

De veranderingen in de stikstof-, fosfaat- en kaligehalten van een zandgrond bij jaarlijkse bemestingen met grote hoeveelheden rundveedrijfmest op snijmais

De veranderingen in de stikstof-, fosfaat- en kaligehalten van een zandgrond bij jaarlijkse bemestingen met grote hoeveelheden rundveedrijfmest op snijmais

Ir L. C. N. de la Lande Cremer

Om na te gaan welke gevolgen jaarlijkse bemestingen met grote hoeveelheden dierlijke mest op de duur hebben voor bodem, gewas en grondwater, zijn een aantal veeljarige proeven aangelegd. Eén hiervan ligt sinds 1973 op de Proefboerderij 'Cranendonk' te Maarheeze.*) Van deze proef worden hieronder enige resultaten gegeven, die tot 1978 werden verkregen.

*) Deze proef behoort tot een gezamenlijk project van de Proefstations voor de Rundveehouderij en voor de Akkerbouw en Groenteteelt in de Vollegrond, beide in Lelystad, en de Instituten voor Bodemvruchtbaarheid in Haren (Gr.) en voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding in Wageningen.

Proefopzet

De proef werd in december 1973 in drievoud aangelegd op een zandgrond met een pH-KCl van 4,9 en een humusgehalte van 2,8%.

De voorvrucht was een tweejarige kunstweide. Jaarlijks wordt snijmais verbouwd. Iedere winter wordt met rundveedrijfmest bemest volgens het schema in tabel 1.

Alleen het object met 50 ton

drijfmest ontvangt een aanvullende bemesting met kunstmest.

Samenstelling van de gebruikte drijfmest; de hiermee toegediende en door de mais opgenomen hoeveelheden voedingsstoffen

De samenstelling van de gebruikte drijfmesten (tabel 2) was niet constant. Er is een aanzienlijke spreiding rond de gemiddelde gehalten, ook wanneer deze op drogestofbasis met elkaar zouden worden vergeleken.

De met de mest jaarlijks toegediende hoeveelheden voedingsstoffen zijn vermeld in tabel 3.

Met kunstmest wordt op het object met 50 ton drijfmest per ha per jaar nog 100 kg N per ha en 20 kg P₂O₅ per ha (superfosfaat) toegediend.

Wat de mais gemiddeld per jaar op de objecten met 50 en 300 ton drijfmest per ha heeft opgenomen is in tabel 4 vermeld.

Alleen het aanbod aan beschikbare stikstof bij het object 50 ton drijfmest per ha is wat lager dan de mais heeft opgenomen. Voor het overige overtreft het aanbod

Tabel 1. Rundveedrijfmest; hoeveelheden en -tijdstippen

ton/ha/jaar	tijdstip en hoeveelheid van toediening		
	14-30 dec.	5-24 febr.	7-27 apr.
50	—	—	50
100	—	50	50
150	—	100	50
200	50	100	50
250	100	100	50
300	150	100	50

Tabel 2. Gemiddelde samenstelling van de gebruikte rundveedrijfmesten en spreiding van de gehalten in ‰ (kg/ton) resp. mg/kg (12 monsters 1973-1977)

	droge stof	organ. stof	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O mg/kg	Cu mg/kg	B
gemiddeld	108	78	4,8	2,2	5,1	2,1	1,2	1,1	5,8	5,2
spreiding	61-156	43-103	3,9-6,1	1,6-3,1	3,2-6,3	1,1-2,7	0,9-1,5	0,7-3,1	3,4-10,3	5-6

Tabel 3. Gemiddelde aanvoer van mineralen met de gebruikte drijfmest in de periode van 14-12-'73 tot 27-4-'77 in kg/ha/jaar (afgeronde waarden)

mestgift ton/ha. jr.	organ. stof	N	N w.o. *)	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	Cu	B
50	3575	240	120	100	270	120	60	55	0,27	0,23
100	7615	480	240	200	540	225	115	110	0,56	0,49
150	11650	715	355	295	805	335	175	165	0,85	0,74
200	15665	965	485	495	1035	425	240	220	1,16	1,01
250	19675	1215	605	555	1270	520	300	275	1,47	1,28
300	23690	1465	730	685	1500	615	365	430	1,79	1,55

*) N w.o., in water oplosbaar N; voor rundveedrijfmest 50% van N-totaal (4).

