

# de bemestingswaarde van ammoniak

Dr P. F. J. VAN BURG en G. D. VAN BRAKEL

## Inleiding

In het begin van deze eeuw werd in Duitsland door HABER en BOSCH de ammoniaksynthese ontwikkeld. Hiermee werd de basis gelegd voor de industriële productie op grote schaal van stikstofmeststoffen. Deze ammoniak is nl. de grondstof voor de productie van bijv. zwavelzure ammoniak, kalksalpeter, kalkammonsalpeter en ureum. In het begin dacht men er blijkbaar niet aan de ammoniak zelf als meststof te gebruiken, waarschijnlijk mede omdat ammoniak als zodanig betrekkelijk moeilijk hanteerbaar is, of althans speciale apparatuur vereist. Dit woog zeker zwaar in die tijd, toen de mechanisatie in de landbouw nog in de kinderschoenen stond.

Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) bestaat voor 82 procent uit stikstof. Bij normale temperatuur en druk is ammoniak een kleurloos gas met een prikkelende reuk. Ammoniakgas is echter eenvoudig onder hoge druk vloeibaar te maken en zo wordt het dan ook in tanks opgeslagen en getransporteerd.

Door het hoge percentage stikstof is ammoniak aantrekkelijk als meststof. Voor toepassing als meststof moet ammoniak onder de grond toegediend worden (geïnjecteerd). Bij deze toediening komt ammoniak onder normale druk en wordt dan dus gasvormig en zou, als het niet onder de grond werd gebracht, ontsnappen.

Voor het injecteren heeft men speciale apparatuur nodig. Een ammoniakinjectieapparaat bestaat in principe uit a) een hoge druk tank, b) een doseringsmechanisme (foto 4), en c) injectietanden (foto 2). Een injectietand lijkt op het meskouter van een ploeg. Achter deze tand is een buisje bevestigd, waardoor de ammoniak in de grond gebracht wordt (foto 3). De sleuven, die hierdoor ontstaan, moeten meteen gedicht worden om stikstofverliezen door



1

ontsnapping van het gas te voorkomen. Geïnjecteerd ammoniakgas lost gemakkelijk in het bodemvocht op tot ammonia, waarna de ammoniumstikstof door organische stof en kleideeltjes kan worden gebonden. Het gebruik van ammoniak als meststof heeft sinds de Tweede Wereldoorlog vooral in de Verenigde Staten grote opgang gemaakt. In 1962 werd daar ongeveer 25 procent van alle stikstof gebruikt in de vorm van ammoniak. De laatste jaren is ook in West-Europa, met name in Denemarken en Frankrijk, méér belangstelling voor ammoniakbemesting gekomen. Zo werd in 1962 in Denemarken ongeveer 10 procent van alle stikstof als ammoniak gegeven.

De vraag is nu of deze meststof ook in Nederland toekomstmogelijkheden heeft. In 1950 en 1951 werd door MULDER een uitgebreid onderzoek ingesteld naar de werking van  $\text{NH}_3$ . Hij kwam tot de



conclusie, dat  $NH_3$  op bouwland een gelijke werking had als kas. Op grasland echter had  $NH_3$  een veel minder goede werking.

Omdat de techniek deze laatste 15 jaren sterk vooruit is gegaan en de werking van  $NH_3$  in hoge mate afhankelijk is van de injectieapparatuur, meenden wij in 1963 wederom een nieuw onderzoek te moeten instellen. Hiertoe werden 2 machines geïmporteerd, nl. één geschikt voor bouwland (foto 1) en één speciaal geconstrueerd voor grasland (foto 7).

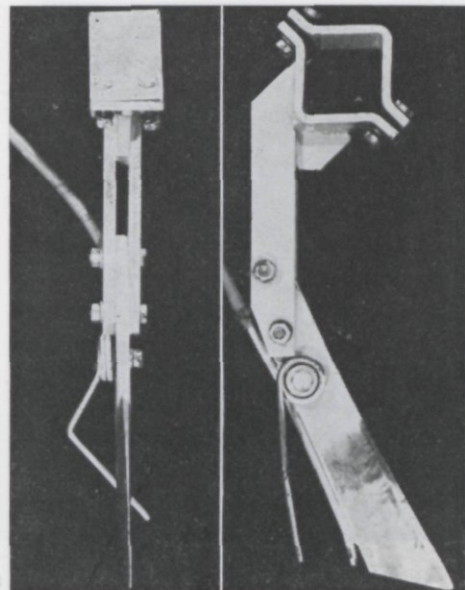
De injectieproblemen liggen uiteraard op grasland geheel anders dan op bouwland. De injectietanden



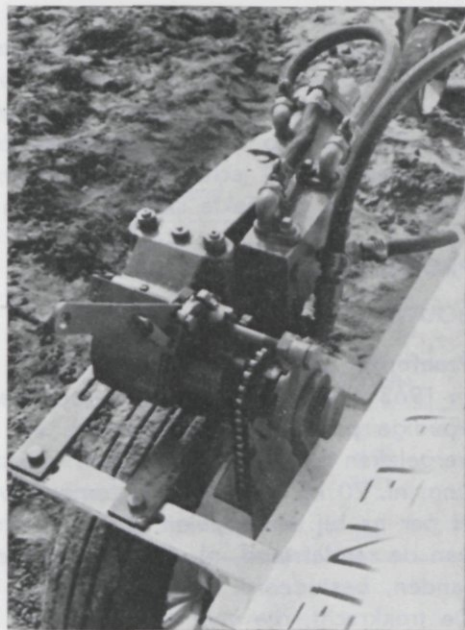
2



5



3



4

- 1 Bouwlandinjector. De werktuigbalk met injectietanden is bevestigd aan de driepuntshefinrichting. De doseringspomp bevindt zich op het tankwagentje.
- 2 De werktuigbalk met injectietanden van de bouwlandinjector.
- 3 Voor- en zij aanzicht van een injectietand. Op de tand zit een injectiebuisje gelast. Achter de tand is een krabber bevestigd om de gemaakte sleuf onmiddellijk te dichten.
- 4 Doseringpomp van de bouwlandinjector. De aandrijving geschiedt door een wiel van het tankwagentje. De hoeveelheid ammoniak die per ha toegediend wordt, is hierdoor niet afhankelijk van de rijsnelheid.
- 5 Het injecteren van ammoniak in het voorjaar op het proefveld IB 907. Felix wintertarwe.





6

van de graslandmachine zijn veel dunner dan die van de bouwlandmachine. Verder is vóór de tand een schijfkouter aangebracht om de zode eerst stuk te snijden en zo de benodigde trekkracht te verminderen, terwijl achter de tand een drukwieltje loopt om de gemaakte sleuf te dichten (foto 8).

## PROEFNEMINGEN

### BOUWLAND

#### Proefopzet bouwlandproeven 1963

In 1963 werden op bouwland slechts een paar eenvoudige proeven aangelegd. Kas en  $\text{NH}_3$  werden vergeleken bij slechts één niveau van stikstofbemesting, nl. 70 kg N/per ha bij zomertarwe en 140 kg N per ha bij aardappelen. Verder werd de invloed van de tandafstand, nl. 30, 40 of 50 cm tussen de tanden, bestudeerd.

