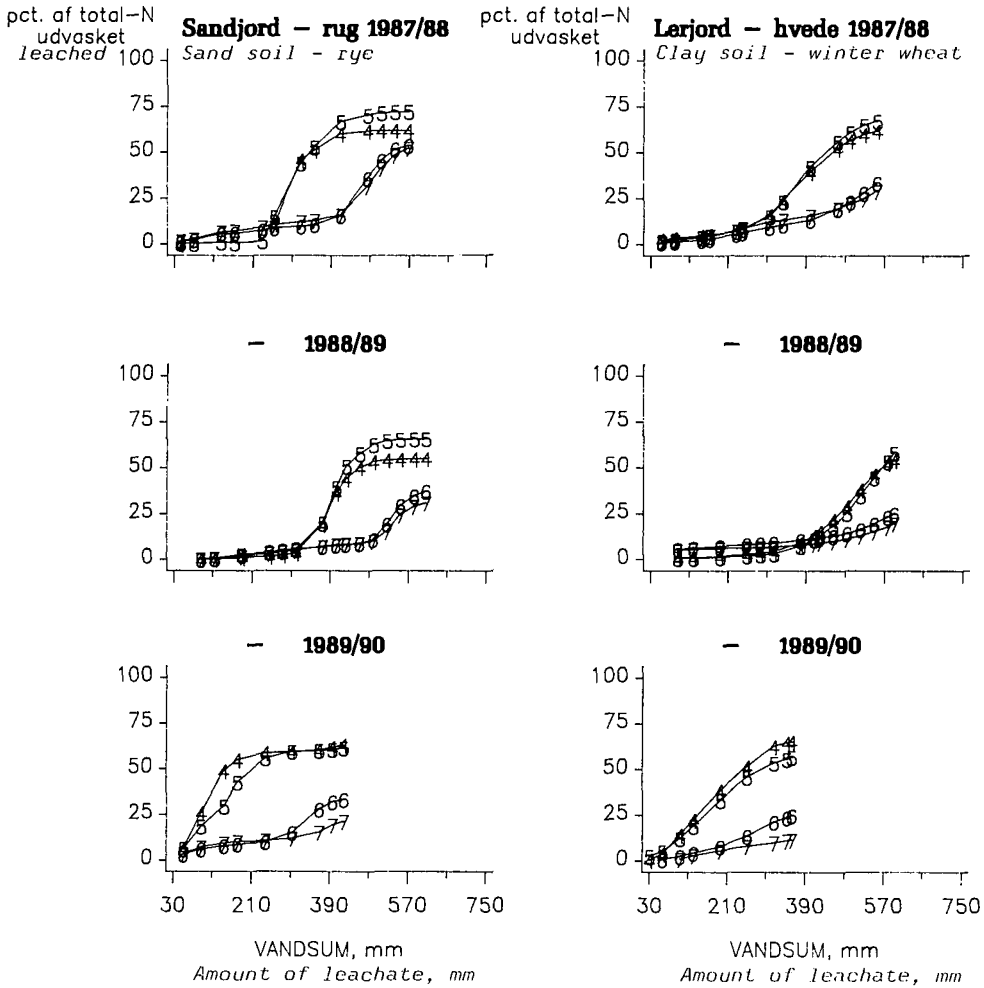
Kvælstofudvaskning, g pr. m²

Med baggrund i ovennævnte er N-udvaskningen sat i relation til tilført *total-N*, i fig. 17 og 18 er vist merudvaskning (gødet minus ugødet) af kvælstof som pct. af tilført total-N.



led 4-4-4 -Didin okt. 5-5-5 +Didin okt. 6-6-6 -Didin dec. 7-7-7 +Didin dec.

Fig. 17. Kvælstofudvaskning i pct. af tilført total-N i gylle til vårsædafgrøder.
Lysimeterforsøg. Nitrogen leaching in per cent of applied Total-N
in slurry. Lysimeter experiment.



led 4-4-4 -Didin okt. 5-5-5 +Didin okt. 6-6-6 -Didin dec. 7-7-7 +Didin dec.