Tabel 4. Gemiddelde opname aan mineralen door de snijmais in de periode 1974 t/m 1977, kg/ha/jaar

mestgift ton/ha jaar	50	300
gem. drogestofopbr. mais (74-'77) ton/ha	12,2	13,8
N	175	210
P ₂ O ₅	50	65
K ₂ O	215	325
CaO	25	50
MgO	25	35
Cu	0,03	0,045

van mineralen de opname door de mais. Bij de hier gebruikte hoeveelheden mest is dit zelfs ook het geval voor het sporelement koper, waarvan het gehalte in rundveedrijfmest toch zeer laag is. Een surplus van elementen zal, afhankelijk van verliezen door vervluchtiging (ammoniak) en uitspoeling (nitraat en kali), leiden tot verrijking van de bodem.

De stikstof in de mest

De hoeveelheid totaal-stikstof (N tot.) in de rundveedrijfmest bestaat voor de helft uit minerale stikstof (N min.) en voor de andere helft uit organische stikstof (N org.) (4). De minerale stikstof is in werking gelijk aan die in kunstmest en kan direct door de plant worden opgenomen. De organische stikstof komt eerst na omzetting in minerale-N (mineralisatie) voor het gewas beschikbaar. Geschat wordt (7) dat de helft van

de organische gebonden stikstof in het jaar van toediening door het verteren van de gemakkelijk aantastbare organische stof beschikbaar komt voor het gewas. De moeilijk aantastbare organische stof verteert eerst in de loop van de volgende jaren. Hierbij komt eveneens minerale stikstof beschikbaar, maar per jaar belangrijk minder dan in het jaar van toediening. Deze stikstof veroorzaakt de stikstofnawerking van de mest, waarmee gewoonlijk geen rekening wordt gehouden wanneer de stikstofbemesting van een gewas wordt vastgesteld. Wanneer echter jaarlijks grote hoeveelheden mest op hetzelfde perceel worden gebruikt, wordt de directe stikstofwerking van de verse mest versterkt met de som van de nawerkingen van de in de voorgaande jaren gegeven mest. Hierdoor stijgt het aanbod aan minerale stikstof geleidelijk naarmate het perceel langer organische mest ontvangt. Op de duur stopt de nawerking van de eerst toegediende mest. Het aanbod van minerale stikstof stabiliseert zich dan, maar ligt op een hoger peil dan bij het begin. Het is van belang de duur van de stikstofwerking van organische mest te kennen met het oog op de toelaatbare hoeveelheden dierlijke mest op basis van de stikstofbehoefte van het gewas of van de te verbouwen gewassen in een vruchtopvolging. Wanneer hiermee namelijk geen rekening wordt gehouden, kan de grond zodanig met stikstof worden verrijkt dat de

gewassen aan de gevolgen van stikstofovermaat kunnen gaan lijden. Voorbeelden zijn het legeren van granen en vlas, verlaging van het suikergehalte en vermindering van de extraheerbaarheid van witsuiker bij suikerbieten, verlaging van het zetmeelgehalte bij aardappelen, verhoging van het nitraatgehalte in bladgewassen. Bovendien geeft een stikstofrijke bodem een grotere kans op uitspoeling van stikstof naar het grond- en oppervlaktewater.

Grondonderzoek

In deze proef wordt de bodem na de laatste bemesting met drijfmest in het voorjaar, variërend tussen 7 en 27 april en na de maasoogst in het najaar (oktober-november), in lagen van 20 cm tot op een diepte van 1 m bemonsterd op de voorraad minerale stikstof. In de herfstmonsters worden tevens de gehalten aan humus, fosfaat, kali en andere elementen van belang onderzocht, alsmede de pH.