De trekkracht, die voor het injecteren benodigd is, is uiteraard afhankelijk van het aantal tanden, dat door de grond getrokken moet worden. Onder gemiddelde omstandigheden is voor het werken met 6-8 tanden een 30-35 PK trekker nodig. Wil men de machine een zo groot mogelijke werkbreedte geven zonder de trekkracht te vergroten, dan zal men dus de afstand tussen de tanden moeten vergroten. Hoe groter de werkbreedte, hoe economischer men immers met de apparatuur kan werken.

De diepte van injectie bedroeg ongeveer 15 cm. Er



7

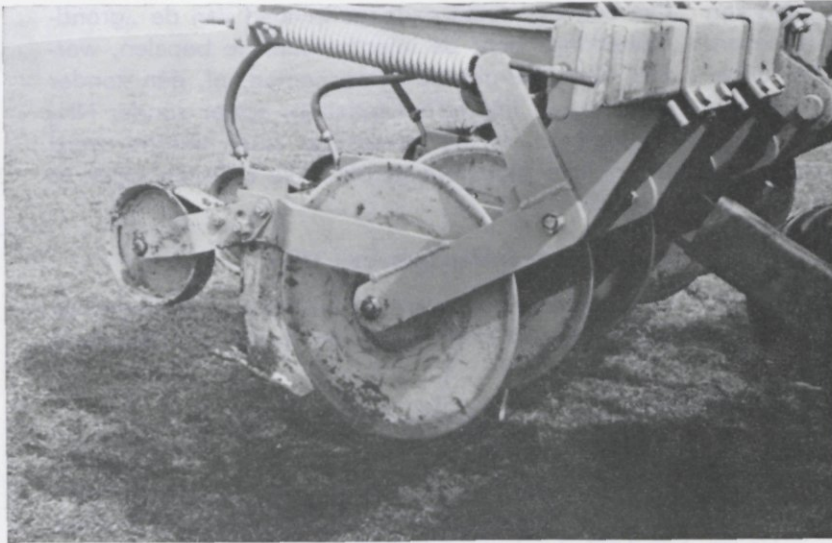
werd loodrecht op de injectierichting gezaaid of gepoot. De periode tussen injecteren en zaaien of potten moet minstens 48 uur bedragen om kiembeschadiging te voorkomen. Alle objecten lagen in 3-voud.

#### Resultaten bouwlandproeven 1963

De resultaten zijn samengevat in tabel 1. Hieruit blijkt, dat ammoniak in alle gevallen een hogere opbrengst heeft gegeven dan kas. De met ammoniak toegediende stikstof is wellicht minder snel verloren gegaan dan die met kas toegediend is. Ook kan het zijn, dat de stikstof uit ammoniak langzamer ter beschikking van het gewas is gekomen dan die uit kas. Tijdens de afrijping, zowel bij granen als aardappelen, was in elk geval duidelijk te zien, dat de gewassen op de met ammoniak geïnjecteerde veldjes het langst groen bleven. Of het te bereiken maximale opbrengstniveau bij beide meststoffen misschien verschillend ligt, kon met deze eenvoudige proeven niet bepaald worden.

Bij de zomertarwe was tijdens de groei duidelijk te zien, dat een afstand van 40 en 50 cm tussen de injectietanden te groot was. Bij 40, maar vooral bij 50 cm werd een sterk golvend, onregelmatig gewas verkregen. Dat dit nauwelijks invloed heeft gehad op de korrelopbrengst, komt waarschijnlijk omdat er niet voldoende stikstof is gegeven voor een maximale opbrengst, waardoor we ons op het sterk stijgende deel van de opbrengst-kromme bevonden.





8

- 6 Effect van het snijden met de injectietand tussen twee rijen wintertarwe. Het gewas was nog zeer klein (zie boven het lucifersdoosje).
- 7 De graslandinjector. Deze wordt gedragen in de driepuntheffinrichting. De doseringspomp bevindt zich op de werktuigbalk en wordt door een apart loopwielje aangedreven. (Dit is rechts midden op foto 8 nog juist zichtbaar).
- 8 Detail van de graslandinjector. Werktuigbalk met injectietanden voorzien van schijfkouter en aandrukwieltje.

Tabel 1. Vergelijking van een stikstoftoediening d.m.v. ammoniakinjectie met die d.m.v. een bemesting met kas op de opbrengst van zomertarwe en aardappelen. Drie verschillende tandafstanden. Drie grondsoorten.

perceel en grondsoort		IB 787, Hornhuizen lichte zavel, niet koolzure-kalkhoudend	IB 788, Hornhuizen lichte zavel, niet koolzure-kalkhoudend	IB 802, Hornhuizen lichte klei, koolzure-kalkhoudend	IB 803, Midlare zure zandgrond
gewas		zomertarwe (Carpo)	aardappelen (Burmania)	aardappelen (Burmania)	aardappelen (Libertas)
N-meststof	afstand tussen de injectie- tanden	korrel dr.st. 100 kg/ha	knol vers 100 kg/ha	knol vers 100 kg/ha	knol vers 100 kg/ha
geen	—	14.1	208	263	319
kas	—	20.4	364	359	329
NH <sub>3</sub>	30	23.2	367	371	342
NH <sub>3</sub>	40	22.5	369	369	—
NH <sub>3</sub>	50	22.7	373	373	344

\* zeer laat gezaaid

Bij de aardappelen was van enige onregelmatigheid geen sprake, maar hier is de grond dan ook meer aan bewerking en daardoor aan vermenging onderhevig geweest (aanaarden).

### Proefopzet bouwlandproeven 1964

De resultaten van 1963 leidden er toe in 1964 een groter, meer gedetailleerd onderzoek uit te voeren. Dit onderzoek was er op gericht het effect van het tijdstip van injectie te bestuderen. Immers de injectie-

apparaatuur is duur<sup>1)</sup> en het inbrengen van NH<sub>3</sub> zal in de meeste gevallen dus wel door loonwerkers moeten geschieden. Slechts op een enkel bedrijf in Nederland zou het lonend zijn over eigen apparaatuur te beschikken. Verder is de injectieapparaatuur zwaar (ijzeren hoge-druktanks)<sup>2)</sup>, zodat men lang

<sup>1)</sup> De injectieapparaatuur kost ± f 5000,—. Bij een volledige uitrusting hoort verder nog een voorraadtankje op onderstel (kosten ± f 5000,—), dat de rol vervult van de wagen met kunstmestzakken.

<sup>2)</sup> De apparaatuur weegt inclusief 480 kg NH<sub>3</sub> ongeveer 1200 kg.



niet altijd op ieder gewenst tijdstip op het land kan komen. Ook Mulder ondervond dit bij zijn proeven. In een aantal gevallen moest toen het zaaien uitgesteld worden, omdat de injector niet op het land kon werken, maar de veel lichtere zaaimachine wel. En door te laat zaaien kan reeds een aanzienlijke opbrengstderving worden verkregen. Het is dus van groot belang voor het injecteren van  $\text{NH}_3$  een zo lang mogelijke periode ter beschikking te hebben.

