

Bemesting en meststoffen

Ir. W. T. Rinsema

13de, gewijzigde druk



Educaboek
Stam/Robijns



Amersham (UK) - Hulton
Bruxelles (B) - Plantyn
Cheltenham (UK) - Thornes/Stam
Culemborg (NL) - Educaboek
Educa International
Deurne/Antwerpen (B) - Plantyn
Köln/Pötz (BRD) - Stam
Melbourne (Aus) - AEP
Paris (F) - Educationalve
Vevey (CH) - Delta/Spes

Uitgave van Stam/Robijns B.V.

© 1981 Educaboek B.V., Industrieweg 1,
Culemborg, The Netherlands
ISBN 90 11 546539
First published 1953

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced, in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

CIP-gegevens

Bemesting en meststoffen / W. T. Rinsema.
- Culemborg: Educaboek/Stam/Robijns. - III.

Met reg.
SISO 487.7 UDC 372.863.18
Trefw.: leermiddelen; land- en tuinbouw.
ISBN 90-11-54653-9

Inhoud

1 Bemesting en plantevoeding	13
1.1 De voeding van de plant	13
1.1.1 Opname van koolzuurgas	13
1.1.2 Opname van water	14
1.1.3 Opname van zouten	14
1.2 De voedingselementen	16
1.2.1 Noodzakelijke elementen	16
1.2.2 Niet-noodzakelijke elementen	18
1.2.3 Bemesting met voedingselementen	19
1.3 De grond als leverancier van plantevoedsel	19
1.3.1 Opgeloste voedingsstoffen	19
1.3.2 Geadsorbeerde voedingsstoffen	20
1.3.3 Minerale reserve	20
1.3.4 Organische reserve	21
1.4 Bemesting en plantevoeding	22
1.4.1 Het scheikundig grondonderzoek	22
1.4.2 Verschijnselen van tekort of overmaat	24
1.4.3 Ervaring van de boer	24
2 Bemesting en bodemtoestand	27
2.1 Bemesting en zuurgraad van de grond	27
2.1.1 Bezwaren van een te lage pH	27
2.1.2 Bezwaren van een te hoge pH	28
2.1.3 Gewas en pH	29
2.1.4 Optimale pH	30
2.1.5 Meststoffen en pH	31
2.1.6 Buffering van zuren	33
2.2 Bemesting en structuur van de grond	33
2.2.1 Structuurverbeterende meststoffen	34

2.2.2	Structuurverslechterende meststoffen	34
2.3	Bemesting en bindend vermogen van de grond voor plantevoedsel	36
2.3.1	Chemische binding	36
2.3.2	Adsorptieve binding	37
2.3.3	Biologische binding	37
3	Wisselwerking van de groeifactoren	38
3.1	Groeifactoren	38
3.2	Absolute en voorwaardelijke tekorten	38
3.3	Synergismen	39
3.4	Antagonismen	39
3.5	Minerale samenstelling van het gewas	40
3.6	Evenwichtige bemesting	41
3.7	Wet van het minimum	41
3.8	Wet van de werking der groeifactoren	42
3.9	Wet van de afnemende meeropbrengsten	42
4	Kunstmeststoffen	44
4.1	Inleiding	44
4.1.1	Voordelen van kunstmest	45
4.1.2	Wettelijke regeling van de handel in meststoffen	45
4.2	Stikstofmeststoffen	47
4.2.1	Stikstof als voedingselement	47
4.2.2	Nadelen van te veel stikstof	48
4.2.3	Stikstofvormen	49
4.2.4	Stikstof in meststoffen	49
4.2.5	Nitraat- of salpetermeststoffen	50
4.2.6	Ammoniakmeststoffen	52
4.2.7	Nitraat- en ammoniakmeststoffen	55
4.2.8	Overige stikstofmeststoffen	56
4.2.9	Toepassing van stikstofmeststoffen	58
4.3	Fosfaatmeststoffen	68
4.3.1	Fosfor als voedingselement	68
4.3.2	Werking van fosfaat	69
4.3.3	Fosfor in de grond	70
4.3.4	Fosfor in meststoffen	71
4.3.5	Superfosfaat	71
4.3.6	Thomasmeel	73
4.3.7	Overige fosfaatmeststoffen	75
4.3.8	Toepassing van fosfaatmeststoffen	76
4.4	Kaliummeststoffen	79
4.4.1	Kalium als voedingselement	79
4.4.2	Nadelen van te veel kalium	80

4.4.3	Kalium in de grond	81
4.4.4	Kalium in meststoffen	82
4.4.5	Chloorhoudende kalimeststoffen	83
4.4.6	Chloorarme kalimeststoffen	86
4.4.7	Toepassing van kalimeststoffen	87
4.5	Samengestelde meststoffen	90
4.5.1	NP-meststoffen	92
4.5.2	PK-meststoffen	92
4.5.3	NPK-meststoffen	93
4.5.4	Toepassing van NPK-meststoffen	93
4.6	Kalkmeststoffen	98
4.6.1	Calcium als voedingselement	98
4.6.2	Calcium in de grond	99
4.6.3	Calcium in meststoffen	100
4.6.4	Winning van kalkmeststoffen	101
4.6.5	Kalkmeststoffen (minder dan 4% MgO)	101
4.6.6	Magnesiakalkmeststoffen (4% MgO of meer)	103
4.6.7	Industriële afvalprodukten	104
4.6.8	Waarde van kalkmeststoffen	106
4.6.9	Toepassing van kalkmeststoffen	107
4.7	Magnesiummeststoffen	114
4.7.1	Magnesium als voedingselement	114
4.7.2	Magnesium in de grond	115
4.7.3	Soorten magnesiummeststoffen	116
4.7.4	Toepassing van magnesiummeststoffen	117
4.8	Natriummeststoffen	119
4.8.1	Natrium als voedingselement	119
4.8.2	Natrium in de grond	120
4.8.3	Natrium in meststoffen	120
4.9	Spoorelementenmeststoffen	121
4.9.1	Betekenis van de spoorelementen	121
4.9.2	Mangaanmeststoffen	122
4.9.3	Kopermeststoffen	125
4.9.4	Boriummeststoffen	130
4.9.5	Kobaltmeststoffen	133
4.9.6	Molybdeenmeststoffen	135
4.9.7	Mengsels van spoorelementen	136
5	Organische meststoffen	138
5.1	Inleiding	138
5.2	Werking van organische meststoffen	139
5.3	Dierlijke mest	141
5.3.1	Aard van het materiaal	141

5.3.2	Soorten dierlijke mest	143
5.3.3	Toepassing van dierlijke mest	155
5.3.4	Meststoffenbalans	160
5.4	Groenbemesting	161
5.4.1	Vlinderbloemige groenbemesters	162
5.4.2	Niet-vlinderbloemige groenbemesters	164
5.4.3	Toepassing van groenbemesting	165
5.4.4	Voordelen van groenbemesting	166
5.4.5	Nadelen van groenbemesting	167
5.5	Compost	168
5.5.1	Samenstelling en werking van compost	170
5.5.2	Compostsoorten	170
5.5.3	Toepassing van compost	171
5.6	Afvalwaterzuiveringsslib	171
5.6.1	Samenstelling van zuiveringsslib	172
5.6.2	Toepassing van zuiveringsslib	173
5.7	Organische-stofvoorziening en humusgehalte van bouwland (organische-stofbalans)	174
6	Alternatieve bemestingsmethoden	177
6.1	Inleiding	177
6.2	Biologisch-dynamische landbouw	178
6.3	Organisch-biologische landbouw	179
6.4	Macrobiotische landbouw	179
6.5	Anog-landbouw	179
6.6	Onderzoek naar de bedrijfsresultaten	180
7	Bemesting en milieu	181
7.1	Bemesting en luchtverontreiniging	181
7.2	Bemesting en bodemverontreiniging	184
7.3	Bemesting en waterverontreiniging	184
Bijlagen		188
A	Richtlijnen voor stikstofbemesting	188
B	Adviesschema's voor fosfaatbemesting	189
C	Adviesschema's voor kalibemesting	192
D	Adviesschema's voor magnesiumbemesting	195
E	Waardering van de pH en de pH waartoe bekalkt moet worden	196
F	Berekening van de benodigde hoeveelheid kalk	200
G	Hoeveelheden organische stof die van de diverse gewassen op het land achterblijven	202
H	Kunstmeststoffen	204

I	Assortiment NPK-, NP- en PK-meststoffen voor het bemestingsjaar 1980/1981	207
J	Samenstelling organische meststoffen van dierlijke oorsprong	208
K	Normen voor de meststoffenbalans	209
L	Onttrekking van voedingsstoffen door landbouwgewassen	210

Trefwoordenregister

Inleiding

Ter verkrijging van hoge opbrengsten van goede kwaliteit is het noodzakelijk, dat men de omstandigheden voor de ontwikkeling van de gewassen zo gunstig mogelijk maakt. Daarom dient men te zorgen voor een goede ontwatering en een goede bewerking van de grond, voor zaaizaad en pootgoed van prima kwaliteit en voor een intensieve bestrijding van onkruiden, planteziekten, insecten en dergelijke. *In het bijzonder is het echter nodig, dat de gewassen gedurende hun gehele groei voldoende plantevoedsel op kunnen nemen.*

De voedselrijkdom van de grond loopt evenwel zeer sterk uiteen. Zo bevatten zandgronden van nature slechts weinig plantevoedende stoffen. De gewassen leveren daar dan ook alleen goede opbrengsten, indien men zorgt voor een voldoende aanvoer van plantevoedsel. Op deze gronden is een regelmatige bemesting dus beslist noodzakelijk.

Jonge zeeklei is daarentegen bijzonder vruchtbaar. In ons regenrijk klimaat wordt de bouwvoor echter geleidelijk armer aan plantevoedsel, doordat dit met het wegzakkende regenwater in de ondergrond verdwijnt, waar het onbereikbaar is voor de plantewortels. Bovendien onttrekken de gewassen jaarlijks een belangrijke hoeveelheid plantevoedende stoffen aan de grond. De van nature vaak zo vruchtbare kleigronden vertonen daardoor een geleidelijk toenemende mestbehoefte.

Teneinde een zo gunstig mogelijk effect van de bemesting te verkrijgen, is het nodig, dat men vaststelt *aan welke stoffen de grond behoefte heeft.* Bovendien dient men te weten in welke vorm, in welke hoeveelheden en op welke wijze de ontbrekende voedingsstoffen het beste kunnen worden aangewend.

De aanvoer van plantevoedsel is het hoofddoel van de bemesting, maar niet het enige doel.

Men moet de grond door middel van bemesting tevens in een zodanige toestand brengen, dat het gewas zich zo goed mogelijk kan ontwikkelen. Deze

ontwikkeling is namelijk niet alleen afhankelijk van de aanwezigheid van meer of minder grote hoeveelheden van de verschillende voedingsstoffen, maar ook van andere omstandigheden, zoals de structuur en de zuurgraad van de grond. En daarop is de bemesting eveneens van invloed. Een gunstige bodemtoestand betekent bovendien, dat de gewassen beter in staat zijn het aanwezige plantevoedsel op te nemen, doordat ze een krachtiger wortelstelsel kunnen vormen dan wanneer deze te wensen overlaat. In dat geval zal de toegediende bemesting dus ook een beter resultaat opleveren.

Tenslotte is het van groot belang, dat de grond in voldoende mate in staat is om het toegediende plantevoedsel vast te houden en dit gedurende de groei van het gewas weer geleidelijk vrij te geven. Een grond die daartoe niet het vermogen bezit, moet als uitermate onvruchtbaar worden beschouwd, omdat deze de gegeven meststoffen zeer snel door uitspoeling zal verliezen. Het is daarentegen ook mogelijk, dat bepaalde plantevoedende stoffen in de grond zo sterk worden gebonden, dat ze voor het gewas niet of zeer moeilijk opneembaar zijn. Het vastleggingsvermogen van de grond voor plantevoedsel kan door bemestingsmaatregelen min of meer worden beïnvloed.

Het bovenstaande samenvattende kan dus worden vastgesteld, dat *het doel van de bemesting tweeledig is* en wel:

- 1 aanvoer van voldoende plantevoedende stoffen voor de gewassen;
- 2 verbetering of instandhouding van de bodemtoestand, wat betreft de structuur, de zuurgraad, het bindend vermogen voor plantevoedsel, e.d.

In verband hiermee zal eerst de betekenis van de bemesting voor de plantevoeding worden behandeld en vervolgens de invloed, die de bemesting op de bodemtoestand uitoefent. Daarna volgt een overzicht van de winning, de samenstelling, de eigenschappen en het gebruik van de diverse meststoffen. Het boek wordt besloten met hoofdstukken over alternatieve bemestingsmethoden en over de invloed van de bemesting op het milieu en een aantal bijlagen.

Bemesting en plantevoeding

1.1 De voeding van de plant

Vroeger meende men, dat de plant voor zijn voeding organische stof uit de grond zou moeten opnemen (humustheorie). Door onderzoek aan het eind van de 18de en in de eerste helft van de 19de eeuw heeft men echter een geheel andere kijk op de plantevoeding gekregen. Dit onderzoek maakte duidelijk, dat de plant geen organische stof aan de grond onttrekt, maar deze zelf produceert. Daarvoor zijn nodig:

- 1 koolzuurgas;
- 2 water;
- 3 zouten.

Met deze eenvoudige anorganische stoffen bouwt de plant een grote verscheidenheid van organische verbindingen op, zoals koolhydraten (suikers, zetmeel, cellulose), vetten, oliën, organische zuren, eiwitten en nog vele andere.

VRAGEN

- 1 Door middel van welk proces maakt de plant druivesuiker (glucose) uit CO_2 en H_2O ?
- 2 Waar en wanneer heeft het in vraag 1 bedoelde proces plaats?

1.1.1 Opname van koolzuurgas

Koolzuurgas wordt door middel van *diffusie* uit de omringende lucht opgenomen via de huidmondjes. *Water en voedingszouten* worden in hoofdzaak door de wortels uit de grond opgenomen. Hierbij spelen verschillende ingewikkelde processen een rol, die nog lang niet volledig zijn verklaard.

VRAAG

3 Wanneer zullen water, zouten en soms ook andere stoffen door het blad worden opgenomen?

1.1.2 Opname van water

De opname van water is in hoofdzaak een gevolg van *osmose*.