De minerale-stikstofhuishouding van de bodem

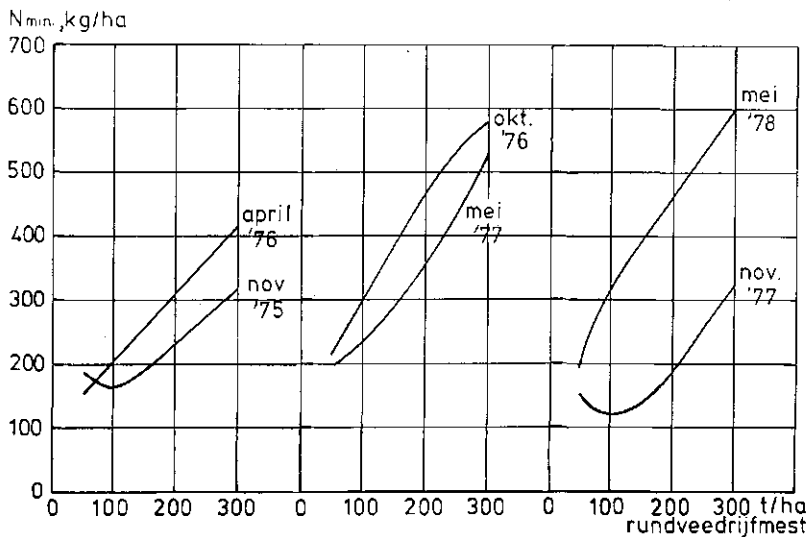
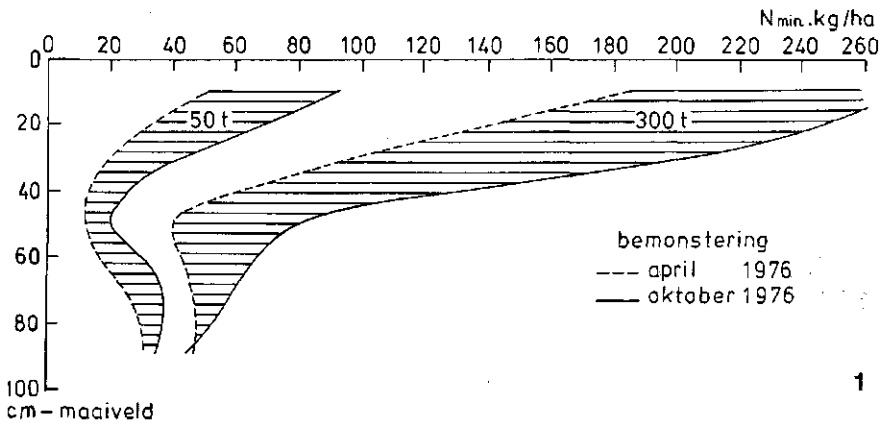
Wanneer met een bemesting meer voedingsstoffen worden aangeboden dan het gewas opneemt, zal de grond worden verrijkt. De mate waarin is afhankelijk van het overaanbod en van de optredende verliezen. Wat de minerale stikstof betreft wordt hiervan voor twee van de vijf mesthoeveelheden een voorbeeld gegeven in figuur 1.

figuur 1

De verrijking van de grond (0-100 cm) met minerale stikstof na drie jaren bemesten met 50 en 300 ton/ha drijfmest van rundvee, in kg per ha per laag van 20 cm.

figuur 2

Voorraden minerale stikstof in de grond (0-100 cm) bij aanvang van het groeiseizoen en na de oogst van de snijmaïs voor drie achtereenvolgende proefjaren.



De lijnen geven aan hoeveel minerale stikstof in 1976 in de grond voorkwam na drie jaren bemesting met 50 en met 300 ton per ha per jaar rundveedrijfmest. Ondanks de stikstofopname door de maïs is de resthoeveelheid minerale stikstof na de oogst (volle lijnen) groter dan de voorraad waarmee het groeiseizoen werd begonnen (stippellijnen). De gedurende de groei-

periode nog uit de organische stof beschikbaar gekomen hoeveelheid minerale stikstof is blijkbaar groter geweest dan de hoeveelheid die de maïs heeft opgenomen. Maar ook de hoeveelheid minerale stikstof die in het voorjaar 1976 aanwezig was, was al meer dan de maïs voor het jaar nodig had (vergelijk kolommen 3 en 6 in tabel 5). De grond ging dan ook verrijkt met nitraatstikstof de volgende

winter in en nitraat is vatbaar voor uitspoeling.