Indien reeds in de herfst begonnen zou kunnen worden, zou dit een groot voordeel zijn. In de herfst 1963 werden daarom dan ook een 12-tal grote proeven aangelegd, waarbij een bemesting met kas in het voorjaar vergeleken werd met een  $\text{NH}_3$ -injectie in het najaar (begin november) en met één in het voorjaar (begin maart). Kas en  $\text{NH}_3$  werden toegediend naar drie hoeveelheden, nl. 70, 140 en 210 kg N per ha voor zomertarwe en haver en 140, 210 en 280 kg N per ha voor aardappelen en bieten. Deze proeven lagen op koolzure-kalkhoudende zavel in Kloosterburen, op zandgrond in Mantinge en op veenkoloniale grond in Zwartemeer. De diepte van injectie bedroeg 15 cm, de afstand tussen de injectietanden 30 cm. Alle objecten lagen in 5-voud. Bij bovenstaande proeven werd het tijdstip van de herfstinjectie niet gevarieerd.

Daarom werden in Kloosterburen en Mantinge nog twee kleine proeven aangelegd, waarbij op verschillende tijdstippen in het najaar  $\text{NH}_3$  (140 kg N per ha) werd geïnjecteerd om zodoende te bestuderen hoe vroeg men reeds met injecteren zou kunnen beginnen.

Het is nl. zo, dat de omzetting van ammoniumstikstof naar nitraatstikstof (nitrificatie) sterk afhankelijk is van de temperatuur. Zou ammoniak vroeg in de herfst, wanneer de grondtemperaturen nog betrekkelijk hoog zijn, geïnjecteerd worden dan zal een groot deel van de ammoniumstikstof tot nitraat worden omgezet. Deze nitraatstikstof wordt in tegenstelling tot ammoniumstikstof *niet* door de organische stof en kleideeltjes vastgehouden en kan dus door uitspoeling gemakkelijk verloren gaan.

In bovenstaande proeven zijn slechts zomergranen opgenomen. Om te bestuderen hoe wintergraan op een ammoniakinjectie in het voorjaar reageert, werd een proef aangelegd op Felix wintertarwe in Den Andel. Hierbij werd de ammoniak om de andere rij midden tussen twee rijen geïnjecteerd. De rijafstand bedroeg 20 cm (foto 5 en 6).

Om een eventueel nadelige invloed van de „grondbewerking“ door de injectietanden te bepalen, werden twee kas-objecten opgenomen, nl. één zonder en één met injectorbehandeling, echter zonder  $\text{NH}_3$  toediening. Na de bemesting resp. injectie werd het gehele proefveld gerold. Alle objecten lagen in 4-voud.

### Resultaten bouwlandproeven 1964

Bij het schrijven van dit artikel waren nog slechts de gegevens van enkele graanproefvelden in Mantinge bekend.

#### Vergelijking van kasbemesting met $\text{NH}_3$ -injectie in het najaar en het voorjaar

De resultaten van de grote graanproeven te Mantinge zijn weergegeven in de figuren 1 en 2. Hieruit blijkt het volgende:

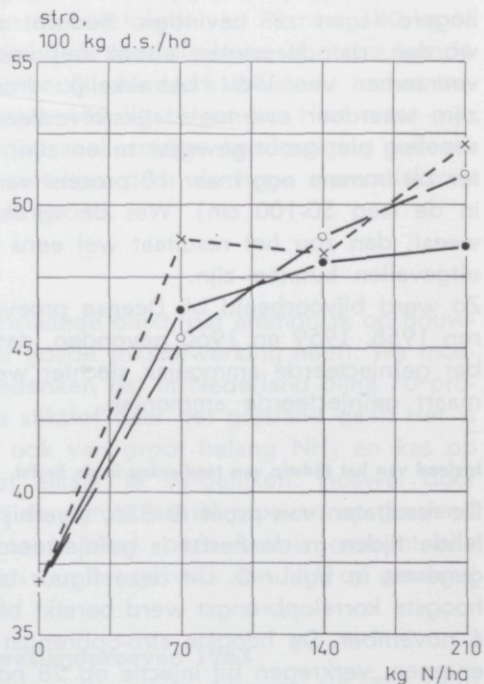
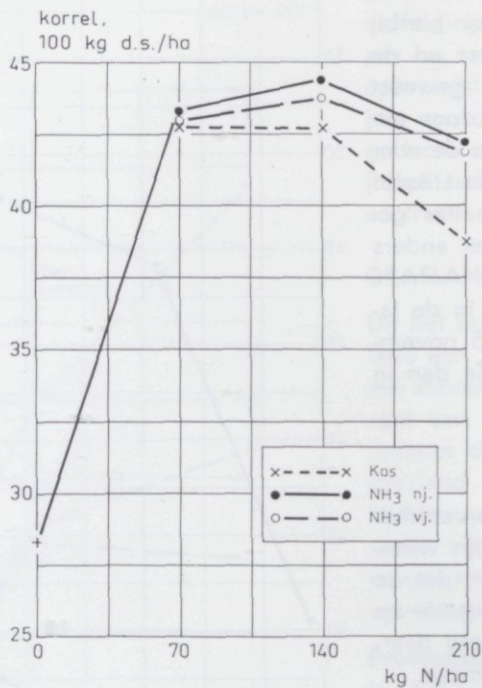
1. De hoogste korrelopbrengsten worden verkregen met in het najaar geïnjecteerde ammoniak, de laagste met kas, terwijl in het voorjaar geïnjecteerde ammoniak een tussenpositie inneemt.
2. De hoogste stro-opbrengsten worden daarentegen verkregen met kas en de laagste met in het najaar geïnjecteerde ammoniak. In het voorjaar geïnjecteerde ammoniak neemt ook hier een tussenpositie in.

Hoe is dit nu te verklaren? In de eerste plaats moet hier dan vermeld worden, dat uit waarnemingen na de bloei gebleken is, dat de tarwe zowel als de haver het langst groen bleven op de veldjes die in het najaar geïnjecteerd waren en het kortst op de veldjes, die met kas bemest waren. Het gewas maakte op de veldjes, die in het najaar geïnjecteerd waren de indruk alsof het een late overbemesting met stikstof had ontvangen. Dit wijst er op dat de stikstof hier voor een deel pas later aan het gewas ten goede is gekomen. Ook de lagere stro-opbrengsten wijzen duidelijk in deze richting. Immers, éénzelfde resultaat kan men verkrijgen door een gedeelde bemesting.