Osmose heeft plaats als twee zoutoplossingen van verschillende sterkte gescheiden zijn door een z.g. half-doorlatende wand. Het water verplaatst zich dan door deze wand van de zwakste naar de sterkste zoutoplossing.

Bij de plantewortel is het protoplasma van de wortelharen de halfdoorlatende wand. Het bodemvocht en het celvocht van de wortelharen zijn in dit geval de beide zoutoplossingen.

Tengevolge van de osmose heeft er vochtopname plaats, als het bodemvocht een zwakkere zoutoplossing is dan het celvocht.

In het omgekeerde geval zal er vocht uittreden. Verliezen de cellen te veel vocht, dan gaan ze dood. Ze worden dan grijs, bruin of zwart. Men noemt dat 'verbranding'. Zo kunnen wortelcellen 'verbranden' bij de toediening van veel kunstmest vlak voor het zaaien. Ook bladverbranding komt voor, o.a. bij het sproeien van gier op grasland bij schraal weer.

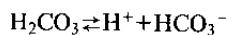
1.1.3 Opname van zouten

Zouten kunnen slechts worden opgenomen als ze in het bodemvocht zijn opgelost. Opgeloste zouten zijn echter in elektrisch geladen deeltjes, z.g. *ionen*, gesplitst. Opname van zouten is dus in feite opname van ionen. Bij de opname van de ionen door de plantewortel speelt *ionenuitwisseling* een grote rol.

Zo worden de opgenomen kationen (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , enz.) vervangen door een gelijkwaardige hoeveelheid H^+ -ionen die uit de wortel naar buiten treden.

Op dezelfde wijze worden anionen (NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , $H_2PO_4^-$, enz.) uitgewisseld tegen een gelijkwaardige hoeveelheid HCO_3^- -ionen.

De plantewortel beschikt over de nodige H^+ - en HCO_3^- -ionen voor deze uitwisseling. Bij de ademhaling wordt immers CO_2 geproduceerd, dat zich voor een deel met water verbindt tot H_2CO_3 . Dit zwakke zuur wordt gedeeltelijk in ionen gesplitst:



In figuur 1.1 wordt deze ionenuitwisseling schematisch voorgesteld.

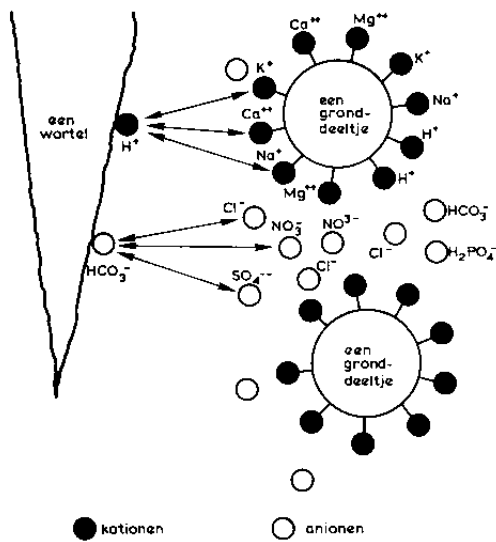


Fig. 1.1 Ionenuitwisseling

Het zal nu duidelijk zijn, dat de plant meer ionen kan opnemen naarmate de wortelademhaling intensiever is. Een sterkere ademhaling van de wortels betekent immers een grotere productie van H^+ - en HCO_3^- -ionen.

VRAAG

4 Wat zal de oorzaak zijn van de slechte groei van gewassen op onvoldoend ontwaterde of dichtgeslepte grond?

Bij de opname van de voedingsionen blijkt de plant een zeker *keuzevermogen* te bezitten. Sommige plantesoorten zijn daardoor in staat om bepaalde voedingselementen in sterke mate op te hopen, ook al is de concentratie daarvan in de voedingsoplossing slechts gering. Toch gaat het keuzevermogen van de plant niet zo ver, dat niet-noodzakelijke of zelfs schadelijke voedingsstoffen kunnen worden buitengesloten.

Tengevolge van de splitsing van de zouten in ionen is het mogelijk, dat in het ene geval meer positieve, in het andere meer negatieve delen worden opgenomen. In het algemeen neemt de plant vooral die ionen uit de voedingsoplossing op, waaraan hij het meest behoefte heeft. De hoeveelheden van de diverse plantevoedende stoffen die door de gewassen aan de grond worden onttrokken, lopen dientengevolge sterk uiteen (zie tabel L, blz. 210).

1.2 De voedingselementen

Koolzuurgas en water zijn de voornaamste voedingsstoffen voor de plant. Deze verbindingen zijn de leveranciers van de elementen *koolstof* (C), *waterstof* (H) en *zuurstof* (O), die onmisbare bouwstenen zijn voor alle organische bestanddelen van het plantelichaam.

Voor de vorming van diverse organische verbindingen, zoals eiwitten, moet de plant echter ook nog de beschikking hebben over de elementen stikstof (N), fosfor (P) en zwavel (S). Aangezien planten zonder eiwitten onbestaanbaar zijn (eiwitten vormen immers een zeer voornaam bestanddeel van het protoplasma), moeten deze elementen eveneens tot de volstrekt noodzakelijke worden gerekend.

Het aantal elementen dat bij scheikundig onderzoek in de plant wordt aangetroffen, is echter aanmerkelijk groter dan het genoemde zestal. Zo bevat de plant ook steeds meer of minder kalium, natrium, calcium, magnesium, ijzer, aluminium, silicium, chloor, koper, mangaan, kobalt, enz., enz. Het is nu de vraag, of al deze elementen voor een normale ontwikkeling van de plant werkelijk onmisbaar zijn.

1.2.1 Noodzakelijke elementen

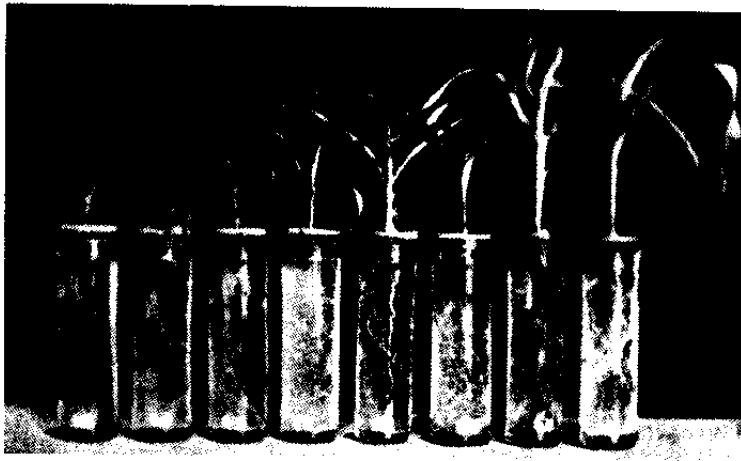
De noodzakelijkheid van een bepaald element voor de plantengroei kan men alleen met zekerheid aantonen met behulp van *water-* of *zandcultures* (zie figuur 1.2 en figuur 4.26).

Een *watercultuur* is een aarden of glazen pot gevuld met gedestilleerd water waaraan men verschillende zouten heeft toegevoegd. In het deksel van deze pot is een opening, waarin men met behulp van watten een plantje kan vastzetten.

In een *zandcultuur* gebruikt men zeer zuiver kwartzand (SiO_2), dat zelf geen plantevoedsel bevat. Gedestilleerd water waarin diverse zouten zijn opgelost, doet dan hierbij dienst als gietwater.

Men vergelijkt de ontwikkeling van planten op een volledige voedingsoplossing met de groei op een voedingsoplossing waaraan een bepaald element ontbreekt. Op deze wijze kan men vaststellen of dit element voor deze planten onontbeerlijk is. Bovendien kan men zo bestuderen met welke verschijnselen planten op de afwezigheid van dit voedingselement reageren.

Oorspronkelijk meende men, dat het mogelijk was planten tot volledige ontwikkeling te brengen op een watercultuur die slechts de elementen *stikstof*, *fosfor*, *zwavel*, *kalium*, *calcium* en *magnesium* bevatte. Men noemt deze elementen *hoofdelementen* of *macro-elementen*, omdat de plant daarvan betrekkelijk grote hoeveelheden opneemt.



GEDESTILLEERD WATER
 ZONDER KALIUM
 ZONDER CALCIUM
 ZONDER STIKSTOF
 ZONDER FOSFOR
 ZONDER MAGNESIUM
 ZONDER IJZER
 VOLLEDIGE
 VOEDINGSOPLOSSING

Figuur 1.2 Watercultures met mais (M. V. Homés en J. R. Ansiaux 'L'aquiculture')

Toen men later echter de beschikking kreeg over veel beter gezuiverde zouten, bleken de genoemde elementen niet voldoende. Blijkbaar bevatten de vroeger gebruikte zouten als verontreiniging nog andere elementen die voor de plantengroei onmisbaar zijn.

Inderdaad is men er sinds 1900 in geslaagd de onmisbaarheid van verschillende andere elementen vast te stellen. Aangezien deze slechts in uiterst geringe hoeveelheden nodig zijn, spreekt men wel van *spoor- of micro-elementen*. Hiertoe behoren *mangaan, koper, borium* en *molybdeen*. De grond bevat daarvan soms te weinig, zodat het toedienen van meststoffen die deze elementen bevatten, dan noodzakelijk is.

Ook *ijzeren zink* zijn onmisbare spoorelementen. Gebrek aan deze elementen komt in de landbouw echter zelden voor.

Kobalt en *jodium* zijn spoorelementen die voor de dieren uitermate belangrijk zijn. Voor de plant zijn ze waarschijnlijk niet nodig.

VRAAG

5 Waarom zou in de laatste zin het woord 'waarschijnlijk' gebruikt zijn?

De gewassen onttrekken jaarlijks vrij grote hoeveelheden van de hoofd- of macro-elementen aan de grond, en wel 50-250 kg stikstof (N), 25-100 kg fosforzuur (P_2O_5), 15-400 kg kali (K_2O) en 5-120 kg kalk (CaO) per hectare.

De hoeveelheden, die ze van de diverse sporelementen opnemen, bedragen hiervan slechts ongeveer het duizendste gedeelte. Zo bevat de gehele oogst van één hectare maar 15-100 g koper (Cu), 10-400 g mangaan (Mn) en 10-300 g borium (B). Melkkoeien hebben per dag 60 mg koper en maar 1 mg kobalt (Co) nodig.

VRAAG

6 Hoe lang kan men toe met 1 kg Co in de vorm van kobaltsulfaat of kobaltchloride als men 30 koeien dagelijks de noodzakelijke hoeveelheid kobalt in deze vorm zou willen verstrekken?

De volgende elementen zijn dus voor de plantengroei onmisbaar:

1 *hoofd- of macro-elementen:*

C, H, O

N, P, S

K, Ca, Mg;

2 *spoor- of micro-elementen:*

Mn, Cu, B, Mo, Zn en Fe.

1.2.2 Niet-noodzakelijke elementen

Behalve deze noodzakelijke voedingselementen komen er nog diverse andere elementen in de plant voor. De voornaamste daarvan zijn de volgende:

- 1 *Natrium.* De meeste gewassen ontwikkelen zich normaal zonder natrium. Voor bieten en enkele andere gewassen wordt dit element tegenwoordig echter beschouwd als een noodzakelijk voedingselement. Voor de gezondheid van het vee is natrium onmisbaar. Daarom is het soms gewenst op grasland een natriumhoudende meststof te strooien.
- 2 *Chloor.* Voor de plant is chloor niet nodig. Het speelt echter wel een belangrijke rol in het dierlijk lichaam.
- 3 *Aluminium.* Op zure gronden nemen de gewassen soms abnormaal grote hoeveelheden aluminium op. Dat kan leiden tot ernstige vergiftigingsverschijnselen.
- 4 *Silicium.* Sommige gewassen nemen aanzienlijke hoeveelheden silicium op. Het is voor de plantengroei evenwel niet nodig. Soms heeft het een gunstige invloed op de opname van fosfaten.

1.2.3 Bemesting met voedingselementen

In de praktijk van de bemesting gaat het vooral om N, P en K. De grond bevat in ons land voldoende S, zodat toediening van dit element niet nodig is. Het komt overigens in sommige N-, P- en K-meststoffen voor.

VRAAG

7 In dunbevolkte gebieden komt soms wel S-gebrek voor. Hoe zou dit te verklaren zijn?

Ca wordt met verschillende N- en P-meststoffen aangevoerd. Kalkmeststoffen worden niet gestrooid met het oog op de Ca-voorziening van het gewas, maar ter verbetering van de pH en de structuur van de grond.

Meststoffen die Mg, Na, Mn, Cu en B bevatten, worden vrij vaak toegepast. Bemesting met Mo is op sommige gronden gewenst. Fe-tekort treedt in de landbouw niet op, maar komt in de fruitteelt veelvuldig voor.

Toediening van Co is soms nodig in verband met de gezondheidstoestand van het vee.

1.3 De grond als leverancier van plantevoedsel

Alle voedingsstoffen, behalve het koolzuurgas, neemt de plant gewoonlijk uit de grond op.

In de grond komt het plantevoedsel in verschillende vormen voor:

- 1 opgelost in het bodemvocht;
- 2 geadsorbeerd aan klei- en humusdeeltjes;
- 3 als bestanddeel van vaste anorganische verbindingen (minerale reserve);
- 4 als bestanddeel van vaste organische verbindingen (organische reserve).

1.3.1 Opgeloste voedingsstoffen

In het bodemvocht komen opgeloste zouten (ionen) voor, die direct door de plant opgenomen kunnen worden.

De zoutconcentratie van het bodemvocht is meestal slechts gering. Gemiddeld varieert deze van 0,02-0,05% met een maximum van 0,1%. Aan fosforzuur bevat het bodemvocht gewoonlijk zelfs niet meer dan enkele milligrammen per liter.

VRAAG

8 Waarom kan een hoge zoutconcentratie van het bodemvocht nadelig zijn?

1.3.2 Geadsorbeerde voedingsstoffen

Klei- en humusdeeltjes zijn negatief elektrisch geladen. Daardoor zijn ze in staat positief geladen ionen (H^+ , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , enz.) aan te trekken en vast te houden. Men noemt dit *adsorptie*. Door uitwisseling met kationen uit het bodemvocht komen de geadsorbeerde ionen weer vrij. Ze zijn dan ook gemakkelijk toegankelijk voor de plant.

Waarschijnlijk kunnen de geadsorbeerde ionen ook rechtstreeks worden opgenomen (contactopname).