Fig. 18. Kvælstofudvaskning i pct. af tilført total-N i gylle til vintersæd.
Lysimeterforsøg. Nitrogen leaching in per cent of applied Total-N
in slurry. Lysimeter experiment.

Ved gylletilførsel i september/oktober på *sandjord* har anvendelsen af nitrifikationshæmmere i nogen grad forsinket nedvaskningen af kvælstof. Men efter gennemstrømning af 300-400 mm under de herskende temperaturforhold var der udvasket, hvad der svarer til 89-90 pct. af tilført total-N, uanset om der var anvendt nitrifikationshæmmere eller ej. Ligeledes var der ingen forskel på udvaskningsforløbet, om gyllen var udbragt til vintersæd eller forårssåede afgrøder (ubevokset i afstrømningsperioden).

Ved udbringning i december var nedvaskningen generelt lavere, hovedsagelig på grund af den mindre totale afstrømning efter gylleudbringning. Der var signifikant udslag for nitrifikationshæmmere. Uden iblanding var ca. 45 pct. af det tilførte total-N nedvasket. Brug af nitrifikationshæmmere har reduceret nedvaskningen til ca. 30 pct.

På *lerjord* er nedvaskning af N lavere, og der er udslag for nitrifikationshæmmere allerede ved september/oktober-udbringning, undtagen ved vintersæd (fig. 18), hvor der ingen signifikant forskel er fundet.

Den større, samlede kvælstofnedvaskning i 1984/85 sammenlignet med 1986/87 skyldes forskel i mængden af gennemsivningsvand. For samme vandmængde er der stort set nedvasket samme N-mængde.

Fig. 19 viser udvaskning og N-optagelse fra ugødet led, g N pr. m², samt nettoudvaskning (gødet minus ugødet) for hele afstrømningsperioden og nettokvælstofoptagelsen med den høstede afgrøde.

Den største kvælstofnedvaskning og største kvælstofoptagelse er målt, hvor der er tilført størst kvælstofmængde (38,1 g total N pr. m² til roer i 1985/86). På *sandjord* var der ved decemberudbringning signifikant udslag af nitrifikationshæmmere på kvælstofudvaskningen dog kun på forårssåede afgrøder, vårbyg og roer.

Hvor gyllen er tilført vintersæd, nedpløjet før såning eller overfladeudbragt i december måned, var der ikke signifikant udslag for tilsætning af nitrifikationshæmmere, hverken på N-optagelsen eller på N-udvaskning.

På *lerjord* var der kun ved oktoberudbringning en reduktion i N-udvaskning ved anvendelse af nitrifikationshæmmere på forårssåede afgrøder. Der var ingen virkning på udvaskningen ved decemberudbringning, og generelt ingen virkning for iblanding af nitrifikationshæmmere ved vintersæd. Desuden var der kun lille eller ingen virkning på kvælstofoptagelsen.