Door middel van laagsgewijs grondonderzoek tot een diepte van 1 meter in het voorjaar van 1964 kon worden vastgesteld dat vlak vóór het zaaien van de granen ongeveer 60 procent van de in het najaar op 15 cm diepte geïnjecteerde ammoniak zich op een diepte van 20-50 cm bevond, terwijl ook tussen de 50 en 100 cm diepte nog 10 procent aanwezig was. Deze in diepere lagen aanwezige stikstof zal

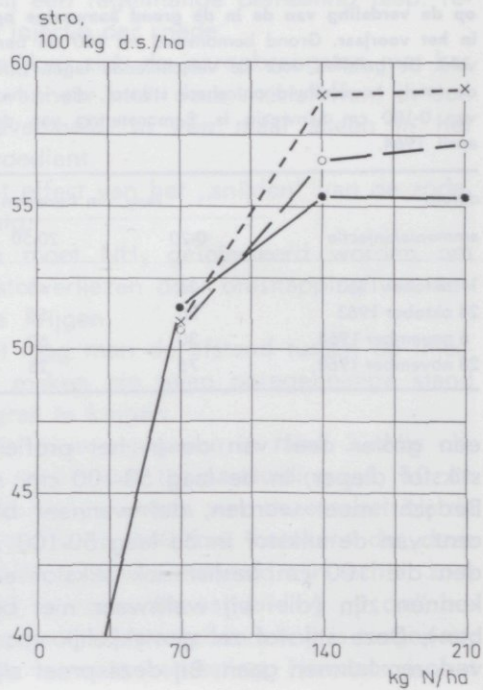
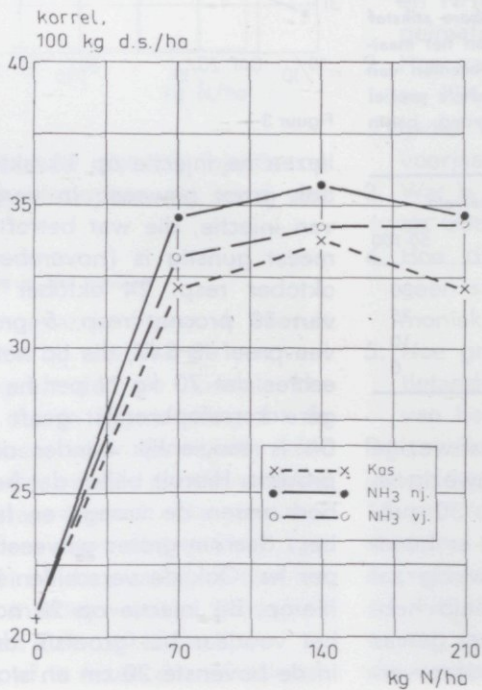


IB 846 - HAVER



Figuur 1

IB 847 - Z.TARWE



Figuur 2

beslist later aan het gewas ter beschikking komen dan in het voorjaar toegediende stikstof, die zich in hogere lagen zal bevinden. Bedacht moet hierbij worden, dat de winter, alsook het voorjaar en de voorzomer van 1964 betrekkelijk droog geweest zijn, waardoor eventuele stikstofverliezen door uitspoeling niet groot geweest zullen zijn. (Na de winter zat immers nog maar 10 procent van de stikstof in de laag 50-100 cm). Was de winter natter geweest, dan zou het resultaat wel eens heel anders uitgevallen kunnen zijn.

Zo werd bijvoorbeeld bij Deense proeven in de jaren 1958, 1959 en 1960 gevonden, dat 15 november geïnjecteerde ammoniak slechter werkte dan in maart geïnjecteerde ammoniak.

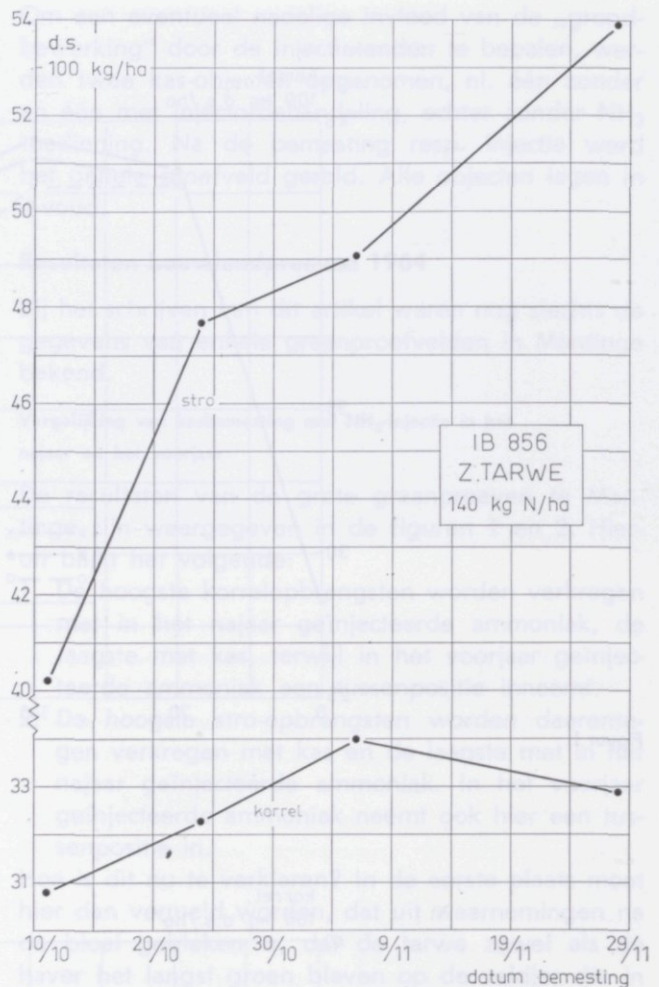
#### Invloed van het tijdstip van toediening in de herfst

De resultaten van proef IB 856, waarbij op verschillende tijden in de herfst is geïnjecteerd zijn weergegeven in figuur 3. Uit deze figuur blijkt, dat de hoogste korrelopbrengst werd bereikt bij injectie op 6 november. De hoogste stro-opbrengst werd daarentegen, verkregen bij injectie op 28 november. Uit laagsgewijze uitgevoerd grondonderzoek (tabel 2) blijkt, dat naarmate vroeger wordt geïnjecteerd

**Tabel 2. Invloed van tijdstip van ammoniakinjectie in het najaar op de verdeling van de in de grond aanwezige oplosbare stikstof in het voorjaar.** Grond bemonsterd tot 100 cm beneden het maaiveld. De getallen voor de verschillende lagen zijn procenten van de totale hoeveelheid oplosbare stikstof, die in het gehele profiel van 0-100 cm aanwezig is. Bemonstering van de grond: begin april 1964.

datum ammoniakinjectie	laag, cm beneden maaiveld		
	0-20	20-50	50-100
11 oktober 1963	25	45	30
24 oktober 1963	20	55	25
6 november 1963	30	60	10
28 november 1963	75	25	0