VRAAG

9 Waarom is het gunstig, dat kationen worden geadsorbeerd?

1.3.3 Minerale reserve

De *vaste anorganische bestanddelen* van de grond bestaan uit diverse mineralen, o.a. kwarts, carbonaten, fosfaten en silicaten. Deze zijn hoofdzakelijk afkomstig van het gesteente waaruit de grond door verwerking is gevormd.

De verhouding waarin deze mineralen in de grond voorkomen, is zeer verschillend. In zandgronden treedt kwarts (SiO_2) vaak sterk op de voorgrond. Kleigronden bevatten meer silicaten. Deze zijn dikwijls zeer ingewikkeld van samenstelling. Ze bevatten behalve Si de elementen Na, K, Ca, Mg, Fe en Al in sterk wisselende verhoudingen. Hoewel deze mineralen zeer slecht oplosbaar zijn, zijn ze (met uitzondering van het kwarts) voor de vruchtbaarheid van de grond toch wel van belang. Ze verwerken namelijk geleidelijk, waardoor er plantevoedsel voor de gewassen vrijkomt.

De snelheid waarmee die verwerking plaats heeft hangt vooral af van:

- 1 de scheikundige samenstelling van de mineralen (carbonaten en fosfaten verwerken sneller dan silicaten; de verwerkingssnelheid van de verschillende silicaten loopt ook nog weer sterk uiteen);
- 2 de fijnheid van de deeltjes (hoe fijner de deeltjes zijn, hoe vlotter de verwerking verloopt).

VRAAG

10 Waarom zal de levering van plantevoedsel uit de minerale reserve bij kleigronden veel belangrijker zijn dan bij zandgronden?

1.3.4 Organische reserve

De *vaste organische bestanddelen* van de grond bestaan grotendeels uit resten van afgestorven planten en dieren. Daarnaast zijn in een vruchtbare bodem ook levende organismen in grote verscheidenheid en in grote aantallen aanwezig.

Het *dode organische materiaal* bevat plantevoedsel dat in het algemeen niet direct opneembaar is. Het komt echter geleidelijk voor de gewassen beschikbaar, doordat micro-organismen de organische stof ontleden. Bij voldoende luchttoetreding wordt de organische stof door de microben vrijwel volledig omgezet (geoxideerd) tot anorganische of minerale producten, zoals koolzuurgas, water en diverse zouten. Dit proces noemt men daarom *mineralisatie*.

De gevormde zouten hebben voor de gewassen dezelfde waarde als die in kunstmeststoffen.

VRAAG

11 Welke voedingselementen komen door mineralisatie van eiwitten vrij?

De grond bevat echter ook organisch materiaal dat voor micro-organismen moeilijk aantastbaar is. Dit is de *bestendige* of *stabiele humus*.

De *levende bodemorganismen* nemen plantevoedsel uit de grond op. Ze zetten dit om in organisch materiaal. Daardoor is het onbereikbaar voor de gewassen. Een voordeel is echter, dat dit plantevoedsel dan niet door uitspoeling verloren kan gaan. Het komt door mineralisatie geleidelijk weer beschikbaar, zodra de organismen afgestorven zijn.

VRAAG

12 Voor welke voedingselementen is het vooral van belang, dat ze door het bodemleven tijdelijk worden vastgelegd?

De totale reserve aan plantevoedsel in de grond is vaak enorm groot. Daarvan is echter slechts een klein deel voor het gewas opneembaar.

VRAAG

13 Hoeveel N, P₂O₅ en K₂O is in de bouwvoor van een arme zandgrond aanwezig, als die grond 0,1% N, 0,02% P₂O₅ en 0,3% K₂O bevat?

Stel de bouwvoordikte op 25 cm en het volumegewicht van de grond op 1,25 kg/dm³. (Zie ook dr. ir. S. F. Kuipers - Bodemkunde, 14de druk, blz. 126).

Vergelijk deze hoeveelheden met de hoeveelheden N, P₂O₅ en K₂O die de gewassen aan de grond onttrekken (zie tabel L, blz. 210).

1.4 Bemesting en plantevoeding

Als men spreekt over de voedselrijkdom van de grond, dan gebruikt men vaak termen als *vruchtbaarheidstoestand*, *voedingstoestand* of *bemestingsstoestand*.

Humusarme zandgronden zijn meestal zeer arm aan voedingsstoffen. Jonge zeekleigronden zijn daarentegen vaak erg vruchtbaar; men kan ze soms een aantal jaren bebouwen zonder enige bemesting. Tussen deze beide uitersten bestaan alle mogelijke overgangen.

Van perceel tot perceel, zelfs op hetzelfde bedrijf, kan de voedingstoestand van de grond nog weer sterk variëren. Dat is dan een gevolg van verschillen in gebruik, bemesting, uitspoeling, enz. Voor een doelmatige bemesting is het daarom noodzakelijk, dat de boer de bemestingstoestand van zijn percelen kent.

Bij de vaststelling van de vruchtbaarheidstoestand van de grond en de benodigde bemesting spelen een rol:

- 1 het scheikundig grondonderzoek;
- 2 kenmerkende verschijnselen van een overmaat of een tekort aan bepaalde elementen in de gewassen;
- 3 de ervaring van de boer.



1.4.1 Het scheikundig grondonderzoek

Het scheikundig grondonderzoek is bij de bepaling van de mestbehoefte van de grond tegenwoordig wel het belangrijkste hulpmiddel. Het wordt verricht door het *Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek* te Oosterbeek. Het doel van het scheikundig grondonderzoek is vaststelling van de beschikbare voorraad die van de verschillende plantevoedende stoffen in de grond aanwezig is. Om het gehalte aan een voedingsstof te bepalen, behandelt men de grond met een extractiemiddel (oplosmiddel). De hoeveelheid die van deze voedingsstof in het extractiemiddel oplost kan scheikundig worden vastgesteld.

Men moet zich echter niet voorstellen, dat deze hoeveelheid precies overeenkomt met de hoeveelheid die de plant uit de grond op kan nemen. Dat is zelfs beslist niet het geval. De onttrekking van plantevoedsel aan de grond door een bepaalde hoeveelheid daarvan te schudden met een oplosmiddel is immers heel iets anders dan de opname door de plantewortel.

Het is echter wel zo, dat op deze wijze uit een fosfaatrijke grond meer fosforzuur zal oplossen dan uit een fosfaatarme. Bij behandeling van een kali-arme grond zal men weinig kali in het oplosmiddel aantreffen, bij de behandeling van een kalirijke grond daarentegen veel.

De verkregen cijfers zijn daarom te gebruiken als maatstaf voor de fosfaat-toestand, kalitoestand, enz. Men moet dan echter op de hoogte zijn van de betekenis die eraan moet worden toegekend. Men dient dus de z.g. *grenscijfers* of *grenswaarden* te kennen. Dat zijn cijfers, die de grens aangeven tussen laag, vrij laag, voldoende, vrij hoog en hoog.

Bovendien zal men moeten weten hoeveel fosfaat, kali, enz. er bij een bepaalde toestand gestrooid moet worden om de maximale of de economisch optimale opbrengst te verkrijgen (zie fig. 1.3). Het gaat er dus om, dat er voor elke voedingsstof een z.g. *adviesbasis* wordt opgesteld. Daarvoor heeft men de resultaten van zeer vele bemestingsproefvelden nodig. Bij het onderzoek op dit gebied speelt het *Instituut voor Bodemvruchtbaarheid* (I.B.) te Haren (Gr.) een belangrijke rol.

In de loop der jaren is men erin geslaagd voor de meeste voedingsstoffen een bruikbare adviesbasis te ontwikkelen (zie de adviesschema's op blz. 189 e.v.). Deze adviesschema's zijn opgesteld door een tweetal commissies, nl. de *Commissie Bemesting van Bouwland* en de *Commissie Bemesting van Grasland*, waarin verschillende instanties zijn vertegenwoordigd. Ze vormen de basis voor het bemestingsadvies van het *Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek* (zie blz. 189)¹.

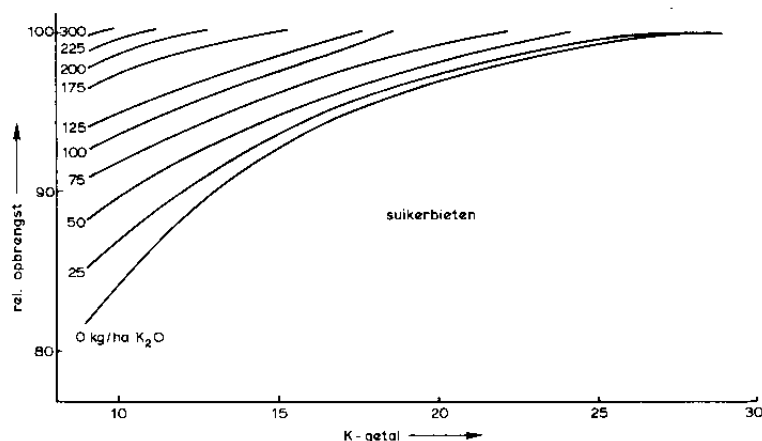


Fig. 1.3 Samenhang tussen K-getal en relatieve opbrengst met en zonder kalibemesting bij suikerbieten op zeeklei. (*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid*)

¹ De adviesschema's op blz. 189 e.v. zijn ontleend aan de 'Adviesbasis voor bemesting van landbouwgronden' van oktober 1977, opgesteld door het *Consulentschap voor Bodemaangelegenheden in de landbouw*. Een 'Adviesbasis Vollegrondstuintbouw' is uitgegeven door het *Bedrijfslaboratorium*.

Dit bemestingsadvies is aan de achterkant o.a. voorzien van tabellen ter omrekening van de opgegeven hoeveelheden P_2O_5 , K_2O , enz. in de overeenkomstige hoeveelheden van de diverse meststoffen. Bovendien wordt er een toelichting bijgeleverd.

Het Werkboek Bemestingsleer¹ bevat een groot aantal opgaven voor de vaststelling van de benodigde bemesting aan de hand van analyserapporten van het Bedrijfslaboratorium, die als bijlagen aan dit werkboek zijn toegevoegd.

1.4.2 Verschijnselen van tekort of overmaat

Een tekort of overmaat aan een bepaald voedingselement leidt vaak tot het optreden van karakteristieke verschijnselen in het gewas.

Zo krijgt men bij *stikstofgebrek* (fig. 4.3) schrale, bleekgroene gewassen, die vroeg doorschieten. Een *overmaat aan stikstof* leidt daarentegen tot een geïle ontwikkeling van blad en stengel, die een donkergroene kleur vertonen. Dergelijke gewassen legeren bovendien gemakkelijk (fig. 1.4).

Kaliumgebrek geeft bij aardappelen (fig. 4.12) gedrongen planten met donkergroene, glimmende bladeren. Door de diepe ligging van de nerven maken de blaadjes een sterk gekroesde indruk. Later komt er een bronsachtige tint over het gewas, dat meestal ook te vroeg afsterft. Bij klavers en luzerne ontstaan typische vlekjes en streepjes langs de randen van de oudste blaadjes (zie fig. 1.5).

Ook tekorten aan fosfor (fig. 4.9), magnesium (fig. 4.20) en spoorelementen veroorzaken dikwijls kenmerkende ziekteverschijnselen. Deze kunnen in bepaalde gevallen belangrijke aanwijzingen geven omtrent de mestbehoefte van de grond. Ze treden echter alleen op, als het tekort reeds vrij ernstig is. Bovendien hangt het ziektebeeld af van het gewas, het ras, de weersomstandigheden, enz. Het stellen van de diagnose aan de hand van het uiterlijk van het gewas eist daarom veel ervaring.

1.4.3 Ervaring van de boer

Van grote betekenis is de ervaring van de boer, vooral bij de vaststelling van de noodzakelijke stikstofgift. Het chemisch grondonderzoek kan hem daarbij tot nu toe namelijk slechts in beperkte mate van dienst zijn (zie blz. 188). Dat is erg jammer, omdat de opbrengst van het gewas juist zo sterk afhanke-

¹ Werkboek Bemestingsleer, samengesteld door ir. J. H. Kloosterhuis, ir. H. B. Nijboer en ir. F. Zomer, uitgave van Stam-Robijns (Educaboek) te Culemborg.



Fig. 1.4 Legering van rogge ten gevolge van te veel stikstof (*Landbouwkundig Bureau Nederlandse Meststoffenindustrie*).

lijk is van hoeveelheid stikstof die men heeft toegediend. Zowel een tekort als een overmaat van dit voedingselement kan leiden tot een aanzienlijke oogstdepressie. Een gunstige omstandigheid daarbij is echter, dat aan het gewas gemakkelijk te constateren valt of dit onvoldoende of te veel stikstof heeft ontvangen (zie fig. 1.4 en fig. 4.3).

Opzettelijk aangebrachte of toevallige verschillen in de bemesting uiten zich bij fosfaat en kali veel minder duidelijk. Verschijnselen van gebrek aan deze elementen ziet men pas als het tekort vrij groot is en overmaat is aan het gewas helemaal niet te constateren.

Fig. 1.5 Kaligebrek in witte klaver (*Ned. Kali Instituut*)



Bemesting en bodemtoestand

Door bemesting wordt niet alleen de hoeveelheid plantevoedsel in de grond vermeerderd, ook de bodemtoestand wordt meer of minder ingrijpend gewijzigd.

Zo vertonen sommige meststoffen een basische, andere daarentegen een zure werking.

De structuur van de grond kan door bemesting zowel in gunstige als in ongunstige zin worden gewijzigd.

Het vastleggend vermogen van de grond voor plantevoedsel wordt eveneens door bemesting beïnvloed.

Aangezien de bodemtoestand vaak een grote invloed heeft op de ontwikkeling van de gewassen, is het dus van belang, dat men op de hoogte is van de werking die de meststoffen hierop kunnen uitoefenen.

2.1 Bemesting en zuurgraad van de grond

De ontwikkeling van de gewassen is sterk afhankelijk van de zuurgraad van de grond (zie fig. 2.1). Zowel een te lage als een te hoge pH kan nadelig zijn.

2.1.1 Bezwaren van een te lage pH

- 1 De grond is arm aan calcium. Zuur kleiboulevard heeft daardoor vaak een slechte structuur.
Calciumgebrek komt evenwel in de gewassen, zelfs op zeer zure gronden, zelden of nooit voor.
- 2 De grond bevat gewoonlijk ook weinig voor de plant beschikbaar magne-



Fig. 2.1 Onregelmatige stand van suikerbieten tengevolge van verschillen in de pH van de grond (Ned. Landbouw Kalk Bureau)

sium. Vooral op zure zandgronden wordt dan ook nogal eens magnesiumgebrek geconstateerd.