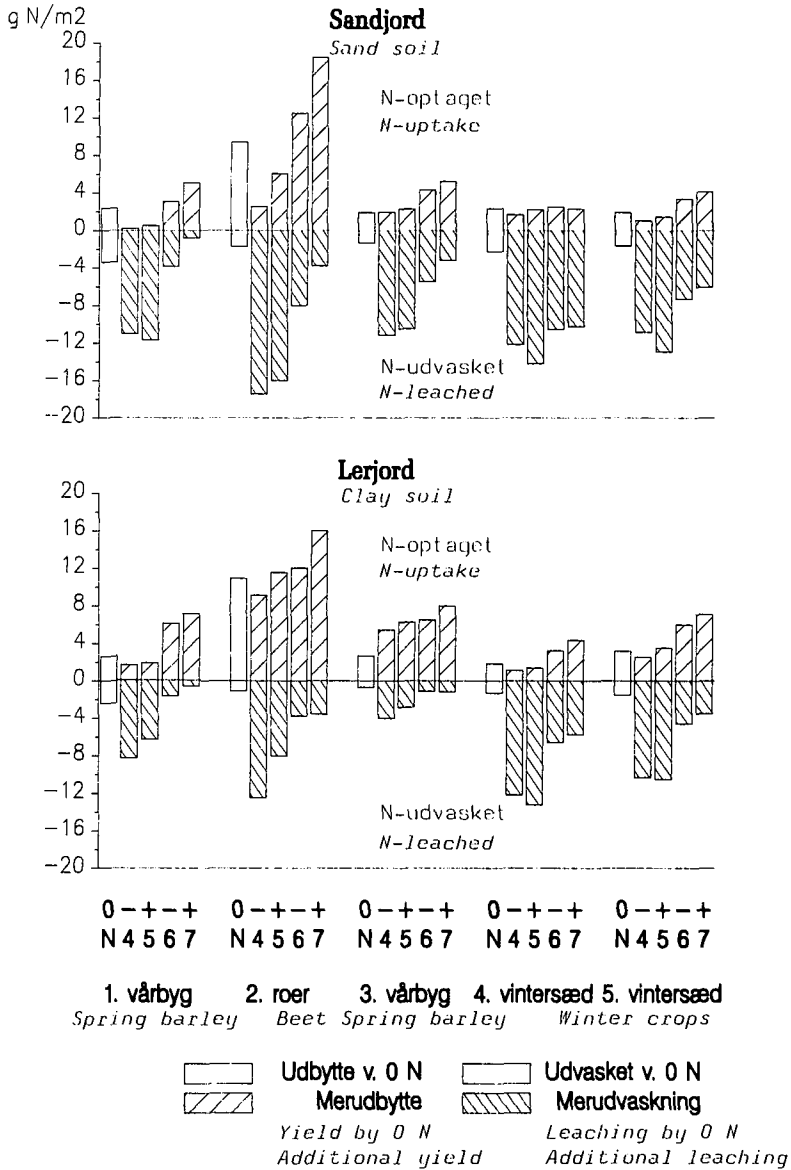


Fig. 19. Kvælstofudbytte og kvælstofudvaskning uden N-tilførsel samt merudbytte og merudvaskning for gylle uden og med Dldin. Lysimeterforsøg.

Yield of nitrogen and leaching of NO₃-N without nitrogen application, and additional yield and N-leaching after addition of slurry with and without Dldin. Lysimeter experiment

8. SAMMENDRAG

8.1 Markforsøg

Med de anvendte doseringsmængder af de tre forskellige nitrifikationshæmmere fandtes ikke statistisk sikre forskelle mellem virkningen af de tre midler.

Der var ingen virkning på kerneudbyttet i vårbyg ved tilførsel af gylle *uden* nitrifikationshæmmere ved udbringning i september/oktober. Udbytterne lå på samme niveau som i de ugødede led, både på sand- og lerjord, og som gennemsnit af tre år har vinterudbragt gylle til vårbyg medført ca. 15 pct. lavere udbytte end forårsudbragt.

I roer (top og rod) har 200 kg ammonium-N, pr. ha i kvæggylle bragt ud september/oktober i gennemsnit givet ca. 40 pct. mindre udbytte end forårsudbragt gylle.

På sandblandet lerjord (JB 5) gav forårsudbragt gylle lidt større udbytte i roer, ca. 10 pct., end vinterudbragt. Det modsatte var tilfældet på sandjord (JB 1). Det mindre udbytte på sandjord skyldes sandsynligvis ringe fremspiring på grund af et dårligt såbed efter nyudbragt gylle.

Virkning af gylle med nitrifikationshæmmere har været noget varierende. Merudbyttet for iblanding ved efterårsudbringning, september/oktober, har for kerneudbyttet i *vårbyg* varieret fra 0 til 122 pct., men har dog i intet tilfælde givet samme udbytte som forårsudbragt gylle uden nitrifikationshæmmere. Anvendelse af nitrifikationshæmmere sammen med vinterudbragt gylle, december, har givet samme udbytte, som ved forårsudbringning uden nitrifikationshæmmere.