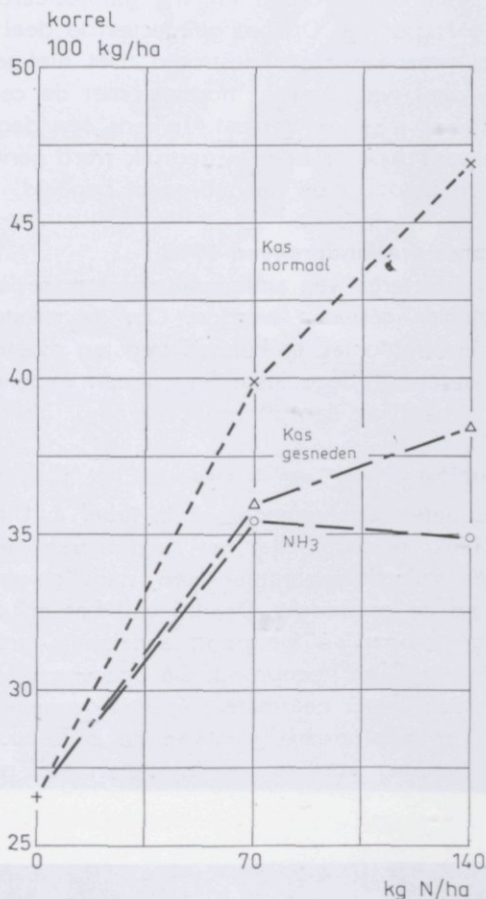
een groter deel van de in het profiel aanwezige stikstof dieper, in de laag 50-100 cm, aanwezig is. Bedacht moet worden, dat wanneer bijv. 30 procent van de stikstof in de laag 50-100 zit, er beneden die 100 cm beslist ook stikstof aanwezig zal kunnen zijn (die wij weliswaar niet bepaald hebben). Deze stikstof zal gemakkelijk voor het gewas verloren kunnen gaan. Bij deze proef zijn deze ver-



Figuur 3

liezen na injectie op 11 oktober en 24 oktober dan ook groot geweest. In vergelijking met de datum van injectie, die wat betreft de korrelopbrengst het meest gunstig is (november), geeft injectie op 11 oktober resp. 24 oktober een opbrengstverlaging van 10 procent resp. 5 procent. Uit de resultaten van proef IB 847, die op hetzelfde perceel lag, blijkt echter dat 70 kg N per ha maar een 3 procent lagere korrelopbrengst geeft dan 140 kg N per ha. Dit is aanzienlijk minder dan genoemde 10 en 5 procent. Hieruit blijkt, dat het verschil in stikstofaanbod tussen de vroege en latere injectie (6 november) daarom groter geweest moet zijn dan 70 kg N per ha. Ook de verschillen in stro-opbrengst wijzen hierop. Bij injectie op 28 november bevond zich in het voorjaar het grootste deel van de stikstof nog in de bovenste 20 cm en stond dus snel ter beschik-





Figuur 4

king van het gewas. Vandaar dat bij injectie op 28 november de hoogste stro-opbrengst werd verkregen.

#### Ammoniakinjectie op wintertarwe in het voorjaar

De resultaten zijn samengevat in *figuur 4*. Hieruit blijkt, dat ammoniakinjectie bij wintertarwe een veel lagere korrelopbrengst geeft dan de normale bemesting met kas. Dit is dus in tegenstelling tot de resultaten met zomergranen, waar de injectie vóór het zaaien plaats vindt. De minder goede werking van ammoniak op wintertarwe wordt voor een zeer groot deel veroorzaakt door „grondbewerking“, gezien de resultaten van het object waarbij de met kas bemeste veldjes met de injector werden behandeld zonder NH<sub>3</sub> toe te dienen (zie ook foto 6).

Verder valt uit de figuur af te lezen dat de stikstof-

werking van de ammoniak slechter wordt naarmate meer wordt gegeven. De opbrengst stijgt nl. niet bij verhoging van de stikstofgift van 70 naar 140 kg N per ha, terwijl bij de normale bemesting met kas de opbrengst juist nog zeer sterk toeneemt in het traject van 70 naar 140 kg N per ha. Hier moet o.a. gedacht worden aan ernstige beschadiging van de jonge tarweworteltjes door de hoge ammoniakconcentratie in de grond.

#### GRASLAND

Uit het bovenstaande blijkt, dat ammoniak op bouwland een zeer goede stikstofwerking heeft. We moeten echter bedenken dat in Nederland bijna 70 procent van alle stikstof naar het grasland gaat. Het is daarom dan ook van groot belang NH<sub>3</sub> en kas op grasland met elkaar te vergelijken. Hoewel door Mulder reeds een groot aantal proeven op grasland werd uitgevoerd, bleek onze kennis omtrent alle mogelijkheden van het gebruik van NH<sub>3</sub> op grasland onvoldoende.

#### Proefopzet graslandproeven 1963

In 1963 werden drie grote proeven (IB 738, 739 en 741) aangelegd. Met deze proeven werden verschillende problemen bestudeerd.

1. Hoe vergelijken zich de jaaropbrengsten met kas en NH<sub>3</sub> bij een regelmatige bemesting resp. regelmatige injectie per snede.
2. Hoe vergelijken zich de jaaropbrengsten met kas en NH<sub>3</sub>, wanneer men deze meststoffen, in een grote hoeveelheid, in één maal alleen in het voorjaar toedient.
3. Wat is het effect van het „snijden“ van de zode, als zodanig.
4. Hoe diep moet NH<sub>3</sub> geïnjecteerd worden om geen stikstofverliezen door ontsnapping van ammoniak te krijgen.
5. Hoe groot mag men de afstand tussen de injectietanden maken om geen onregelmatige stand van het gras te krijgen.

De proefopzet is weergegeven in *tabel 3*. Alle objecten lagen in 3-voud. De aanduiding „5, 10 en 15 cm“ in de laatste kolom van deze tabel bij de objecten 0 N, 70 en 140 kas, betekent dat deze objecten met de injector behandeld zijn, echter zonder NH<sub>3</sub> in te brengen. De aanduiding „0 cm“ betekent, dat er geen injectorbehandeling is toegepast; dit is dus de normale bemesting. Hierdoor is het



Tabel 3. Opzet van de graslandproeven 1963

N-kg/ha	N-meststof	frequentie van bemesting, resp. injectie	diepte-afstelling van de injector, cm 0 = geen injector (zie tekst)
0	geen	—	0-5-10-15
70	kas	} voor iedere snede	0-5-10-15
70	NH <sub>3</sub>		5-10-15
140	kas		0-5-10-15
140	NH <sub>3</sub>		5-10-15
250	kas	} alleen in voorjaar (dus verder gehele seizoen nawerking)	0
250	NH <sub>3</sub>		10
500	kas		0
500	NH <sub>3</sub>		10

mogelijk het effect van het op verschillende diepten „snijden“ van de zode, als zodanig, te bepalen. Bij deze proeven werd niet volgens een vast oogst-schema gemaaid. Elk stikstofniveau (0, 70, 140 en 250 en 500 N) had zijn eigen maaischema, waarbij getracht werd te maaien wanneer bij het betreffende niveau gemiddeld het weidestadium was bereikt. Dit is lang niet altijd gelukt. De jaaropbrengsten bij de verschillende stikstofniveau's kunnen dan ook niet met elkaar vergeleken worden.

Om een indruk te krijgen omtrent de *praktische toepasbaarheid* van NH<sub>3</sub> werd later in het seizoen een

praktijkproef (IB 826) aangelegd op een perceel zandgrasland te Midlaren. Op 26 juni werd een gedeelte van het perceel met NH<sub>3</sub> geïnjecteerd naar 300 kg N per ha. Op het geïnjecteerde deel werd daarna geen kas meer gestrooid. Het niet-geïnjecteerde deel werd verder normaal met de centrifugaalstrooier met kas bemest. Telkens één dag voor het perceel door de boer in gebruik werd genomen, werd op beide delen de opbrengst bepaald.