- 3 Er bestaat kans op het optreden van molybdeengebrek. Bij lage pH is vaak onvoldoende opneembaar molybdeen in de grond aanwezig.
- 4 Het gewas wordt soms vergiftigd doordat het te veel aluminium, ijzer en mangaan opneemt. Deze elementen komen in zeer zure gronden namelijk in gemakkelijk oplosbare verbindingen voor. Dit is vaak de voornaamste oorzaak van het mislukken van gewassen op gronden met een heel lage pH.
- 5 De kwaliteit van het grasbestand laat dikwijls te wensen over doordat allerlei slechte grassoorten en onkruiden juist op zure gronden goed groeien en daardoor gaan overheersen.

Een lage pH heeft een minder nadelige invloed op de ontwikkeling van de gewassen naarmate het *humusgehalte* van de grond hoger is.

Ook werkt een gift *stalmest* op een te zure grond soms zeer gunstig. Waarschijnlijk is dat in hoofdzaak een gevolg van het feit dat stalmest magnesium bevat.

2.1.2 Bezwaren van een te hoge pH

- 1 De meeste spoorelementen zijn aanwezig in minder goed oplosbare verbindingen. Een hoge pH bevordert dan ook het optreden van ijzer-, man-

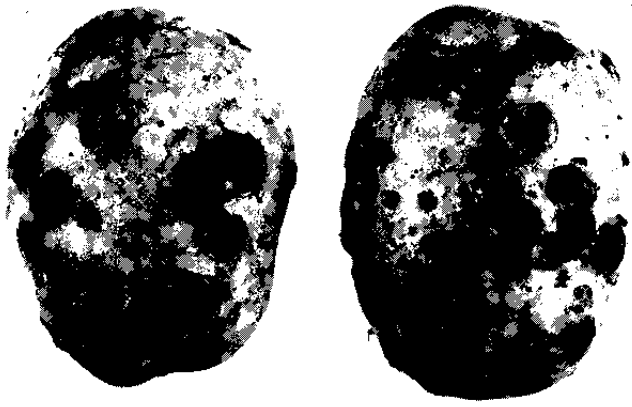


Fig. 2.2 Aardappelschurft (*Plantenziektenkundige Dienst*)

gaan-, koper- en boriumgebrek. De invloed van de pH op de opname is overigens niet bij al deze elementen even groot.

VRAAG

14 Welke sporelement is juist bij lage pH minder goed beschikbaar?

- 2 Op zandgronden en lichte zavelgronden wordt het optreden van aardappelschurft in de hand gewerkt (zie fig. 2.2). De ontwikkeling van de schimmel die deze ziekte veroorzaakt, wordt door een hoge pH namelijk bevorderd.
- 3 Zandgronden worden gemakkelijk te los van structuur. Dat komt doordat een hoge pH gunstig is voor de ontwikkeling van bacteriën. Deze breken de organische stof die de zandkorrels tot kruimels aan elkaar kit, af.
- 4 De hoedanigheidsgraad van de grasmatten gaat achteruit door het optreden van minder gewenste grassoorten en onkruiden.

2.1.3 Gewas en pH

De eisen die de gewassen aan de zuurgraad stellen, lopen sterk uiteen. Bieten, luzerne, klavers, gerst, erwten en bonen vragen een vrij hoge pH. De meeste van deze gewassen ontwikkelen zich bij een pH lager dan 5,0 minder goed.

Aardappelen, rogge en haver verdragen een lage pH zeer goed. Deze gewassen kunnen bij een pH van 4,0-4,5 nog flinke opbrengsten leveren. Aardappelen en rogge geven op zandgronden de hoogste opbrengst bij een pH van 4,5-5,0.

In tegenstelling tot de meeste vlinderbloemigen groeien lupinen en serradelle op zure gronden beter dan op kalkhoudende. Men noemt ze daarom wel kalkmijndend of kalkschuwend.

Dat de pH van de grond een grote invloed heeft op de opbrengst van de gewassen op zand- en dalgronden, blijkt duidelijk uit tabel 2.1. Op kleigrond is die invloed veel geringer. Daar blijven de verschillen in relatieve opbrengst bij uiteenlopende pH altijd beneden 10%.

TABEL 2.1 Gemiddelde samenhang tussen de relatieve opbrengst en de pH op zand- en dalgronden

Gewas	pH-KCl					
	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Bieten	30	62	77	84	90	94
Gerst	23	75	91	98	100	98
Tarwe	35	83	97	100	98,5	96
Stoppelknollen	69	85	96	100	100	97
Mais	51	85	97	100	97	88
Haver	68	92	99	100	100	99,5
Rogge	80	97	100	99	97	94
Aardappelen	82	96	99,5	99,5	96,5	92

(Instituut voor Bodemvruchtbaarheid)

2.1.4 Optimale pH

Voor *bouwland op zandgrond* ligt de optimale pH tussen 4,5 en 6,0. Wat in een bepaald geval de beste pH is, hangt af van het bouwplan en het humusgehalte (zie blz. 196). Op bedrijven met veel aardappelen, rogge en haver kan men met een vrij lage pH volstaan. Verbouwt men echter veel bieten, gerst, mais en klaverrijke kunstweiden, dan is een hogere pH nodig. Bij een hoog humusgehalte mag de grond iets zuurder zijn dan bij een laag humusgehalte.

Voor *bouwland op zeeklei* varieert de optimale pH van 5,4-7,2 (zie blz. 197/198). Naarmate de grond zwaarder en het humusgehalte lager is, moet de pH hoger zijn. Van nature bevat zeeklei vaak koolzure kalk, vooral in jonge polders. De pH is dan gewoonlijk 6,7 of hoger.

Voor grasland op alle grondsoorten, met name op de zand- en veengronden, is het optimale traject voor de pH 4,8-5,5. Kalkhoudend kleigrasland heeft van nature een veel hogere pH. Deze moet voor een dergelijke grond dan als 'goed' worden gewaardeerd.

VRAAG

15 Waarom zal een grond die CaCO_3 bevat gewoonlijk een pH hebben van 6,7 of hoger?

Het spreekt vanzelf, dat nooit volledig aan de eisen van de verschillende gewassen ten aanzien van de zuurgraad kan worden voldaan. De grond heeft immers op een bepaald moment een zekere pH, die uiteraard niet voor alle gewassen optimaal is. Men kan de zuurgraad echter enigszins in de gewenste richting verschuiven door de keuze van de meststoffen, waarvan sommige een zure en andere een basische werking vertonen.

2.1.5 Meststoffen en pH

De invloed van een kunstmeststof op de pH van de grond wordt bepaald door:

- zijn chemische samenstelling;
- de opname van de ionen die de meststof levert bij oplossing in het bodemvocht;
- eventuele omzetting van de meststof door micro-organismen in andere verbindingen.

Afhankelijk van de *chemische samenstelling* werkt een kunstmeststof zuur, basisch of neutraal. Kunstmeststoffen bestaan namelijk meestal uit zouten. De basen en zuren waaruit deze zouten zijn opgebouwd, bepalen of ze zuur, basisch of neutraal reageren.

Zo geeft een sterke base met een sterk zuur een neutraal werkend zout. Voorbeelden hiervan zijn KCl en K_2SO_4 , die in kalimeststoffen voorkomen. Een zwakke base met een sterk zuur vormt een zuur reagerend zout. Daardoor werkt de stikstofmeststof zwavelzure ammoniak, die $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ bevat, in oplossing enigszins zuur.

Een sterke base met een zwak zuur geeft een basisch reagerend zout. Met kalkmeststoffen die CaCO_3 bevatten, kan men daarom de pH van te zure gronden verhogen.

VRAAG

16 Waarom werken kalkmeststoffen die CaO of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bevatten, ook pH-verhogend?

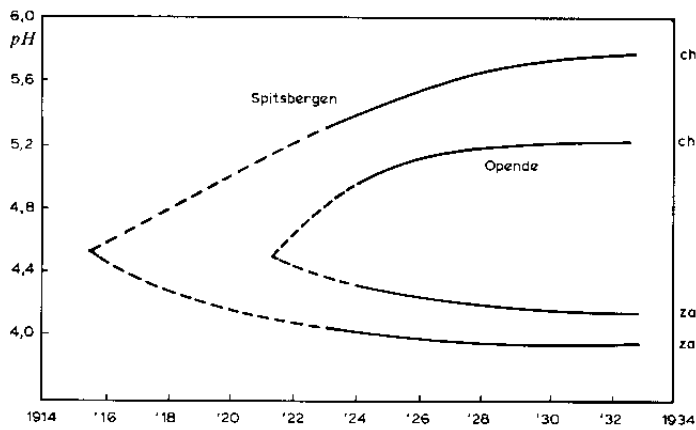
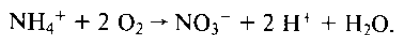


Fig. 2.3 Veranderingen in de pH-water op een tweetal proefvelden tengevolge van het jaarlijks gebruik van chilisalpeter (ch) en zwavelzure ammoniak (za) (Instituut voor Bodemvruchtbaarheid)

Onder invloed van de *opname van ionen* door het gewas kan een neutraal reagerend zout in de grond echter toch wel zuur of basisch gaan werken. Neemt het gewas namelijk meer van het 'basisch gedeelte' van het zout (de kationen) op dan van het 'zure gedeelte' (de anionen), dan krijgt men een zure werking. In het omgekeerde geval ontstaat een basisch overschot. Een bekend voorbeeld van een neutraal reagerend zout dat op deze wijze door het gewas basisch wordt verwerkt, is het NaNO_3 dat in chilisalpeter voorkomt (zie fig. 2.3).

Omzetting door micro-organismen heeft plaats bij de ammoniumhoudende meststoffen. De NH_4^+ -ionen worden in de grond door de nitrificerende bacteriën namelijk geoxideerd tot NO_3^- -ionen. Daarbij komen H^+ -ionen vrij die een zure reactie veroorzaken. De nitrificatie van de NH_4^+ -ionen verloopt als volgt:



Bevat een ammoniumhoudende meststof ook basisch werkende produkten, dan kunnen deze de zure werking echter geheel of ten dele opheffen. Dat is bijvoorbeeld het geval bij kalkammonsalpeter. Deze stikstofmeststof bevat namelijk behalve het zuur werkende NH_4NO_3 (vooral tengevolge van nitrificatie!) ook het basisch werkende CaCO_3 .

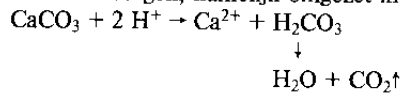
Dat men door geregeld gebruik van bepaalde meststoffen de pH van de grond kan beïnvloeden, blijkt duidelijk uit fig. 2.3.

In tabel H op blz. 204 wordt de zure, basische of neutrale werking van de kunstmeststoffen vermeld.

De verschillende soorten organische mest, zoals stalmest en compost, werken neutraal of basisch.

2.1.6 Buffering van zuren

Toch daalt de pH door een zure bemesting niet altijd. Bij aanwezigheid van *koolzure kalk* worden de H^+ -ionen, die o.a. ontstaan bij de nitrificatie van ammonium-verbindingen, namelijk omgezet in het zeer zwakke koolzuur.



Koolzuur vormt vrijwel geen H^+ -ionen, zodat het praktisch geen invloed heeft op de pH van de grond. Bovendien valt het grotendeels uiteen in H_2O en CO_2 . Zure meststoffen bevorderen echter wel de uitspoeling van kalk, doordat de H^+ -ionen uit het slecht oplosbare $CaCO_3$ Ca^{2+} -ionen vrijmaken die met doorsijpelend water in de ondergrond terecht kunnen komen.

Bevat de grond geen $CaCO_3$ meer, dan is daling van de pH mogelijk. Deze daling verloopt langzamer naarmate de grond rijker is aan *afstibbare delen* en *humus*.

De klei- en humusdeeltjes kunnen de H^+ -ionen uit het bodemvocht namelijk adsorberen en vervangen door andere positieve ionen. Hierdoor wordt de verzuring van het bodemvocht tegengegaan. Dit is natuurlijk alleen mogelijk zolang het klei-humuscomplex nog niet volledig met H^+ -ionen is bezet.

Het tegengaan van de verzuring van de grond door kalk, klei en humus noemt men *buffering*.

VRAAG

17 Bij welke gronden zal de pH onder invloed van de bemesting de sterkste schommelingen vertonen?

2.2 Bemesting en structuur van de grond

De structuur van de grond is uitermate belangrijk voor de ontwikkeling van de gewassen.

Bij een goede structuur bestaat er een gunstige verhouding tussen de lucht en het water in de grond. Daardoor krijgen de planten de gelegenheid een krach-

tig wortelstelsel te vormen. Bovendien is de ademhaling van de wortels onder dergelijke omstandigheden gewaarborgd.

Als de structuur van de grond in orde is, kunnen de gewassen dus volop voedsel opnemen, wat voor een voorspoedige groei vanzelfsprekend noodzakelijk is. Men krijgt dan sterke gewassen, die minder gevoelig zijn voor ziekten, ongunstige weersomstandigheden, e.d.

Een goede structuur heeft tevens een gunstige invloed op de ontwikkeling van de bodemorganismen.

2.2.1 Structuurverbeterende meststoffen

Meststoffen die leiden tot verbetering van de structuur, zijn:

- 1 calciumhoudende meststoffen;
- 2 organische meststoffen.

Calciumhoudende meststoffen

Calciumhoudende meststoffen zijn alleen van belang voor de structuur van *kleigronden*. De Ca^{2+} -ionen veroorzaken een samenballing van de kleideeltjes, waardoor kruimelvorming optreedt.

Ontkalkte kleigronden hebben meestal een stugge, stijve structuur, die men met behulp van kalkmeststoffen kan verbeteren.

Organische meststoffen

Stalmest, compost en groenbemesters hebben een belangrijke invloed op de structuur van *zandgronden*. Het organisch materiaal is in staat de zandkorrels tot kruimels aaneen te kitten. Ze maken echter tevens stugge *kleigronden* luchtiger. De organische stof vermindert de sterke cohesie tussen de kleideeltjes.