De minerale-stikstofhuishouding in de winterperiode

Welke hoeveelheden minerale stikstof in de grond aanwezig waren na een aantal jaarlijkse bemestingen met rundveedrijfmest wordt voor drie achtereenvolgende winterperiodes tussen november 1975 en mei 1978 getoond in figuur 2. In de winter treden stikstofverliezen op door vervluchtiging van ammoniak bij het verspreiden van de mest en door uitspoeling van nitraat uit de na de maïs oogst achtergebleven voorraad minerale stikstof in de grond. Denitrificatie en mineralisatie van stikstof mag men in deze periode nauwelijks verwachten.

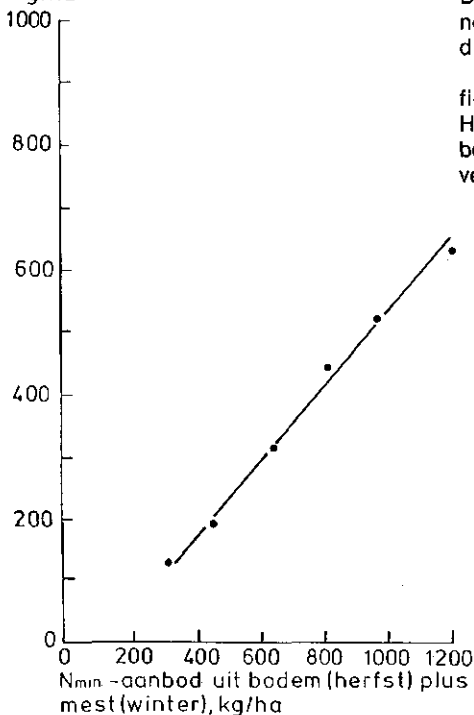
Uit figuur 2 volgt, dat alleen in het voorjaar 1977 minder minerale stikstof in de grond werd aangetroffen dan in het voorgaande najaar. In de beide andere jaren nam de voorraad gedurende de winter toe. Toch leert een winst-en verliesrekening dat er ondanks deze toename belangrijke tekorten op de minerale-stikstofbalans voorkomen. Voor de winters 1975/1976, 1976/1977 en 1977/1978 bedragen deze, als gemiddelde over alle methoeveelheden, 55%, 58% en 32%. Deze balanstekorten hebben betrekking op de som van de hoeveelheid minerale stikstof die na de maïs oogst in de grond was achtergebleven en de hoeveelheid die gedurende de winter werd toegediend.

De tekorten kunnen als volgt worden berekend:

tekort minerale stikstof = voorraad minerale stikstof in de grond in het najaar + minerale stikstof toegediend met de mest - voorraad minerale stikstof in de grond in het voorjaar.

De aldus over de periode 1975-1978 berekende gemiddelde tekorten per toegediende hoeveelheid drijfmest zijn nauw

N_{min} tekort
kg/ha



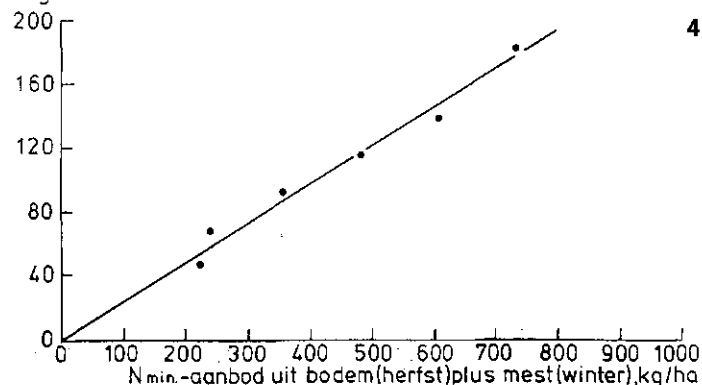
3 figuur 3

De gedurende de winters 1975-1978 berekende tekorten aan minerale stikstof nemen toe met het aanbod van minerale stikstof uit de grond (0-100 cm) en uit drijfmest. Het aanbod werd per mesthoeveelheid gemiddeld over drie proefjaren.

figuur 4

Het aanbod van minerale stikstof uit de grond (0-100 cm) en uit de drijfmest beïnvloedt het nitraatgehalte van het grondwater op 1½ tot 2 m diepte (bepaling verricht door Steenvoorden (8)).

mg/l NO_3-N
in grondwater



4

gecorrleerd met het gemiddeld aanbod van minerale stikstof uit de grond en bemesting tezamen (figuur 3).