Til *roerne* har iblanding af nitrifikationshæmmere i alle tilfælde givet merudbytte ved efterårsudbringning, men har dog ikke kunnet klare sig overfor forårsudbragt gylle.

Stort set samme resultat er fundet for kartofler. Med den sidstnævnte afgrøde er der kun gennemført to forsøg.

Generelt er virkningen af gylle tilsat nitrifikationshæmmere til *forårssåede afgrøder* stærkt afhængig af temperaturforholdene efter udbringningen. Ved såvel lave som høje varmesummer kan der forventes beskedent merudbytte ved at blande nitrifikationshæmmere i. Når temperaturen er lav, er der intet behov for nitrifikationshæmmere, fordi nitrifikationen er stærkt nedsat. Ved høje temperaturer nedbrydes nitrifikationshæmmere så hurtigt, at ammoniumkvælstof bliver omdannet til nitrat, inden jordtemperaturen falder til under 4-5°C. Den bedste virkning af nitrifikationshæmmere til forårssåede afgrøder er opnået ved varmesummer mellem 300 og 700.

Til *vinersæd* har nedpløjning af svinegylle, 150 kg ammonium-N pr. ha, *uden* nitrifikationshæmmere før såning kun givet 5-7 kg kerne pr. ha mere end ugødet. Det gælder såvel ved Lundgård (JB 1) som ved Askov (JB 5).

Der har ikke ved Askov været signifikant forskel i kerneudbytte mellem de tre udbringningstider: december, februar og april.

På let sandjord har decemberudbringning givet signifikant mindre udbytte, ca. 30 pct., end udbringning i februar, hvor der som gns. af fem år er opnået lidt større udbytte, ca. 10 pct., i forhold til apriludbringning.

Der er opnået størst merudbytte af nitrifikationshæmmere ved september/oktober-udbringning; 90 og 80 pct. i merudbytte ved henholdsvis Askov og Lundgård. Ved de øvrige udbringningstider var der ikke signifikant udslag for at blande nitrifikationshæmmere i gylle.

I modsætning til i de forårssåede afgrøder blev der i *vintersæd* på *sandjord* opnået lige så store udbytter af gylle med nitrifikationshæmmere ved september/oktober-udbringning som ved forårsudbringning uden nitrifikationshæmmere. Derimod gav gylle + nitrifikationshæmmere udbragt i september/oktober måned ved Askov signifikant mindre udbytte end forårsudbragt gylle. Udbytteerne ved de øvrige udbringningstidspunkter afveg ikke signifikant fra udbytteerne ved forårsudbringning, dog var der en tendens til at februarudbringning gav det højeste udbytte.

Kvælstofoptagelse. For alle afgrøder gælder, at variationen i kvælstofudbyttet, kg N pr. ha høstet, stort set følger samme variation som tørstofudbyttet. Dog er der relativt stort kvælstofudbytte ved højt udbyttensniveau, som følge af relativt større procentisk N-indhold i afgrøden.

Der er i *vintersæd* *uden* anvendelse af nitrifikationshæmmere høstet ca. 80 pct. mere kvælstof ved forårsudbringning sammenlignet med udbringning før såning om efteråret.

8.2 Lysimeterforsøg

På sandjord har iblanding af nitrifikationshæmmere kun reduceret den samlede N-udvaskning ved decemberudbringning i forårssåede afgrøder. Anvendt på lerjord har iblanding af nitrifikationshæmmere kun virket reducerende på N-udvaskningen ved september/oktober-udbringning til forårssåede afgrøder, medens der ingen udslag var ved *vintersæd*, uanset udbringningstidspunkt.

Op til 50 pct. af Didin kan udvaskes på sandjord, medens der kun forekommer beskedne udvaskning på lerjord, 2-5 pct.

Der er i intet tilfælde fundet flygtige nitrosaminer hverken i jord eller afgrøde efter tilførsel af gylle med nitrifikationshæmmere Didin, Dwell eller N-Serve 240 E.