Groenbemestingsgewassen werken bovendien gunstig, omdat ze de grond bedekken, waardoor de structuur minder van regenslag en uitdroging te lijden heeft.

2.2.2 Structuurverslechterende meststoffen

Een ongunstige invloed op de structuur hebben:

- 1 natriumhoudende meststoffen;
- 2 ammoniumhoudende meststoffen.

Natriumhoudende meststoffen

Op kleigronden kunnen natriumhoudende meststoffen een ongunstig effect hebben, doordat de Na^+ -ionen de samenballing van de kleideeltjes tot kruimels onmogelijk maken.

Een natriumklei is dan ook gekenmerkt door een zeer slechte structuur. De vochtige grond is een stijve, taaie pasta, die bij indroging grote, harde kluiten vormt. Deze onaangename eigenschappen verkrijgt de grond reeds als slechts 5% van de hoeveelheid geadsorbeerde basen uit natrium bestaat.

Heel bekend is de funeste invloed, die een overstroming met zeewater op de structuur van zware gronden uitoefent. Men tracht in dergelijke gevallen met behulp van gips (CaSO_4) de natriumklei weer zo snel mogelijk in een calciumklei om te zetten.

De invloed van zeewater op de ionenbezetting van het klei-humuscomplex blijkt duidelijk uit de volgende cijfers van Ir. W.R. Domingo. Deze hebben betrekking op gronden in de Wilhelminapolder (Z).

De geadsorbeerde basen bestonden uit:

voor de overstroming	na de overstroming
0,5% Na	31,8% Na
2,7% K	8,8% K
2,2% Mg	29,7% Mg
94,6% Ca	29,7% Ca

Meststoffen die natrium bevatten, zijn chilisalpeter en ruwe kalizouten.

Deze beïnvloeden de structuur van kleigronden evenwel minder nadelig dan zeewater. Dit komt, doordat hiermee aanmerkelijk geringere hoeveelheden natrium in de grond worden gebracht.

Bij oppervlakkige toediening van deze meststoffen kan men echter wel last krijgen van korstvorming, waardoor de opkomst van het gewas soms bemoeilijkt wordt.

Grote hoeveelheden as, verkregen door het plaatselijk verbranden van organisch materiaal zoals stro e.d., kunnen op kleigronden een zelfde effect hebben.

Ammoniumhoudende meststoffen

Door de nitrificatie van ammoniumhoudende meststoffen worden veel H^+ -ionen geproduceerd (zie blz. 32). Daardoor wordt het onoplosbare calciumcarbonaat omgezet in vrije Ca^{2+} -ionen die kunnen uitspoelen.

Het gebruik van ammoniumhoudende meststoffen, zoals zwavelzure ammoniak en de meeste NPK-meststoffen (zie blz. 207), bevordert dus het verlies van kalk uit de bouwvoor. Dit heeft op den duur een nadelige invloed op de

structuur van kleigronden, doordat de concentratie van de Ca^{2+} -ionen in het bodemvocht afneemt.

2.3 Bemesting en bindend vermogen van de grond voor plantevoedsel

De plantevoedende stoffen worden in de grond vaak meer of minder sterk gebonden. Dit is gunstig, omdat daardoor voorkomen wordt dat ze uitspoelen. Soms wordt een plantevoedende stof echter te sterk gebonden. Deze is dan niet meer opneembaar. Men noemt dit *fixatie*.

Men kan de binding van plantevoedsel onderscheiden in:

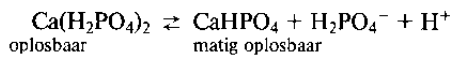
- 1 chemische binding;
- 2 adsorptieve binding;
- 3 biologische binding.

2.3.1 Chemische binding

De chemische binding van plantevoedsel bestaat uit de vorming van minder goed oplosbare verbindingen.

Bemest men een kalkhoudende grond met in water oplosbaar fosfaat, dan wordt dit omgezet in moeilijker oplosbaar calciumwaterstoffosfaat en tenslotte zelfs in het vrijwel onoplosbare calciumfosfaat. Deze fosfaten blijven echter wel in voldoende mate voor het gewas beschikbaar.

In de zure omgeving van de plantewortel worden ze namelijk weer in oplosbare verbindingen omgezet.



In sterk zure gronden worden de oplosbare fosfaten soms omgezet in onoplosbare Fe- en Al-fosfaten. Deze worden niet meer opneembaar (fosfaatfixatie).

VRAAG

- 18 Hoe zou men door bemesting invloed kunnen uitoefenen op de chemische binding van fosfaten?

2.3.2 Adsorptieve binding

Door het negatieve klei-humuscomplex worden positieve voedingsionen (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , enz.) geadsorbeerd. De geadsorbeerde ionen zijn gemakkelijk opneembaar.

K^+ -ionen kunnen door bepaalde kleimineralen te sterk worden gebonden (kalifixatie). Deze komen in rivierkleigronden soms veel voor.

VRAAG

19 Hoe kan men de adsorptieve binding van de grond door bemesting verbeteren?

2.3.3 Biologische binding

Door de bodemorganismen worden ook voedingsstoffen opgenomen en omgezet in organische verbindingen, zoals eiwitten e.d. Na het afsterven van deze organismen komt dit voedsel geleidelijk weer voor de gewassen beschikbaar door mineralisatie van de organische stof.

VRAAG

20 Waardoor is de biologische binding van plantevoedsel te bevorderen?

Wisselwerking van de groei- factoren

3.1 Groeifactoren

De groei van de gewassen wordt door een zeer groot aantal factoren bepaald, zoals:

- 1 de beschikbare hoeveelheden van de diverse voedingselementen;
- 2 de pH van de grond;
- 3 de bodemstructuur;
- 4 de watervoorziening;
- 5 de ontwatering;
- 6 het bodemleven.

Deze groeifactoren beïnvloeden elkaar onderling ook weer in sterke mate. Zo is de opname van een voedingsstof o.a. afhankelijk van:

- de pH van de grond;
- de bodemstructuur;
- de watervoorziening;
- de mate waarin andere voedingsstoffen aanwezig zijn.

VRAGEN

- 21 Er zijn ook groeifactoren waarop we geen invloed hebben. Welke?
- 22 Welke tekorten aan plantevoedende stoffen kunnen optreden bij te lage pH? Welke bij een te hoge pH?
- 23 Waarom heeft een slechte structuur een nadelige invloed op de voeding van het gewas?
- 24 Waarom zal bij droogte de opname van voedingsstoffen vaak onvoldoende zijn?
- 25 Waarom kan veel regen in dit opzicht ook wel nadelig zijn?
- 26 Gebreksverschijnselen komen in de gewassen vooral voor bij een lage temperatuur van de grond in het voorjaar. Hoe is dat te verklaren?

3.2 Absolute en voorwaardelijke tekorten

Gebreksverschijnselen in een gewas kunnen dus een zeer verschillende oorzaak hebben.

Zijn ze een gevolg van het in onvoldoende mate aanwezig zijn van een voedingsstof, dan spreekt men van een *absoluut* of *primair* tekort.

Is er wel voldoende van een voedingsstof, maar wordt er te weinig van opgenomen door een afwijkende pH, een slechte structuur e.d., dan spreekt men van een *voorwaardelijk* of *secundair* tekort.

3.3 Synergismen

In het algemeen hebben tegengesteld geladen ionen een gunstige invloed op elkaars opname. Zo bevorderen NO_3^- -ionen de opname van Mg^{2+} -ionen. Men kan daardoor magnesiumgebrek soms opheffen door een overbemesting met kalksalpeter – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

3.4 Antagonismen

Gelijk geladen ionen belemmeren in meer of mindere mate elkaars opname. Men noemt dit *ionenconcurrentie* of *ionenantagonisme*.

Ionen die elkaar duidelijk antagonistisch beïnvloeden zijn Na^+ , K^+ , Ca^{2+} en Mg^{2+} . Aangezien het K^+ -ion het gemakkelijkst wordt opgenomen, kan een overmaat aan kalium tekorten aan de andere kationen veroorzaken. Daardoor zal bijvoorbeeld een zware kalibemesting tot magnesiumgebrek in het gewas kunnen leiden (K/Mg-antagonisme).

TABEL 3.1 Invloed van bemesting met kalizout (KCl) en kieseriet (MgSO_4) op de kationensamenstelling van weidegras in procenten van de droge stof (A. Kemp – Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek).

Bemesting per ha	re ¹	K	Na	Mg	Ca
	%	%	%	%	%
geen	18,3	2,76	0,31	0,17	0,69
375 kg kalizout-40	17,8	3,72	0,15	0,14	0,57
700 kg kieseriet	19,4	2,78	0,29	0,27	0,56
375 kg kalizout-40 + 700 kg kieseriet	19,1	3,75	0,14	0,21	0,45

¹ re = ruw eiwit.

Invloed van de andere kationen op elkaars opname bestaat wel maar is minder duidelijk. Toch heeft men soms kaligebrek geconstateerd tengevolge van een ruime kalkgift (Ca/K-antagonisme).

3.5 Minerale samenstelling van het gewas

Een abnormale verhouding tussen genoemde voedingsionen in de grond komt ook tot uiting in de minerale samenstelling van het gewas. Dit kan nadelige gevolgen hebben.

Zo veroorzaakt een grote kalirijkdom van de grond een lager magnesiumgehalte van het gras. Bovendien wordt magnesium uit kalirijk gras minder goed benut. Dit leidt tot een te laag gehalte aan magnesium in het bloed (hypomagnesemie), waardoor de dieren zgn. *kopziekte of grastetanie* kunnen krijgen (zie fig. 3.17).

Bij het optreden van kopziekte spelen overigens niet alleen de gehalten aan kali en magnesium in het gras een rol. Het wordt ook bevorderd door een hoog eiwitgehalte van het gras.

Zoals uit tabel 3.1 blijkt, verlaagt kalium ook het calciumgehalte van het gras. Dat kan eveneens nadelig zijn voor de gezondheidstoestand van het vee. Overigens hebben natrium en magnesium hetzelfde effect.

Fig. 3.1 Behandeling van een koe met kopziekte (*Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek*)



In de fruitteelt is *stip* bij appels zeer schadelijk. Hierbij treedt een pleksgewijze verkurking vlak onder de schil op. Het is een gevolg van een plaatselijk Ca-tekort. Dit wordt door een hoog gehalte aan K en Mg bevorderd.

3.6 Evenwichtige bemesting

Het is dus in verschillende opzichten van groot belang, dat men zorgt voor een evenwichtige bemesting. Niet alleen een tekort aan bepaalde voedings-elementen is immers nadelig, maar ook een overmaat kan schadelijk zijn. Uit het bovenstaande blijkt, dat de invloed van de groeifactoren op elkaar en op de opbrengst nogal ingewikkeld is. In elk geval is deze veel ingewikkelder dan men zich vroeger voorstelde.

3.7 Wet van het minimum

Omstreeks 1850 formuleerde de Duitse scheikundige, Justus von Liebig, de bekende 'wet van het minimum'. Deze luidt:

'De opbrengst van een gewas wordt bepaald door de groeifactor, die in het minimum verkeert'

Hiermee bedoelt men de factor die naar verhouding het minst aanwezig is. Men noemt deze de *minimumfactor* of de *beperkende factor*.

Zoals de sterkte van een ketting wordt bepaald door de zwakste schakel, zou dus de opbrengst van een gewas bepaald worden door de zwakste schakel in de keten van groeifactoren.

Alle groeifactoren kunnen in het minimum verkeren. In een stikstofarme grond is dat het voedingselement stikstof; in een droog jaar het water; in een met zeewater overstroemde kleigrond de structuur; in een zure grond de pH, enz.

Volgens de wet van het minimum kan opbrengstvermeerdering alleen worden bereikt door verbetering van de minimumfactor. Deze opbrengstvermeerdering gaat zo lang door tot een andere groeifactor in het minimum geraakt.

De wet van het minimum is een geweldige stimulans geweest voor het landbouwkundig onderzoek. Dit richtte zich na Liebig sterk op het ontdekken van de minimumfactor ingeval de groei van een gewas te wensen overliet.

3.8 Wet van de werking der groeifactoren

Toch geeft de wet van het minimum een te eenvoudige voorstelling van zaken. De Duitser Mitscherlich was één der eersten die dit inzag. Hij formuleerde zijn 'wet van de werking der groeifactoren' aldus:

'De opbrengst van een gewas wordt beïnvloed door elke factor die nog niet optimaal is. Deze invloed is groter naarmate die factor verder van zijn optimum verwijderd is.'

Duidelijk is dus, dat verbetering van de minimumfactor altijd de grootste opbrengststijging zal geven.

Al vóór Mitscherlich was men tot de conclusie gekomen, dat ook een teveel van een groeifactor een schadelijke invloed kan hebben.

3.9 Wet van de afnemende meeropbrengsten

De verbetering van een groeifactor leidt niet tot een gelijkmatige vermeerdering van de opbrengst. De opbrengstvermeerdering neemt namelijk geleidelijk af. Bij een verzwaring van de bemesting geeft iedere volgende zak meststof dus een geringere opbrengstvermeerdering. Dit verschijnsel noemt men de 'wet van de afnemende meeropbrengsten' (zie het voorbeeld op blz. 43).

In werkelijkheid krijgt men bij bemestingsproeven natuurlijk nooit zo'n regelmatige daling van de meeropbrengst als in dit verzonden voorbeeld.

Door de wet van de afnemende meeropbrengsten wordt de landbouwproductie sterk geremd. Bovendien heeft dit verschijnsel grote invloed op de economie van de bemesting. Men bereikt bij verzwaring van de bemesting ten slotte de z.g. *rentabiliteitsgrens*. Dan is de bemesting economisch gezien dus optimaal. Boven deze grens worden de kosten van een nog zwaardere bemesting namelijk niet meer goedge maakt door de meeropbrengst.

VRAAG

27 Waar ligt in het bovengenoemde voorbeeld de rentabiliteitsgrens?

TABEL 3.2 Voorbeeld van de werking van de wet van de afnemende meeropbrengsten

<i>Bemesting</i>	<i>Meerkosten</i> (100 kg = f 20.-)	<i>Opbrengst</i>	<i>Meeropbrengst</i>	<i>Meeropbrengst</i> (100 kg = f 10.-)
kg	gld	kg	kg	gld
0		2 000		
	20		1 000	100
100		3 000		
	20		750	75
200		3 750		
	20		450	45
300		4 200		
	20		300	30
400		4 500		
	20		100	10
500		4 600		
	20		0	0
600		4 600		
	20		-200	-20
700		4 400		

OPGAVE

Maak met behulp van de gegevens in tabel 3.2 een grafiek, waaruit het verband blijkt tussen bemesting en opbrengst.