Het zoekgeraakte deel van de minerale stikstof op deze winst- en verliesbalans wordt voorlopig 'tekort' genoemd, omdat niet kon worden vastgesteld of een deel van de vermiste stikstof misschien tijdelijk weer in een organische vorm werd teruggevoerd door microbiële activiteiten.

Invloed op het grondwater

Dat er van de berekende tekorten toch een belangrijk deel moet zijn uitgespoeld, bewijzen de uitkomsten van een door Steenvoorden (8) in de winter 1977/1978 op dit proefveld verricht onderzoek van het grondwater op 1½ tot 2 m diepte (figuur 4). De door hem gevonden nitraatgehalten correleren bijzonder fraai met het door ons berekend aanbod aan minerale stikstof uit bodem plus bemesting. Deze gehalten aan nitraatstikstof liggen ver boven de

voor drinkwater aanvaardbare norm van 11 mg NO_3-N per liter!

De minerale-stikstofhuishouding in de zomerperiode

Evenals voor de winterperiode kan ook voor de zomerperiode een winst- en verliesbalans worden opgemaakt van de voorraad minerale stikstof. Deze zit evenwel ingewikkelder in elkaar. Het volgend schema verduidelijkt de opzet van zo'n balans. Van een aantal van deze balansposten zijn gegevens beschikbaar. Sommige posten kunnen op basis

van ander onderzoek worden geschat, zo bijvoorbeeld de bijdragen door neerslag, bacteriële binding en de vastlegging in wortel- en stoppelresten (1, 2, 6) of kunnen worden afgeleid uit de overige grootheden. De posten denitrificatie, mineralisatie en uitspoeling vormen meestal een gezamenlijke sluitpost van de balansrekening. Nu biedt het droge jaar 1976 de mogelijkheid de posten voor denitrificatie en uitspoeling te verwaarlozen, waardoor iets meer bekend kan worden over de stikstof-mineralisatie vanuit de grond en

winstzijde

bodemvoorraad voorjaar
meststoffen
neerslag
bacterieel gebonden luchtstikstof
gemineraliseerd uit bodemhumus
gemineraliseerd uit organische
stof/mest

verlieszijde

opgenomen door afge oogste deel van
het gewas
vastgelegd in wortel- en stoppelresten
uitgespoeld
gedenitrificeerd *)

*) in gasvormige fase omgezette stikstof

Tabel 5. Balans van de hoeveelheid minerale stikstof in de grond tot 1 m diepte over de periode van april tot oktober 1976 in kg/ha

mestgift ton/ha jaar	N min. bodem herfst 1976	N min. bodem voorj. 1976	N min. + kunstmest	N. min + neerslag*)	N min. gewas	N min. wortels**) + stoppels	N gemineraliseerd
50	216	147	100	15	137	5	96
100	278	215	—	15	153	5	206
150	416	300	—	15	168	5	274
200	453	288	—	15	182	5	337
250	466	371	—	15	170	5	255***)
300	653	411	—	15	182	5	414

*) inclusief door bacteriën gebonden N (3)

**) geschat op basis van literatuurgegevens (1, 2, 6) en gezien de geringe variatie tussen de objecten afgerond op 5 kg

***) foutieve waarde; past niet in de reeks

de mest tezamen. De berekening is in tabel 5 weergegeven. De gebruikte vergelijking is nog eens in de kop van de tabel opgenomen. Uitgangspunt is de hoeveelheid minerale stikstof die bij de voorjaarsbemonstering na de laatste bemesting met drijfmest tot 1 m diepte in de bodem werd aangetroffen en eindpunt de voorraad die op deze diepte na de maaisoogst overbleef. Naarmate meer drijfmest werd gegeven nam de hoeveelheid stikstof die in de periode van 15 april tot 21 oktober 1976

mineraliseerde toe van 96 kg per ha (bij 50 ton drijfmest per ha) tot 414 kg per ha (bij 300 ton mest per ha). Deze gemineraliseerde hoeveelheid is afkomstig uit de bodemhumus plus de organische stof van de in de winter 1975/1976 toegediende mest en de mestrestanten van de vorige bemestingen. De hoeveelheid gemineraliseerde stikstof per gewichtseenheid mest blijkt bij grotere hoeveelheden af te nemen.