9. LITTERATUR

1. *Amberger, A. & Gutser, R.* 1979. Zum N-virkung von Rindergülle mit Dicyandiamidzusatz zu Wiedegras. *Acker Pflanzen Bau* 148, 198-204.
2. *Amberger, A., Gutser, R. & Vielsmeier, K.* 1982. N-virkung von Rindgülle ohne Zusatz von Dicyandiamid bes.w. Stroh in Gefäss und Lysimeterversuchen. *Pflanzenernährung und Bodenk.* 145, 337-346.
3. *Amberger, A. & Vielsmeier, K.* 1979. Dicyandiamid abbau im Quarzsand und Böden. *Pflanzenernährung und Bodenk.* 145, 315-324.
4. *Axelander, M.* 1977. "Introduction to Soil Microbiology" John Weley and Son. NY.
5. *Brian, Pain, B. F., Thompson, R. B., Rees, Y. T. & Skinner, J. H.* 1989. Reducing gaseous losses of nitrogen from cattle slurry applied to grassland by the use of additives. *J. Sci. Food Agric.* 50, 141-153.
6. *Castellanos, J. Z. & Pratt, P. F.* 1981. Mineralization of manure nitrogen correlation with laboratory indexes. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 45, 354-357.
7. *Chae, Y. M. & Tabaravai, M. A.* 1986. Mineralization in soils amended with organic wastes. *J. Environment Qual.* 15, 193-198.
8. *Fogh, H.* 1976. Efterårs-, vinter- og forårsnedfældning af flydende ammoniak uden og med N-Serve. *Tidsskr. Planteavl* 80, 541-546.
9. *Goring, C. A. J.* 1962. Control of nitrification by 2-chloro-6 (trichloromethyl) pyridine. *Soil Sci.* 93, 211-218.
10. *Goring, C. A. J.* 1962. Control of nitrification of ammonium fertilizer and urea by 2-chloro-6 (trichloromethyl) pyridine. *Soil Sci.* 93, 413-439.
11. *Hauser, M. & Haselwandter, K.* 1990. Degradation of Dicyandiamide by Soil bacteria. *Soil Biol. Biochem.*, 22, 113-114.
12. *Jung, J.* 1979. Possibilities for optimization of plant nutrition by New agrochemical substances. Plenum Publishing Corporation.
13. *Kick, H.* 1973. Einfluss von Didin und N-Serve in Verbindung mit Ammoniumsulfat als N-Düngung auf die Nitrat- und Oxalsäuregehalt in Spinat. *Pflanzenernährung und Bodenk.* 135, Heft 3, 177-288.
14. *Kjellerup, V.* 1988. Virkning af forårsudbragt urea kalksalpeter (UKS-34), urea og kalkammonsalpeter på kerne- og halmudbytte i korn. *Tidsskr. Planteavl* 92, 39-44