Het bemestingsadvies van het Bedrijfslaboratorium (zie blz. 189 e.v.) geeft in vrijwel alle gevallen de economisch optimale hoeveelheden. Bij het vaststellen daarvan houdt men dus niet alleen rekening met de te verkrijgen opbrengst maar ook met de prijzen van de produkten en de meststoffen.

VRAAG

28 Wanneer zal het verschil tussen de economisch optimale hoeveelheid en de hoeveelheid die nodig is voor een maximale opbrengst groot zijn en wanneer maar klein?

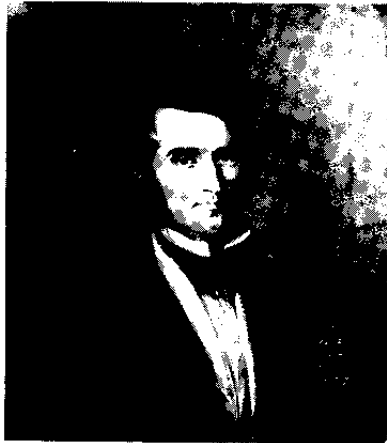
Kunstmeststoffen

4.1 Inleiding

Sedert *Von Liebig* (fig. 4.1) in het midden van de vorige eeuw de wereld duidelijk maakte, dat de plant voor zijn voeding geen organische stof maar anorganische zouten gebruikt, heeft de kunstmestindustrie zich bijzonder krachtig ontwikkeld.

Voordien was men in hoofdzaak aangewezen op de mest die het vee produceerde (stalmest en gier). Soms gebruikte men ook menselijke uitwerpselen (beer) en huis- en straatvuil (compost) voor bemesting.

Fig. 4.1 Justus von Liebig (1803-1873)



Door de invoering van de kunstmest werd het mogelijk zeer arme gronden in gebruik te nemen die men vroeger wegens gebrek aan mest aan de natuur moest overlaten. De ontginning van heidevelden en andere woeste gronden nam dan ook hand over hand toe. Bovendien kon de produktie van de bestaande cultuurgrond aanmerkelijk worden opgevoerd.

4.1.1 Voordelen van kunstmest

In het gebruik bleek kunstmest verschillende voordelen te bezitten boven organische meststoffen als stalmest, gier, beer en compost:

- 1 Kunstmest is veel gelijkmatiger van samenstelling. Daardoor kan men met kunstmest de plantenvoedende stoffen in elke gewenste hoeveelheid en in elke gewenste verhouding toedienen. Dat is met organische meststoffen niet mogelijk.
- 2 Het plantevoedsel in de kunstmeststoffen werkt vaak sneller dan dat in de organische meststoffen.
Het is meestal in een beter oplosbare vorm aanwezig. Men kan daarom de kunstmest ook op het meest gunstige tijdstip toedienen. Desnoods kan men deze nog als overbemesting geven, wanneer blijkt dat het gewas er behoefte aan heeft.
- 3 Kunstmest is gemakkelijker over het land te brengen dan organische mest. Hierdoor kost de bemesting minder tijd en dus minder geld.

Ondanks deze gunstige eigenschappen van de kunstmest stond men aanvankelijk argwanend tegenover het gebruik van 'zout' als mest. Dit heeft de toepassing toch slechts weinig kunnen remmen, doordat de goede werking in de praktijk meestal duidelijk genoeg bleek.

4.1.2 Wettelijke regeling van de handel in meststoffen

In 1947 werd de Meststoffenwet van kracht. Deze had tot doel bedrog in de handel in meststoffen tegen te gaan.

Ook in 1920 en 1942 waren reeds maatregelen van overheidswege genomen om dergelijk bedrog te bestrijden.

1920: Wet van 31 december 1920, houdende bepalingen tot bestrijding van bedrog in de handel in meststoffen, zaaizaden en veevoeder.

1942: Meststoffenbesluit van 24 augustus 1942.

Deze hebben echter beide hun geldigheid tengevolge van de wet van 1947 verloren.

De Meststoffenwet 1947 maakte het mogelijk dat voor de handel in meststoffen bij Algemene Maatregel van Bestuur bepaalde regelingen werden getroffen. Dat is gebeurd in het Meststoffenbesluit, dat weer verder is uitgewerkt in de Meststoffenbeschikking. Deze Meststoffenbeschikking bevat als bijlage de Lijst van Meststoffen.

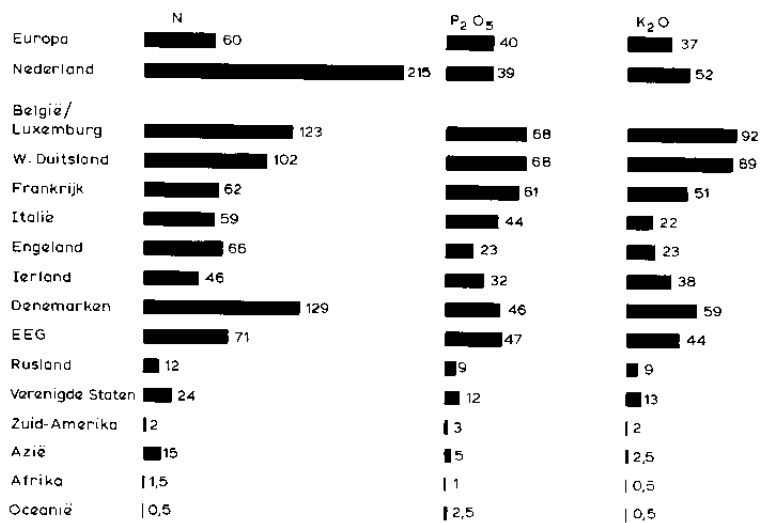
Volgens het Meststoffenbesluit is het verboden meststoffen te verkopen die niet in deze Lijst zijn vermeld. Het is echter mogelijk dat voor een niet in de Lijst opgenomen produkt ontheffing wordt verleend.

De meststoffen waarvan de verkoop is toegestaan, moeten aan bepaalde eisen voldoen. Deze eisen zijn in de Lijst van Meststoffen vermeld.

Het Meststoffenbesluit en de Meststoffenbeschikking zijn intussen reeds enige keren vrij grondig gewijzigd. De laatste wijziging van 1977 was nodig om de voorschriften ten aanzien van de handel in meststoffen in de landen van de Europese Gemeenschap met elkaar in overeenstemming te brengen en daardoor het vrije handelsverkeer in de E.G. mogelijk te maken.

De controle op de naleving van deze regelingen berust bij de Algemene Inspectiedienst (A.I.D.). De ambtenaren van deze dienst nemen de nodige monsters, die ze voor onderzoek opzenden naar het Rijkskwaliteitsinstituut voor Land- en Tuinbouwprodukten (Rikilt) in Wageningen. Als men daar

Fig. 4.2 Verbruik van kunstmeststoffen in verschillende landen in kg per ha (1978/1979). In Nederland wordt jaarlijks voor meer dan 800 miljoen gulden aan kunstmeststoffen uitgegeven (*Jaarstatistiek van de kunstmestindustrie 1978-1979*).



een afwijking constateert ten aanzien van de gestelde eisen, kan tot strafvervolgning worden overgegaan.

De Meststoffenwet biedt, met de daarop gebaseerde regelingen, goede mogelijkheden voor het tegengaan van bedrog en het in de handel brengen van produkten die voor bemestingsdoeleinden geen of weinig waarde hebben.

4.2 Stikstofmeststoffen

4.2.1 Stikstof als voedingselement

Stikstof is in de plant van groot belang voor de vorming van eiwitten, bladgroen en andere organische verbindingen.

Bemesting met stikstof werkt in verschillende opzichten gunstig:

- 1 Het heeft een grote invloed op de opbrengst van de gewassen.
- 2 Het bevordert met name de ontwikkeling van de blad- en stengelmasa.
- 3 Het heeft bij gras en andere groenvoedergewassen een gunstige invloed op het eiwitgehalte.
- 4 Het verhoogt bij granen het eiwitgehalte van de korrel; dit betekent voor tarwe een betere bakwaarde.

Fig. 4.3 Stikstofgebrek in tarwe: spichtig, bleekgroen gewas (*Plantenziektenkundige Dienst*)



VRAGEN

- 29 Waaruit blijkt dat stikstof nodig is voor de bladgroenvorming?
- 30 Voor welke gewassen is een voldoende voorziening met stikstof vooral van belang?
- 31 Waarom is het effect van stikstofbemesting gewoonlijk zo duidelijk zichtbaar?
- 32 Hoe komt het dat stikstof bij gras en groenvoedergewassen een gunstige invloed heeft op het eiwitgehalte?
- 33 Waarom is de betere bakwaarde van tarwe door stikstofbemesting praktisch van weinig belang?
- 34 Voor welk graangewas is de verhoging van het eiwitgehalte van de korrel soms ongunstig?

4.2.2 Nadelen van te veel stikstof

Een te grote stikstofgift kan de volgende nadelen hebben:

- 1 Legering van het gewas. Dit komt vooral voor bij granen. Het is een gevolg van het feit dat de onderste halmleden bij veel stikstof minder stevig worden. Legering heeft een ongunstige invloed op de opbrengst en op de kwaliteit van het produkt.

VRAAG

- 35 Wat is de oorzaak van het lang en slap worden van de onderste halmleden van granen bij veel stikstof?
- 2 Sterker optreden van sommige ziekten. Voorbeelden daarvan zijn roest en meeldauw in granen. Deze schimmelziekten ontwikkelen zich namelijk het best in bladrijke gewassen.
- 3 Latere afrijping. Veel stikstof leidt tot een sterk vegetatieve groei van de plant (vorming van stengels en bladeren). De generatieve ontwikkeling (vorming van bloemen en vruchten) wordt er echter door vertraagd.
- 4 Mindere kwaliteit van het produkt. Vooral legering van granen en vlas is in dit opzicht zeer nadelig. Veel stikstof verlaagt bij aardappelen het zetmeelgehalte en bij bieten het suikergehalte.
- 5 Vermindering van de verwerkingskwaliteit van suikerbieten. Uit eiwitrijke bieten kan de suiker namelijk minder gemakkelijk worden gewonnen.
- 6 Ziekten bij het vee. Een zware stikstofbemesting van grasland leidt tot een hoog eiwitgehalte in het jonge weidegras. Daardoor wordt het optreden van kopziekte bevorderd (zie blz. 40).

Veel stikstof op voedergewassen veroorzaakt soms vergiftiging bij het vee. Bij het voeren van stoppelknollen komt dit herhaaldelijk voor. Vaak is het een gevolg van het toepassen van ruime stalmestgiften, waarmee men dan bij de stikstofbemesting geen rekening houdt. Het moet worden toegeschreven aan de reductie van nitraten tot vergiftige nitrieten in de pens van het dier.

4.2.3 Stikstofvormen

Stikstof wordt door het gewas vrijwel uitsluitend in de vorm van *nitraten* (NO_3^-) of *ammoniumzouten* (NH_4^+) opgenomen.

Sommige gewassen geven de voorkeur aan NO_3^- -stikstof (b.v. bieten) en andere aan NH_4^+ -stikstof. Granen nemen in het begin graag NH_4^+ -ionen op, later liever NO_3^- -ionen. Praktisch is dit echter van weinig betekenis, omdat NH_4^+ -ionen in de grond vrij snel worden genitrificeerd tot NO_3^- -ionen (zie blz. 32).

Bevat de grond onvoldoende zuurstof, dan kunnen er uit nitraten *nitrieten* (NO_2^-) ontstaan. Sommige anaërobe bacteriën onttrekken onder deze omstandigheden namelijk de benodigde zuurstof aan nitraten. Evenals de meeste gereduceerde verbindingen zijn nitrieten giftig voor de plant. Ze worden ten slotte nog verder gereduceerd tot vrije stikstof (N_2), waaraan de plant niets meer heeft. Men noemt dit *denitrificatie*.

VRAAG

36 Wat moet men doen om denitrificatie van nitraten te voorkomen?

Organische stikstofverbindingen met kleine moleculen, zoals ureum, zijn direct opneembaar voor de plant. Eiwitten, met hun zeer grote moleculen, moeten echter eerst microbiologisch tot eenvoudiger verbindingen worden afgebroken.

4.2.4 Stikstof in meststoffen

Tegen het einde van de vorige eeuw waren de enige stikstofmeststoffen waarover men de beschikking had, *chilispeter* en *zwavelzure ammoniak*. De *chilispeter* werd geproduceerd in Chili (Zuid-Amerika) door zuivering van een, daar in de bodem aanwezig, natuurprodukt.

Zwavelzure ammoniak werd gewonnen als bijproduct van de stadsgasfabricage.

Zowel van chilispeter als van zwavelzure ammoniak waren uiteraard slechts beperkte hoeveelheden beschikbaar. Het is dan ook geen wonder, dat men zich in die tijd zorgen maakte over de stikstofvoorziening. Bepaalde pessimisten voorspelden zelfs ernstige hongersnood in een nabije toekomst tengevolge van een tekort aan stikstofmeststoffen.

Door het werk van verschillende scheikundige onderzoekers werd het na 1900 echter technisch mogelijk de stikstof uit de lucht chemisch te binden en om te zetten in z.g. *synthetische stikstofmeststoffen*. Hierdoor kunnen tegenwoor-

dig praktisch onbeperkte hoeveelheden van deze meststoffen worden geproduceerd. Deze productie kost echter wel veel energie.

Voor de fabricage van stikstofmeststoffen zet men met behulp van uit aardgas gewonnen waterstof (H_2) de atmosferische stikstof (N_2) om in ammoniak (NH_3): *ammoniaksynthese*.

Deze verbinding kan eventueel direct als meststof dienen of met zwavelzuur worden omgezet tot zwavelzure ammoniak.

Voor de winning van kalkammonsalpeter, kalksalpeter e.d. wordt de gevormde ammoniak geoxideerd tot salpeterzuur (HNO_3). Hiermee kan men dan de nodige nitraatmeststoffen fabriceren.

4.2.5 Nitraat- of salpetermeststoffen

Salpetermeststoffen bevatten de stikstof in de vorm van nitraat (salpeter), dus in NO_3 -vorm. Hiertoe behoren *chilisalpeter* en *kalksalpeter*.