Tabel 6. Invloed van de gedurende vier jaren toegediende hoeveelheden drijfmest op de gehalten aan P-totaal (%) en Pw (mg P₂O₅/l grond) van de bodem tot op 1 m diepte (bemonstering 3.11.1977).

mestgift ton/ha/jr.	P-totaal in de bodemlaag in cm beneden maaiveld				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
50	0,14	0,06	0,04	0,05	0,02
100	0,15	0,08	0,05	0,02	0,01
150	0,14	0,09	0,04	0,03	0,02
200	0,16	0,09	0,05	0,04	0,02
250	0,17	0,10	0,05	0,04	0,02
300	0,16	0,09	0,06	0,03	0,02

mestgift ton/ha/jr.	Pw-getal				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
50	57	7	3	3	4
100	70	20	1	2	2
150	72	26	3	1	3
200	68	19	1	2	3
250	84	19	1	1	5
300	98	27	2	3	6

De wijzigingen in P-totaal, Pw-getal en K-HCl-gehalte van de bodem

De invloed van de met de drijfmest toegediende hoeveelheden fosfaat op de gehalten in de verschillende grondlagen is in tabel 6 weergegeven.

Het gehalte aan P-totaal is tot 40 cm beneden het maaiveld verhoogd. Bij de hoogste mestgiften is er een 'aanzet' tot verrijking van de laag van 40-60 cm. Het Pw-getal in de bouwvoor was in 1973

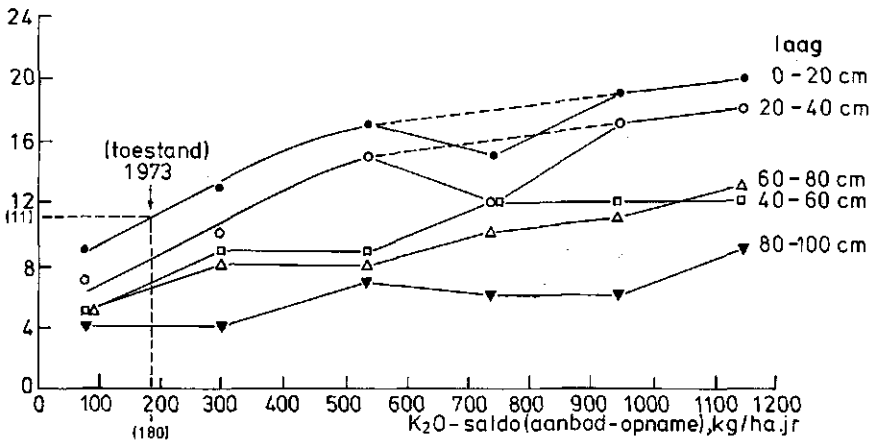
56. Met een jaarlijkse bemesting van 50 ton rundveedrijfmest per ha (aangevuld met 20 kg P₂O₅ uit superfosfaat) bleef deze toestand tot november 1977 gehandhaafd.

Bij hogere drijfmestgiften steeg het Pw-getal ook in de laag 20-40 cm. Met een jaarlijks overaanbod (zie tabellen 2 en 3) van 620 kg P₂O₅/ha (300 ton drijfmest per ha) nam het Pw-getal in de bouwvoor toe tot 98. In de laag 20-40 cm stabiliseerde het Pw-getal zich gemiddeld op 22 vanaf een overaanbod van 150 kg P₂O₅ ha per jaar (100 ton drijfmest).

Het kaligehalte in de bouwvoor van de voorvrucht konstweide was in 1973, vóór aanleg van de proef, 11. Ondanks dat meer kali werd aangevoerd dan door de mais werd opgenomen (tabellen 2 en 3) is het kaligehalte bij 50 ton drijfmest per ha teruggelopen. Om het kaligehalte 11 (= 'ruim voldoende') te handhaven zou 180 kg méér kali (figuur 5) nodig zijn geweest. Deze hoeveelheid moet door uitspoeling uit de bouwvoor verloren zijn gegaan.