### Resultaten graslandproeven 1963

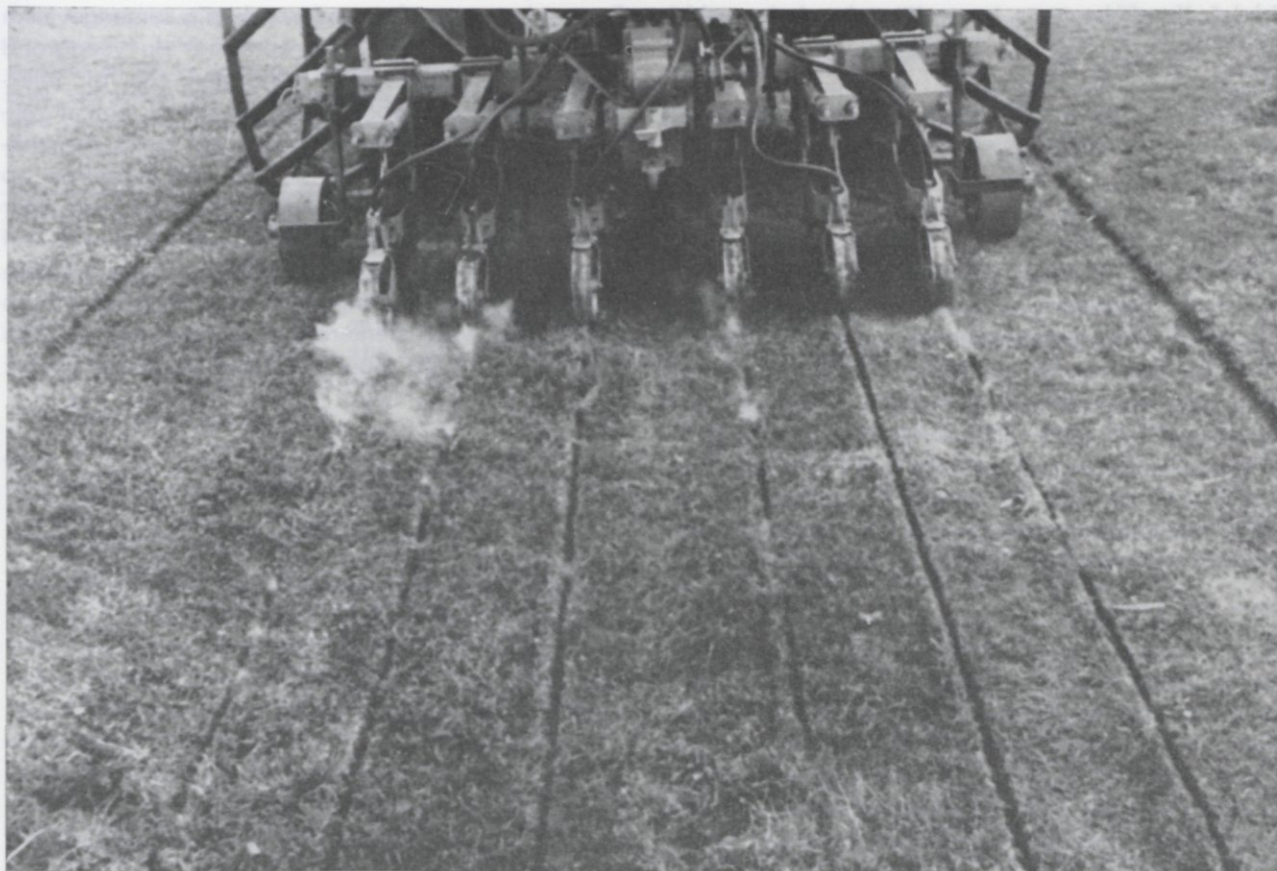
Bij het injecteren van ammoniak moeten in de zode insnijdingen gemaakt worden. Om de stikstofwerking van ammoniak te kunnen bepalen moeten we eerst weten of deze insnijdingen een nadelige invloed hebben op de opbrengst.

#### Effect van het „snijden“ van de zode

De resultaten zijn samengevat in tabel 4. Uit deze tabel blijkt duidelijk, dat het snijden van de zode met de injectie-apparatuur een nadelige invloed heeft op de opbrengst. Daarbij valt het op dat de opbrengstdaling op kleigrond aanzienlijk groter is dan op zand- en veengrond. De opbrengstdaling is verder ook groter naarmate dieper is gesneden. Het effect van het beschadigen van de zode is vooral groot wanneer kort na het injecteren een periode







11

9 Zodebeschadiging door  $\text{NH}_3$ -injectie en de daaropvolgende uitdroging langs de injectiesleuven.

10 Detail van foto 9.

11 Ontsnapping van ammoniak bij ondiep injecteren op grasland.

**Tabel 4. Invloed van de behandeling van de zode met de injector op de opbrengst van grasland.** De stikstofbemesting werd gegeven in de vorm van kalkammonsalpeter. Drie verschillende diepten. Op klei kon met de beschikbare trekkracht (40 PK) niet dieper dan 10 cm gesneden worden.

proef	grondsoort	snijdiepte in cm			
		0	5	10	15
		opbrengst „ongesneden” 100 kg dr.st. per ha	opbrengst- vermeerdering in 100 kg dr.st. per ha		
IB 738	zand	90.7	-1.6	-4.3	-4.8
IB 739	veen	74.2	-3.6	-5.0	-6.9
IB 741	klei	113.7	-9.4	-20.4	*

van sterk drogend weer volgt. Dit geldt in hoge mate voor kleigrond, waar de insnijdingen dan wijde scheuren worden, waarlangs sterke uitdroging optreedt (foto 9 en 10).

#### Jaaropbrengst bij regelmatige bemesting resp. regelmatige injectie

In tabel 5 zijn per proefveld de resultaten weergegeven van het object „kas 0 cm” (dus de normale kasbemesting) en van het beste  $\text{NH}_3$  object. De injectiediepte is tussen haakjes vermeld. Uit deze tabel blijkt zeer duidelijk, dat met kas veel hogere opbrengsten worden verkregen dan met  $\text{NH}_3$ . De slechte werking van  $\text{NH}_3$  is echter slechts ten dele te verklaren uit het zogenaamde snijeffect. Uit combinatie van de tabellen 5 en 4 kan immers zonder



**Tabel 5. Vergelijking tussen kas en NH<sub>3</sub> m.b.t. de jaarproductie (droge stof in 100 kg/ha) van grasland (4 sneden) op drie grondsoorten. Gemiddelde van 70 en 140 kg N per ha per snede. Tussen haakjes de diepte van injectie.**

proef	grondsoort	kas	NH <sub>3</sub>
IB 738	zand	90.7	49.2(10)
IB 739	veen	74.2	60.1(10)
IB 741	klei	113.7	79.7( 5)

meer geconcludeerd worden, dat ook bij gelijke snijdiepte de vergelijking uitvalt in het voordeel van kas. Op veen en klei is de geringere werking van NH<sub>3</sub> voor ongeveer 30 procent te wijten aan het snijden van de zode. Op zandgrond is dit maar 10 procent. De kansen op verliezen zijn op deze zandgrond met een laag humusgehalte en een laag gehalte aan afslibbare delen (dus weinig ammoniumbindende bestanddelen) waarschijnlijk vrij groot.