15. Kjellerup, V. & Kofoed, A. Dam. 1983. Kvalstofgødsningens indflydelse på udvaskning af plantenæringsstoffer fra jorden. Lysimeterforsøg med anvendelse af ^{15}N . Tidsskr. Planteavl 87, 1-22.
16. Kofoed, A. Dam et. al. Investigations of the occurrence of nitrosamines in some agricultural and horticultural products. Acta Agric. Scand. 31.
17. Nebelin, E. 1978. Analyse af nitrosaminer. Dansk Kemi 2.
18. Redemann, C. T., Meilke, R. W. & Widofsky, J. G. 1964. The loss of 2-chloro-6 (trichloromethyl) pyridine from soil. J. Agric Food Chem. 12, 207-209.
19. Rodgers, G. A. & Ashworth, J. 1982. Bacteriostatic action of nitrification inhibitors. Can. J. Microbiol. 28, 1093-1100.
20. Skriver, K. 1989. Oversigt over landsforsøgene. 115-116.
21. Sommer, K. & Rossig, K. 1978. Einfluss der Art der Nitrifikationshemmung auf der Ertrag bei verschiedenartiger N-Düngung und Vorschlag für eine Klassifizierung. Landwirts. Forsch. Sonderheft 31.
22. Sommer, K. 1970. Beeinflussung der Nitrifikation und der Stickstoffhaushaltes im Böden durch verschiedene Pflanzenschutzmittel. Landwirts. Forsch., Sonderheft 25, 22-30.
23. Sommer, K. 1972. Status and accomplishment of agrichemical and agribiological research XXIII. Nitrificides, Part II. Ammonium Nitrificides of U.S. and Japanese Origin. Landwirts. Forsch., Sonderheft 27, 74-89.
24. Turner, G. O., Warren, L. F. & Andriessen, F. G. 1962. Effect of 2-chloro-6 (trichloromethyl) pyridine of the nitrification of ammonium fertilizers in field soils. Soil Sci. 94, 4 270-273.
25. Vielsmeier, K. 1980. Dicyandiamid Abbau im Boden in Abhängigkeit von der Temperatur. Pflanzenernährung und Bodenk. 143, 113-118.
26. Zacherl, B. & Amberger, A. 1984. Hemmung der Ammoniumoxidation durch *Nitrisamonas europea* mit verschiedene Nitrifikationshemmstoffe. Symposium Nitrifikationshemmstoffe. VOLUFA Schriftenreihe, Heft 11, P 64-73
6100 Damstadt, Bismarckstr. 41 A, BDR.

Afdelinger m.v. under Statens Planteavlsforsøg

Direktionen

Direktionssekretariatet, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Informationstjenesten, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Afdeling for Biometri og Informatik, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	45 93 09 99

Landbrugscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele ..	86 65 25 00
Afdeling for Grovfoder og Kartofler, Forskningscenter Foulum, Postboks 21, 8830 Tjele ..	86 65 25 00
Afdeling for Industriplanter og Frøavl, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	42 36 18 11
Afdeling for Sortsafprøvning, Teglværksvej 10, Tystofte, 4230 Skælskør	53 59 61 41
Afdeling for Kulturteknik, Flensborgvej 22, Jyndeved, 6360 Tinglev	74 64 83 16
Afdeling for Jordbiologi og -kemi, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Afdeling for Planteernæring og -fysiologi, Vejenvej 55, Askov, 6600 Vejen	75 36 02 77
Afdeling for Jordbrugsmeteorologi, Forskningscenter Foulum, Postbox 25, 8830 Tjele ..	86 65 25 00
Afdeling for Arealdata og Kortlægning, Enghavevej 2, 7100 Vejle	75 83 23 44
Borris Forsøgsstation, Vestergade 46, 6900 Skjern	97 36 62 33
Lundgard Forsøgsstation, Kongeåvej 90, 6600 Vejen	75 36 01 33
Rønhave Forsøgsstation, Hestehave 20, 6400 Sønderborg	74 42 38 97
Silstrup Forsøgsstation, Oddesundvej 65, 7700 Thisted	97 92 15 88
Tylstrup Forsøgsstation, Forsøgsvej 30, 9382 Tylstrup	98 26 13 99
Ødum Forsøgsstation, Amdrupvej 22, 8370 Hadsten	86 98 92 44
Laboratoriet for Biavl, Lyngby, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Laboratoriet for Biavl, Roskilde, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	42 36 18 11

Havebrugscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Grønsager, Kirstinebjergvej 6, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Blomsterdyrkning, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Frugt og Bær, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Landskabsplanter, Granlidevej 22, Hornum, 9600 Års	98 66 13 33
Laboratoriet for Forædling og Formering, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Laboratoriet for Gartnertechnik, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Laboratoriet for Levnedsmiddelforskning, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev	65 99 17 66

Planteværnscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10
Afdeling for Plantepatologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10
Afdeling for Jordbrugszoologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10
Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	53 58 63 00
Afdeling for Pesticidanalyser og Økotoksikologi, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	53 58 63 00
Bioteknologigruppen, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10

Centrallaboratoriet

Centrallaboratoriet, Forskningscenter Foulum, Postbox 22, 8830 Tjele	86 65 25 00
--	-------------