Chilisalpeter

Chilisalpeter is een natuurprodukt, dat in de bodem wordt aangetroffen in het woestijnachtige noorden van Chili, aan de westkust van Zuid-Amerika. Het ruwe materiaal wordt daar gezuiverd en ten slotte geprield om een goed strooibaar produkt te krijgen.

Korreling van kunstmeststoffen door *prillen* wordt tegenwoordig veel toegepast. Daartoe smelt men het produkt. De verkregen vloeistof wordt dan door sproeiërs in een koele ruimte verstoven. Daardoor ontstaan de bekende ronde korreltjes.

Samenstelling en eigenschappen

Chilisalpeter bestaat in hoofdzaak uit *natriumnitraat* ($NaNO_3$). Daarnaast bevat het een gering percentage van diverse andere zouten. Het stikstofgehalte bedraagt 16%.

Van betekenis is ook de aanwezigheid van verschillende *spoorelementen*. Het belangrijkste daarvan is *borium*. Chilisalpeter bevat $\pm 0,04\%$ B.

Werking en gebruik

Chilisalpeter is naar verhouding nogal wat duurder dan kalksalpeter en kalkammonsalpeter. Daarom gebruikt men dit produkt alleen als daaraan bijzondere voordelen zijn verbonden. Dit is het geval voor bieten, vooral op pleistocene zand- en dalgronden en wel om de volgende redenen:

- 1 Deze gronden hebben voor bieten nogal eens een te lage pH. De basische werking van chilisalpeter (zie fig. 2.3) is dan zeer gunstig.

- 2 Deze gronden zijn vaak arm aan natrium. Voor bieten is natrium een noodzakelijk voedingselement. Daarom heeft chilisalpeter, dat $\pm 35\%$ Na_2O bevat, hier een beter effect dan andere stikstofmeststoffen. De extra gift van 200 kg Na_2O die men voor suikerbieten op zandgrond adviseert (zie blz. 192) is bij het gebruik van chilisalpeter overbodig.
- 3 Deze gronden bevatten soms te weinig borium. Chilisalpeter kan daar het optreden van z.g. hartrot in bieten voorkomen en de opbrengst belangrijk verhogen.

Deze bijzondere voordelen van chilisalpeter gelden niet voor de meeste zee-kleigronden. Die hebben namelijk gewoonlijk wel een voldoende hoge pH en zijn meestal ook niet arm aan natrium en borium.

VRAAG

- 37 Welk bezwaar kan het gebruik van chili op kleigronden opleveren? Hoe zou men dat het beste kunnen ondervangen?

Kalksalpeter

Samenstelling en eigenschappen

Het hoofdbestanddeel van deze meststof is *calciumnitraat* ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$). Het stikstofgehalte bedraagt 15,5%.

Dit gepulverde product is weinig hygroscopisch en kan daarom ook los gestort worden geleverd. Het wordt in Nederland niet meer gemaakt maar nog wel geïmporteerd.

Werking en gebruik

De stikstof in kalksalpeter is volkomen gelijkwaardig aan die in chilisalpeter. Kalksalpeter bevat als nevenelement echter geen natrium maar calcium.

VRAAG

- 38 In welk opzicht kan het calcium in kalksalpeter wel eens nuttig zijn?

Kalksalpeter heeft een basische werking, die evenwel iets minder sterk is dan die van chilisalpeter.

Voor vrijwel alle gronden is kalksalpeter een goed bruikbare meststof. Het meeste wordt dit product toegepast op de akkerbouwbedrijven in de IJssel-meerpolders (jonge, kalkrijke grond).

Kenmerken van de nitraatmeststoffen

- 1 Nitraatmeststoffen worden snel door de gewassen opgenomen. Doordat

de NO_3^- -ionen in de grond niet worden gebonden, zijn ze zeer beweeglijk (mobiel). De plantewortels kunnen ze dan ook gemakkelijk met het bodemvocht naar zich toe zuigen, zelfs van betrekkelijk grote afstand. Een gewas, dat geleden heeft door vorst, vreterij e.d. is daarom ook snel te helpen door een overbemesting met kalksalpeter. Het zal duidelijk zijn, dat nitraatmeststoffen vrij gauw volledig opgenomen zijn.

VRAAG

39 Waarom zal toch nooit al het gestrooide nitraat aan het gewas ten goede komen?

2 Nitraatmeststoffen spoelen gemakkelijk uit. Dat is uiteraard een gevolg van het feit, dat de NO_3^- -ionen in de grond niet worden vastgelegd.

VRAAG

40 In welke periode heeft de uitspoeling van nitraationen weinig te betekenen? Hoe komt dat?

3 Nitraatmeststoffen kunnen onder anaërobe omstandigheden worden genitrificeerd (zie blz. 49). Dit leidt tot verlies van stikstof in de vorm van N_2 .

4 Nitraatmeststoffen zijn brandgevaarlijk. Nitraten kunnen, hoewel ze op zichzelf niet brandbaar zijn, toch brandgevaar opleveren. Bij hoge temperatuur (sigarettepeukje, nagloeiende lucifer) worden ze namelijk ontleed. Tengevolge van deze ontleding komt er zuurstof vrij, die de verbranding van organische materialen als zakken, stro, hout, enz. bevordert.

4.2.6 Ammoniakmeststoffen

De stikstof is in ammoniakmeststoffen aanwezig in de vorm van ammoniak of ammoniumzouten, dus in NH_4 -vorm.

Tot deze groep behoren *zwavelzure ammoniak* en *vloeibare ammoniak*.

Zwavelzure ammoniak

Samenstelling en eigenschappen

Het hoofdbestanddeel van zwavelzure ammoniak is *ammoniumsulfaat*, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Het N-gehalte bedraagt 21%.

Het is een wit tot lichtgrijs, kristallijn produkt, dat goed strooibaar en weinig hygroscopisch is.

Werking en gebruik

Aangezien NH_4^+ -ionen door het klei-humuscomplex worden geadsorbeerd, zijn ze niet zo beweeglijk als NO_3^- -ionen. Dit heeft een wat langzamer en geleidelijker werking en een minder sterke uitspoeling tot gevolg.

De plantewortel kan deze ionen niet aanzuigen met het bodemvocht, maar moet ze zelf opzoeken. Dat duurt dus wat langer.

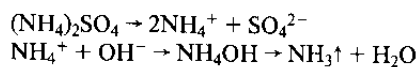
VRAAG

41 Hoe zoekt de plantewortel het in de grond aanwezige plantevoedsel op?

Hierbij moeten we echter wel bedenken, dat NH_4^+ -ionen door nitrificatie vrij snel omgezet kunnen worden in NO_3^- -ionen (zie blz. 32).

Vanwege de minder sterke uitspoeling zou men bij zeer vroege aanwending van stikstof beter zwavelzure ammoniak kunnen gebruiken dan nitraten.

Op *jonge, kalkrijke gronden* valt de werking van zwavelzure ammoniak vaak tegen. Dat heeft men het eerst geconstateerd in de Wieringermeer. Door onderzoek kon worden vastgesteld, dat verlies van stikstof door *vervluchting van ammoniak* daarvan de oorzaak was. Dat kan wel 1/3 tot 1/2 van de totale hoeveelheid stikstof bedragen. Dit stikstofverlies is een gevolg van het feit dat er bij de hoge pH van deze gronden NH_4OH wordt gevormd. Dit valt dan uiteen in NH_3 en H_2O .

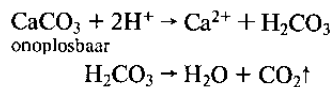


VRAAG

42 Hoe kan men het verlies van NH_3 bij gebruik van zwavelzure ammoniak op kalkrijke gronden beperken?

Zwavelzure ammoniak heeft een *ongunstige invloed op de kalktoestand* van de grond. Dit heeft twee oorzaken:

1 Zwavelzure ammoniak bevordert de uitspoeling van kalk. De H^+ -ionen die tengevolge van de nitrificatie van de NH_4^+ -ionen ontstaan (zie blz. 32), maken uit het onoplosbare CaCO_3 Ca^{2+} -ionen vrij. Deze kunnen met doorsijpelend regenwater naar de ondergrond verdwijnen.



Voor kalkarme gronden kan dit bezwaarlijk zijn.

2 Zwavelzure ammoniak werkt verzurend. De H^+ -ionen die bij de nitrificatie ontstaan, kunnen de pH immers gemakkelijk doen dalen, als de grond

weinig buffermateriaal (klei, humus, kalk) bevat (zie blz. 33).

Voor de neutralisatie van de zure werking van 100 kg zwavelzure ammoniak is ruim 100 kg CaCO_3 nodig. Hieruit blijkt dus wel, dat het zure effect van deze meststof aanzienlijk is.

VRAAG

43 Zou men van de zure werking van zwavelzure ammoniak ook wel eens kunnen profiteren?

Vloeibare ammoniak

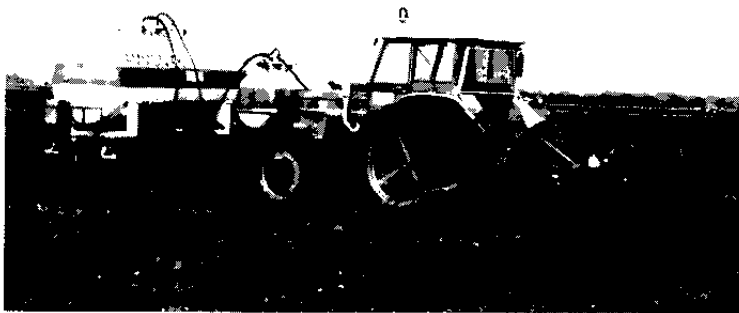
Ammoniakgas is door hoge druk gemakkelijk vloeibaar te maken. In deze vorm kan het met een speciale apparatuur (zie fig. 4.4) in de grond gespoten, geïnjecteerd, worden. Aangezien ammoniak bij gewone druk direct weer gasvormig wordt, moet het voldoende diep (minstens 10 cm) worden geïnjecteerd. De grote oplosbaarheid van deze stof in water, dus ook in het bodemvocht, voorkomt dan dat er veel van verloren gaat. Dit produkt heeft een N-gehalte van 82%.

Vloeibare ammoniak wordt als meststof vooral gebruikt in de Verenigde Staten. Ook in Denemarken wordt nogal wat stikstof in deze vorm toegediend. In ons land vindt het slechts hier en daar toepassing en wel met name in de Veenkoloniën. Vooral op fabrieksaardappelen verkrijgt men hiermee uitstekende resultaten.

VRAAG

44 Welke voordelen en welke bezwaren zal dit produkt hebben?

Fig. 4.4 Injectie-apparatuur voor vloeibare ammoniak (*Agrarische Unie - Vulcaan*)



4.2.7 Nitraat- en ammoniakmeststoffen

Nitraat- en ammoniakmeststoffen bevatten de stikstof zowel in nitraat- als in ammoniumvorm. Ze bestaan uit ammoniumnitraat met een of andere vulstof.

Kalkammonsalpeter

Kalkammonsalpeter is in de loop der jaren in ons land de meest gebruikte stikstofmeststof geworden (zie tabel 4.1).

Samenstelling en eigenschappen

Kalkammonsalpeter bestaat voor 3/4 uit *ammoniumnitraat* en voor 1/4 uit fijngemalen *kalkmergel* of *kalksteen*.

Het stikstofgehalte bedraagt 26%, waarvan de helft in nitraat- en de helft in ammoniumvorm.

VRAAG

45 - Waarom zijn de gehalten aan NH_4 - N en NO_3 - N in kalkammonsalpeter (kas) precies gelijk?

Men voegt calciumcarbonaat (CaCO_3) in de vorm van kalkmergel of kalksteen aan het ammoniumnitraat toe om de hygroscopiciteit en de zure werking van deze stof te verminderen. Het ontploffingsgevaar wordt hierdoor tevens opgeheven.

Kalkammon komt zowel in gekorrelde (gegranuleerde) als in geprilde vorm voor. De korrels zijn voorzien van een beschermend laagje ('coating'), waardoor aan elkaar katten wordt voorkomen. Deze meststof is dan ook uitstekend strooibaar.

De kleur is lichtgeel als kalkmergel en grijs als kalksteen als vulstof is gebruikt.

Werking en gebruik

Kalkammonsalpeter is om de volgende redenen zeer goed bruikbaar:

- 1 In deze meststof is de snelle werking van de NO_3 -stikstof gecombineerd met de wat geleidelijker werking van de NH_4 -stikstof. Hierdoor worden de gewassen regelmatig van stikstof voorzien.
- 2 De werking is zowel in betrekkelijk droge als in natte perioden goed. Bij weinig neerslag heeft de nitraatstikstof een voorsprong op de ammoniumstikstof als men de meststof oppervlakkig toedient. De NO_3^- -ionen dringen met weinig water gemakkelijker de grond in dan de NH_4^+ -ionen. De

laatste worden door het adsorptiecomplex in de bovenlaag vastgehouden, waar weinig of geen wortels zijn.

Bij nat weer is de ammoniumstikstof echter in het voordeel. Deze spoelt dan niet te diep de grond in. Nitraten kunnen in regenrijke perioden buiten het bereik van de wortels raken. Bovendien bestaat dan de kans, dat de nitraatstikstof gedenitrificeerd wordt tot elementaire stikstof.

- 3 Het heeft maar een zwak zure werking. Daardoor is kalkammonsalpeter op alle gronden goed te gebruiken.

VRAAG

46 Hoe is te verklaren dat kas op grasland iets minder zuur werkt dan op bouwland? (Zie blz. 204)

Magnesamon

Bij Magnesamon is aan het ammoniumnitraat dolomiet (CaCO_3 en MgCO_3) toegevoegd. Het N-gehalte bedraagt 22%, het MgO-gehalte 7%.

De stikstof in deze meststof heeft dezelfde waarde als die in kalkammonsalpeter. Het magnesium is niet in water oplosbaar (wel in sterke zuren) en heeft daardoor een betrekkelijk langzame werking.

Dit produkt is vooral bedoeld als meststof voor grasland op zandgronden. Strooit men daar alle stikstof in deze vorm, dan is dit ruim voldoende om de magnesiumvoorziening van de grond op peil te houden als men jaarlijks ± 300 kg N per ha toedient. Door de zwak basische werking van Magnesamon voorkomt men daarmee tevens dat de pH van de grond gaat dalen.

4.2.8 Overige stikstofmeststoffen

Tot deze groep behoren *ureum* en *Urean*.