#### Diepte van injectie

Bij het injecteren van ammoniak zullen we er natuurlijk naar moeten streven stikstofverliezen door ammoniakontsnapping zo klein mogelijk te houden. Het is dus van belang te weten hoe diep de insnijdingen minimaal mogen zijn, omdat zoals reeds uit tabel 4 bleek, de zodebeschadiging minder groot is naarmate de insnijdingen ondieper zijn. De kansen op gasontsnapping zullen echter groter worden (foto 11). De diepte van injectie heeft verder ook consequenties voor de praktische toepassing. Hoe

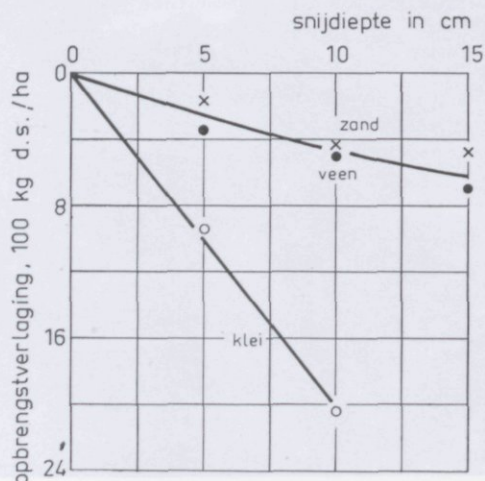
**Tabel 6. Invloed van de diepte van de injectie met ammoniak op de jaaropbrengst (in 100 kg droge stof per ha). Gemiddelde van 70 en 140 kg N per ha per snede.**

proef	grondsoort	injectiediepte in cm		
		5	10	15
IB 738	zand	48.3	49.2	44.8
IB 739	veen	58.4	60.1	56.4
IB 741	klei	79.6	70.7	*

\* zie tabel 4

ondieper er geïnjecteerd kan worden, hoe minder trekkracht per tand nodig is, hoe meer tanden er gebruikt kunnen worden, hoe groter dus de werkbreedte kan zijn. Met onze 50 PK Fordson Super Major kunnen we bij 10 cm injectiediepte op grasland een werkbreedte halen van 1.50-1.75 meter (6 of 7 tanden op 25 cm afstand).

De resultaten van het onderzoek zijn samengevat in tabel 6. Hieruit blijkt, dat op zand- en veengrond de hoogste opbrengsten verkregen zijn bij injecteren op 10 cm diepte. Dit is opvallend, omdat snijden op 10 cm een lagere opbrengst geeft dan snijden op 5 cm (zie tabel 4). Bij het injecteren op 5 cm is kennelijk ammoniak verloren gegaan door ontsnapping. Dit werd in enkele gevallen ook wel tijdens het injecteren geconstateerd (vooral bij hobbelig land). Verder blijkt, dat injecteren op 15 cm diepte een veel sterkere opbrengstdaling te zien geeft dan men op grond van tabel 4, die in grafiek



Figuur 5

is weergegeven in figuur 5, zou verwachten. Waarschijnlijk moeten we hier denken aan de mogelijkheid dat dergelijke dieper geplaatste stikstof trager ter beschikking van de plant komt. We konden n.l. duidelijk constateren, dat het gras sneller opgroende naarmate ondieper geïnjecteerd werd.

#### Jaaropbrengst bij een bemesting resp. een injectie alleen in het voorjaar

De resultaten zijn samengevat in tabel 7. Uit deze tabel blijkt, dat bij een toedieningswijze, die voor kas voor een goede N-werking zeer ongunstig is, alleen op veen met NH<sub>3</sub> een iets hogere totale jaaropbrengst is verkregen. Op zand gaf kas zelfs een veel hogere opbrengst dan NH<sub>3</sub>. In alle gevallen blijft vooral bij de 1e snede NH<sub>3</sub> sterk achter bij kas. De nawerking van NH<sub>3</sub> was, behalve op het zand, groter dan die van kas. Dit stemt overeen met de resultaten van Mulder.



**Tabel 7. Vergelijking tussen een bemesting met kas en een injectie met ammoniak, beide in het voorjaar, met betrekking tot de grasproductie (in 100 kg droge stof/ha) per snede en per jaar, gemiddelde van 250 en 500 kg N per ha. De bemesting resp. injectie werd in één maal in het voorjaar uitgevoerd. Drie verschillende grondsoorten.**

proefveld	IB 738, zand		IB 739, veen		IB 741, klei	
	kas	NH <sub>3</sub>	kas	NH <sub>3</sub>	kas	NH <sub>3</sub>
bemestingswijze						
snede 1	15.9	8.8	23.8	10.2	26.9	15.7
2	29.6	21.5	22.6	30.3	36.0	44.2
3	16.8	16.1	15.4	20.4	11.7	12.6
4	5.4	6.2	15.7	18.8	15.8	16.3
5	—	—	4.4	4.7	9.9	10.8
totaal	67.7	52.6	81.9	84.4	100.3	99.6

#### Afstand tussen de injectietanden

Het bleek dat bij een afstand tussen de tanden van 40 cm, midden tussen de insnijdingen een strookje van ± 7 cm breedte voorkwam, waar het gras de indruk maakte van het 0 N-object. Bij een afstand van 30 cm tussen de tanden trad dit verschijnsel zo op het oog niet op.

Door de grond op verschillende afstanden van de insnijding te analyseren, hebben we kunnen vaststellen, dat de geïnjecteerde stikstof beslist niet verder dan 10 cm vanaf de insnijding terecht komt. Door ook gewasmonsters op verschillende afstanden van de insnijding te nemen, bleek, dat het gras door de verspreiding van zijn wortelstelsel op deze afstand wel geïnjecteerde stikstof had opgenomen.

Uit dit onderzoek naar de horizontale verplaatsing van geïnjecteerde ammoniakstikstof kon geconcludeerd worden, dat een afstand van 30 cm tussen de insnijdingen toch eigenlijk nog te groot zal zijn voor een maximale werking van de geïnjecteerde stikstof. Voor een maximale werking zou de afstand tussen de insnijdingen liefst niet groter mogen zijn dan 20 cm. Dit levert echter moeilijkheden op bij het injecteren, omdat bij deze tandafstand de zode gemakkelijk wordt losgescheurd.