In de bouwvoor en in de daaronder liggende laag tot 40 cm steeg het kaligehalte sterk tot een overaanbod van 500 kg K₂O per ha om vervolgens nog geleidelijk verder toe te nemen tot een K-gehalte 20 in de bouwvoor en 18 in de laag 20-40 cm. Er vindt ook een duidelijke verrijking plaats van het diepere deel van het profiel.

K-HCl (mg K₂O/100 g grond)
dd 3 november 1977



figuur 5

Het kalisalido van de bemesting (aanbod minus opname door het gewas) wijzigde het kaligehalte van de grond op verschillende diepten. Situatie op 3-11-1977 na vier proefjaren.

5 LITERATUUR

1. AMBERGER, A., A. WAGNER en F. RASSADI, (1971) - Ueber den Abbau der organischen Substanz bei der Verrottung von Maisstroh. Bayerisches Landw. Jahrbuch 48: 3-22.
2. KÖHNLEIN, J. en H. VETTER (1953) - Ernte Rückstände und Wurzelbild. Hamburg P. Parey, 138 blz.
3. KOLENBRANDER, G. J. (1978) - PAO-cursus 'Bescherming en verontreiniging van bodem- en grondwater'.
4. KREMERS, G. J. (1977) - Experimenten met rundveedrijfmest. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 13-77.
5. LANDE CREMER, L. C. N. DE LA (1977) - De verrijking van de bodem met stikstof bij gebruik van grote hoeveelheden rundveedrijfmest op maisland. Jaarverslag Sticht. Onz. Centr. 'Cranendonck' Maarheeze, 42-52.
6. MENGEL, D. B. en S. A. BARBER (1971) - Development and distribution of the corn root system under field conditions. Agronomy Journal 66: 341-344.
7. SLUIJSMANS, C. M. J. en G. J. KOLENBRANDER (1977) - The significance of animal manure as a source of nitrogen in soils. Proc. Int. Semin. on Soil environment and Fertility management in Intensive agric., Tokio, 403-411.
8. STEENVOORDEN, J. H. A. M. (ICW Wageningen). Persoonlijke mededeling.

Samenvatting

Het jaarlijkse gebruik van grote hoeveelheden rundveedrijfmest voor het bemesten van snijmais op zandgrond, heeft de bodem in vier jaar tot verschillende diepten met minerale (= opneembare) stikstof, fosfaat en kali verrijkt. Bij de goed oplosbare mineralen N en K vond deze verrijking tot tenminste 80 à 100 cm beneden maaiveld plaats, terwijl de fosfaatinspoeling tot 40 cm diepte was te volgen. Van de opneembare stikstof uit de grond en de mest tezamen raakte in drie achtereenvolgende winters gemiddeld over alle mesthoeveelheden 32 tot 58% zoek, deels door ammoniakvervluchtiging uit de verspreide mest en deels door nitraatuitspoeling uit de bodem. De tekorten op de balans liepen gemiddeld over de periode 1975/1978 evenredig op van 120 kg N per ha bij 50 ton drijfmest tot 660 kg N per ha bij 300 ton per ha mest. Het nitraatgehalte van het grondwater op 1½ à 2 m diepte

was in de winter 1977/1978 50 mg per liter bij 50 ton drijfmest per ha tot 180 mg per liter bij 300 ton drijfmest. Beide waarden liggen boven de voor drinkwater toelaatbare hoeveelheid.

In de droge zomer 1976 werd uit de bodemhumus plus de organische stof van de vers toegediende mest en die van de restanten mest uit voorgaande bemestingen van 96 kg N per ha (bij 50 ton mest per ha) tot 414 kg N per ha (bij 300 ton mest per ha) gemineraliseerd. Het verloop was niet evenredig aan de gebruikte hoeveelheid mest. Met 50 ton per ha rundveedrijfmest werd in deze proef reeds meer fosfaat aangevoerd dan nodig was voor het handhaven van een bemestingstoestand 'voldoende'. Met 400 kg per ha K₂O (ca. 80 ton drijfmest per ha) kon de kalistoestand 'voldoende' worden gehandhaafd. Er ging ongeveer 180 kg K₂O per ha door uitspoeling uit deze grond verloren.