#### Overzicht van de resultaten van de graslandproeven in 1963

De algemene conclusie die uit de resultaten van 1963 getrokken kon worden, was, dat bij het in de praktijk gebruikelijke systeem van een regelmatige bemesting per snede, kas *niet* vervangen kan worden door NH<sub>3</sub>. Het gebruik van NH<sub>3</sub> op grasland zou

met de huidige apparatuur slechts dan perspectieven hebben, wanneer met een NH<sub>3</sub>-injectie in één maal in het voorjaar een even hoge (of hogere) jaaropbrengst zou worden verkregen als met een regelmatige bemesting met kas. De drie grote, in 1963 uitgevoerde, proeven, kunnen daar tengevolge van het toegepaste maaischema geen antwoord op geven. De praktijkproef (IB 826) was de enige proef waar deze vergelijking wel gemaakt kon worden. De resultaten zijn samengevat in tabel 8. Hieruit blijkt, dat de werking van ammoniak slecht is geweest. Alleen bij de oogst op 26 juli geeft NH<sub>3</sub> een iets hogere opbrengst (200 kg droge stof meer voor 265 kg N). Bij de volgende sneden blijkt een eventuele nawerking van de als NH<sub>3</sub> gegeven 300 kg N

**Tabel 8. Vergelijking van de grasproductie (in 100 kg droge stof per ha) per snede en totaal bij een regelmatige bemesting met kas met die bij een ammoniakinjectie in éénmaal. IB 826, 1963.**

N-mest- stof	kg N/ha vanaf 26 juni	snede	snede	snede	totaal
		26 juli	13 aug.	27 sept.	
kas	35 + 46 + 37	45.4	8.7	16.8	70.9
NH <sub>3</sub>	300	47.4	6.9	10.5	64.8

lang niet opgewassen te zijn tegen verse bemestingen met kas naar 46 en 37 kg N per ha. De proef werd pas laat in het seizoen aangelegd, waardoor de resultaten ongunstig beïnvloed kunnen zijn. Verder blijkt uit de serie van de drie grote proeven, dat NH<sub>3</sub> speciaal op het zandproefveld (IB 738), dat naast bovengenoemde proef (IB 826) lag, een zeer slechte werking vertoonde.

Bij proeven in 1964 werd dan ook speciaal de vergelijking van een ammoniakinjectie in éénmaal met een kas-bemesting per snede aan de orde gesteld.

#### Proefopzet graslandproeven 1964

Er werden drie nieuwe proeven (IB 852, 853 en 854) aangelegd. De proefopzet is gedeeltelijk weergegeven in tabel 9. Alle objecten lagen minstens in 6-voud. De injectiediepte bedroeg ongeveer 9 cm, de afstand tussen de injectietanden 25 cm. Verder werd er een vast oogstschema voor de gehele proef aangehouden, nl. maaien om de 4 à 5 weken. In 1963 was gebleken dat NH<sub>3</sub> vooral in de eerste snede sterk achterbleef bij kas. Daarom werden in



Tabel 9. Opzet graslandproeven 1964

totale N-gift		kg N voor snede			
kg N/ha/jaar	N-meststof	1	2	3	4
150	kas	46	23	23	23
300	kas	92	46	46	46
600	kas	138	92	138	92
300	NH <sub>3</sub>	300	0	0	0
600	NH <sub>3</sub>	600	0	0	0
346	NH <sub>3</sub> + kas (46 N)	346	0	0	0

Tabel 10. Vergelijking van een regelmatige kas-bemesting (per snede) met een ammoniakinjectie in éénmaal, met betrekking tot de totale grasproductie (in 100 kg droge stof per ha) over 4 sneden. Drie grondsoorten. (Voor proefopzet zie tabel 9).

N-meststof	totale N-gift kg N/ha/jaar	kg N/ha gegeven van 1e tot en met 4e snede	IB 852 klei	IB 853 veen	IB 854 zand
kas	150	115	82.3	84.0	77.5
kas	300	230	101.2	107.1	96.2
NH <sub>3</sub>	300	300	57.3	82.5	65.2
NH <sub>3</sub> + kas	346	346	64.7	85.6	70.6
kas	600	460	117.4	126.4	120.3
NH <sub>3</sub>	600	600	94.4	109.2	98.7

1964 twee objecten 300 kg N per ha als NH<sub>3</sub> opgenomen, waarvan één in het voorjaar een extra bemesting met kas (46 kg N per ha) kreeg. Deze kas-gift zou een vertraagde NH<sub>3</sub>-werking moeten compenseren.

### Resultaten graslandproeven 1964

De resultaten over de eerste 4 sneden zijn in tabel 10 samengevat. Duidelijk blijkt, dat in alle gevallen een injectie met NH<sub>3</sub> in één maal in het voorjaar een veel lagere opbrengst geeft dan een regelmatige bemesting met kas. Het verschil kan waarschijnlijk maar voor een klein deel verklaard worden uit de zodebeschadiging, althans op grond van de proefresultaten van 1963. Uit tabel 10 kan afgeleid worden, dat gemiddeld over de drie proefvelden 480 kg N per ha in de vorm van ammoniak ongeveer een gelijke werking heeft als 150 kg N per ha in de vorm van kalkammonsalpeter (d.i. het gemiddelde nederlandse gebruik op grasland), dus een verhouding van 3 op 1. Weliswaar is het mogelijk dat de prijs van ammoniak per eenheid stikstof lager kan liggen dan die van kalkammonsalpeter, maar dit verschil zal toch nooit zo groot kunnen zijn, dat men voor de prijs van kas 3 maal zoveel stikstof in de vorm van ammoniak zal kunnen kopen.

Als praktisch bezwaar kan verder nog tegen de injectie in éénmaal aangevoerd worden, dat hierbij de mogelijkheid ontbreekt om de grasproductie naar behoefte te regelen.

### SAMENVATTING

De toepassing van ammoniak als stikstofmeststof brengt verschillende problemen met zich mee. Om deze te bestuderen en om ammoniak met kalkammonsalpeter te vergelijken werden in 1963 en 1964 een aantal proeven uitgevoerd op bouwland en grasland.



## Bouwland

- Bij zomergranen en aardappelen had ammoniak in 1963 en 1964 een gunstiger stikstofwerking dan kalkammonsalpeter. De stikstof uit ammoniak leek langzamer ter beschikking van het gewas te komen.
- Bij granen mag de tandafstand hoogstens 30 cm bedragen, bij aardappelen daarentegen is een afstand van 50 cm nog geoorloofd.
- Onder de omstandigheden van de vrij droge winter 1963-1964 gaf een toediening van ammoniak in het najaar (begin november) bij zomertarwe en haver hogere korrel- en lagere stro-opbrengsten dan een toediening in het voorjaar. Een te vroege toediening (in oktober) leidde echter tot grote stikstofverliezen. De datum, waarop in de herfst begonnen mag worden met injecteren, zal sterk afhankelijk zijn van de temperatuur en hoeveelheid neerslag na de injectie.
- Een injectie van ammoniak in het voorjaar op wintertarwe werkte slechter dan een bemesting met kas, voornamelijk tengevolge van gewasbeschadiging door de injectietanden.

## Grasland

- Op grasland werd de werking van ammoniak en kas vergeleken bij verschillende systemen van bemesting:
  - a. Regelmatige ammoniakinjectie versus regelmatige kas-bemesting
  - b. Ammoniakinjectie in éénmaal in het voorjaar versus kas-bemesting in éénmaal in het voorjaar.
  - c. Ammoniakinjectie in éénmaal in het voorjaar versus regelmatige kas-bemesting.
- Ammoniak werkte in alle gevallen, ook over het gehele seizoen gerekend, slechter dan kalkammonsalpeter.
- De insnijdingen die gemaakt moeten worden om de ammoniak te kunnen injecteren, beschadigen de zode. De nadelige invloed hiervan op de productie is groter naarmate dieper gesneden wordt. De slechtere werking van ammoniak t.o.v. kas kan echter slechts voor een gedeelte verklaard worden uit deze zodebeschadiging.