Ureum

Ureum heeft als formule $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. In de scheikunde heet het ook wel koolzuurdiamide.

Het stikstofgehalte van dit produkt bedraagt ongeveer 46%. Dit hoge gehalte kan een bezwaar zijn, wanneer slechts geringe hoeveelheden stikstof nodig zijn. De kleine hoeveelheid meststof is dan minder goed over het land te verdelen.

Ureum wordt op grote schaal geproduceerd door alle Nederlandse stikstof-

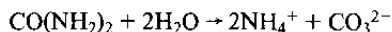
bindingsbedrijven. Voor de export is het verreweg de belangrijkste stikstofmeststof.

Op bouwland is de werking van dit produkt vrijwel gelijk aan die van de andere stikstofmeststoffen. Op grasland lopen de resultaten uiteen.

Voor normale bemestingsdoeleinden wordt het in ons land weinig gebruikt. In de fruitteelt spuit men soms oplossingen van ureum op de bomen. In de akkerbouw wordt het ook gebruikt als late overbemesting op tarwe.

Bij bespuiting kan gemakkelijk schade door verbranding optreden. Dat is overigens bij het gebruik van ammonium- of nitraathoudende meststofoplossingen nog sterker het geval (zie Urean).

Ureum is een zuur werkende meststof. Dat komt doordat het koolzuurdiamide in de grond door de ureumbacteriën wordt gehydrolyseerd. Hierdoor worden NH_4^+ -ionen geproduceerd:



Deze NH_4^+ -ionen worden vervolgens genitrificeerd, waardoor H^+ -ionen vrijkomen (zie blz. 32).

Urean

Urean is een oplossing van ureum en ammoniumnitraat en moet dus worden verspoten.

Het heeft een stikstofgehalte van 30%, waarvan 15% amide-N, 7½% ammonium-N en 7½% nitraat-N. De oplossing bevat 39 kg N per 100 liter.

De stikstofwerking is op niet-kalkhoudende gronden bij akkerbouwgewassen vrijwel gelijk aan die van kalkammonsalpeter. Op gronden met vrije kalk (IJsselmeerpolders) kan de werking te wensen overlaten door NH_3 -vervluchting. Op grasland wordt Urean nog niet toegepast.

Het spuiten van Urean geeft een belangrijke arbeidsbesparing (40% t.o.v. een gezakt produkt), minder wielsporen en een gelijkmatiger verdeling van de stikstof.

Gebruikt men Urean voor overbemesting, dan kan gemakkelijk verbranding van het gewas optreden. Om dit te voorkomen dient men met een grove druppel, dus met lage druk, te spuiten. Bovendien verdient het gebruik van z.g. druppelstokjes aanbeveling. Men moet liefst niet spuiten bij een luchtvochtigheid van minder dan 50%.

Ook Urean heeft een zure werking doordat zowel ureum als ammoniumnitraat in de grond worden genitrificeerd.

VRAAG

47. Waarom kunnen Urean en fungiciden (schimmeldodende stoffen) niet gemengd worden verspoten?

4.2.9 Toepassing van stikstofmeststoffen

Keuze van de meststof

Welke stikstofmeststof men in een bepaald geval het beste kan strooien, hangt af van:

- 1 de grond;
- 2 het gewas;
- 3 de tijd van aanwending;
- 4 de prijs.

De grond

Hierbij speelt de zuurgraad de voornaamste rol. Is de pH feitelijk te laag, dan verdient het gebruik van de basisch werkende chilisalpeter of kalksalpeter de voorkeur. Bij een te hoge pH kan zwavelzure ammoniak een gunstig effect hebben. In de meeste gevallen is de zwak zuur werkende kalkammonsalpeter echter goed te gebruiken.

Het gewas

Gewassen met een korte groeiduur, zoals vroege aardappelen, vlas, e.d. vragen de stikstof in de snelwerkende salpetervorm.

De wat langzamer werkende ammoniumstikstof leent zich meer voor gewassen met een langere groeiperiode, b.v. late aardappels. Bieten hebben een uitgesproken voorkeur voor nitraten.

De tijd van aanwending

Voor late toediening en vooral voor overbemesting zijn de salpetermeststoffen het meest geschikt.

De prijs

Een relatief lage prijs van een bepaalde stikstofmeststof mag er echter nooit toe leiden, dat men deze gebruikt op gronden of gewassen, waarvoor dit produkt feitelijk niet geschikt is.

VRAAG

48 Welke stikstofmeststof is naar verhouding de goedkoopste en welke de duurste (zie tabel H, blz. 204)?

In de loop der jaren hebben er sterke verschuivingen in het gebruik van de stikstofmeststoffen plaatsgehad, zoals duidelijk blijkt uit tabel 4.1.

TABEL 4.1 Het verbruik van stikstofmeststoffen in Nederland.

Bemestings- jaar	Totaal N in tonnen	Aandeel van de diverse soorten in % van het totaal									
		Chili- salpeter	Zwavelzure ammoniak	Kalk- salpeter	Kalk- stikstof	Ureum	Ammonsul- faatsalpeter	Kalkam- monsalpeter	Magnesium	Vloeibare NH ₃ en N-opl.	Samengestelde meststoffen
1922/'23	25 200	83,3	14,7	1,6	0,4	-	-	-	-	-	-
1930/'31	42 100	19,7	38,3	27,8	3,7	-	8,4	2,1	-	-	-
1938/'39	96 700	10,2	15,9	9,7	6,4	-	1,-	54,5	-	-	2,3
1951/'52	156 032	0,5	2,2	7,2	1,1	-	-	81,2	-	-	7,8
1960/'61	223 700	1,8	1,3	6,8	0,2	-	-	72,0	1,8	-	16,1
1978/'79	443 340	0,8	0,1	1,6	-	0,2	-	73,5	8,7	0,9	14,2

Grootte van de gift

Aangezien zowel een tekort als een overmaat aan stikstof van zeer grote invloed is op de opbrengst van de gewassen, is een juiste dosering van de stikstofgift van groot belang. De hoeveelheid stikstof die nodig is voor een optimale ontwikkeling van het gewas, is afhankelijk van diverse factoren:

- 1 de aard van de grond;
- 2 de weersomstandigheden in de winter;
- 3 het weer in de zomer;
- 4 het al of niet toepassen van organische bemesting;
- 5 de voorvrucht en de stikstofbemesting van de voorvrucht;
- 6 het gewas en de bestemming van het gewas;
- 7 het ras;
- 8 de stand van het gewas.

We zullen deze factoren hierna in het kort toelichten.

De aard van de grond

Hoewel praktisch alle gronden stikstofbehoefstig zijn, bestaan er in dit opzicht toch aanmerkelijke verschillen.

Zo stellen humusarme zandgronden hoge eisen aan de stikstofvoorziening. Hun organische reserve is immers gering en de verliezen door uitspoeling kunnen hier groot zijn.

Veengronden hebben meestal een veel minder grote stikstofbehoefte.

De stikstofrijksdom van klei- en zavelgronden loopt sterk uiteen.

De weersomstandigheden in de winter

Na een natte winter vragen de gewassen meer stikstof dan na een droge. De stikstof die in de herfst nog in de grond aanwezig was, is dan grotendeels verloren gegaan door uitspoeling en denitrificatie.

Het weer in de zomer

In een natte zomer is de optimale stikstofgift belangrijk lager dan in een droge zomer (zie fig. 4.5).

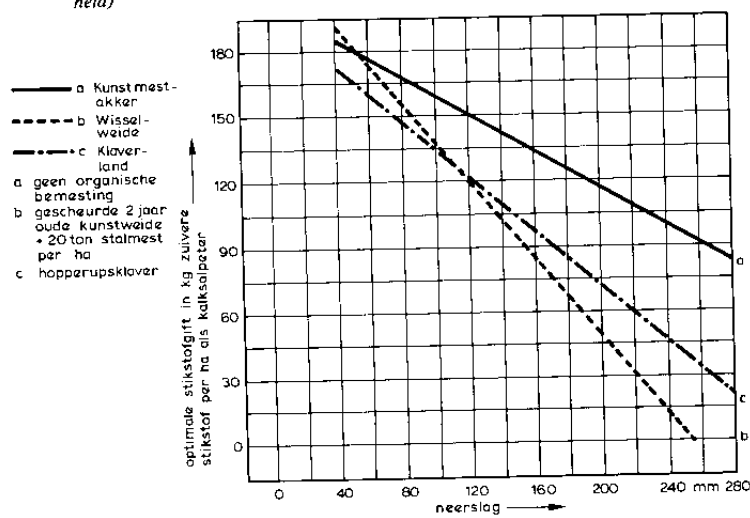
Het is daarom jammer, dat het nog niet mogelijk is het weer op lange termijn te voorspellen.

Het al of niet toepassen van organische bemesting

Het spreekt vanzelf dat men na groenbemesting of een stalmestgift met minder kunstmest-stikstof kan volstaan.

Door regelmatige toepassing van organische mest wordt het vruchtbaarheidsniveau van de grond verhoogd. Dat dit ten slotte leidt tot een aanzienlijke besparing op stikstof blijkt niet alleen uit fig. 4.5, maar ook uit tabel 5.1.

Fig. 4.5 Verband tussen de hoeveelheid neerslag in juni + juli en de optimale stikstofgift voor Eigenheimer consumptie-aardappelen op zware zavelgrond op het proefveld Pr. Lov. 6 in de Noordoostpolder (1954 t.e.m. 1959) (Instituut voor Bodemvruchtbaarheid)



De voorvrucht en de stikstofbemesting van de voorvrucht

Na vlinderbloemigen hoeft men weinig stikstof te strooien. Deze verrijken de grond tengevolge van de stikstofbinding door de wortelknolletjesbacteriën (zie blz. 162).

Na bieten is betrekkelijk veel stikstof nodig. Dit gewas onttrekt namelijk veel stikstof aan de grond, mede doordat het in het najaar lang doorgroeit. Het is in de praktijk genoeg bekend, dat men na bieten gewoonlijk stijve graangewassen teelt.

Aardappelen hebben een meer oppervlakkig en minder krachtig wortelstelsel dan bieten. Daardoor nemen ze ook minder stikstof op. Overigens maakt het nog wel verschil, of men de aardappelen vroeg of laat rooit. In het laatste geval wordt namelijk belangrijk meer stikstof uit de grond gehaald. Vroege consumptie-aardappelen worden bovendien vaak nogal royaal met stikstof bemest. Ze hebben dientengevolge als voorvrucht een goede naam.

VRAAG

49. Waarom spoelt niet alle stikstof in de loop van de winter uit?

Het gewas en de bestemming van het gewas

De stikstofbehoefte van de gewassen loopt sterk uiteen:

- Vlinderbloemigen vragen meestal in het geheel geen stikstofbemesting. Men geeft ze soms een geringe hoeveelheid bij het zaaien (15 à 30 kg N per ha in een snelwerkende vorm). Deze dient om het gewas door de eerste moeilijke periode, waarin de stikstofbinding door de wortelknolletjesbacteriën nog onvoldoende is, heen te helpen. Men zou hier dus van 'startstikstof' kunnen spreken.
Een ruime stikstofbemesting van vlinderbloemigen is gewoonlijk onvoordelig. De vorming van knolletjes wordt er namelijk door geremd. Bovendien vermindert kunstmest-N de werkzaamheid van de knolletjesbacteriën.
Alleen stambonen vragen vrij veel stikstof. Dat komt doordat de knolletjesbacteriën van dit gewas weinig actief zijn.
- Granen en vlas verdragen betrekkelijk weinig stikstof. Vooral rogge, gerst en vlas legeren gemakkelijk en lijden daarvan in meer of mindere mate.
- Bieten, aardappelen en koolzaad vragen veel stikstof. Bieten geeft men gemakkelijk te veel stikstof als men dit gewas uitsluitend naar de bladontwikkeling beoordeelt. Veel stikstof betekent namelijk wel veel blad, maar de invloed op de bietenopbrengst is gering. Het suikergehalte daalt bij stijgende stikstofgiften bovendien aanmerkelijk (zie fig. 4.6). De optimale stikstofgift voor de suikerproductie varieert op kleigronden van 0-200 kg per ha. Deze is op zand- en dalgrond ± 40 kg hoger.

TABEL 4.2 Gemiddelde optimale N-giften volgens veeljarige proeven

	<i>Klei</i>	<i>Zand</i>
	kg N/ha	kg N/ha
Cons. aardappelen	215	200
Fabriksaardappelen	—	200
Suikerbieten	130	170
Tarwe	125	170
Gerst, haver, rogge	90	105
Handelsgewassen	150	150
Snijmais	210	200
Kunstweiden (alleen maaien)	450	450

(Instituut voor Bodemvruchtbaarheid)

Volgens het Rijkslandbouwconsulentschap voor Bodemaangelegenheden in de landbouw is het zelden rendabel suikerbieten op kleigronden meer dan 150 kg N per ha te geven. Voederbieten vragen wat meer stikstof.

Aardappelen kunnen door een zware stikstofbemesting te veel loof vormen. Dit gaat soms ten koste van de knolopbrengst. Ook de smaak kan er ongunstig door worden beïnvloed.

Pootaardappelen dient men gemiddeld 50 kg N per ha minder te geven dan consumptie-aardappelen. Veel stikstof verhoogt namelijk de vatbaarheid voor virusziekten. Bovendien bemoeilijkt een geïle loofontwikkeling de selectie, daar de ziekteverschijnselen dan minder goed waarneembaar zijn. Koolzaad is alleen in staat topopbrengsten te leveren, als dit gewas ruim van stikstof wordt voorzien.

- Grasland neemt wat de stikstofbemesting betreft, een bijzondere positie in. Zelfs zeer grote stikstofgiften blijken daar namelijk nog tot aanmerkelijke opbrengstvermeerderingen te kunnen leiden. Het gebruik van stikstof op grasland is in ons land in de loop der jaren dan ook aanzienlijk gestegen. Gemiddeld strooit men nu ongeveer 240 kg N per ha.

De hoeveelheden stikstof die men op grasland per keer geeft, zijn vooral afhankelijk van de wijze waarop het land gebruikt zal worden. Op percelen die gemaaid moeten worden, strooit men meer dan op percelen die voor beweiding bestemd zijn.

Het ras

Vooraf bij granen, maar ook bij aardappelen en andere gewassen, dient men bij vaststelling van de stikstofgift rekening te houden met het ras.

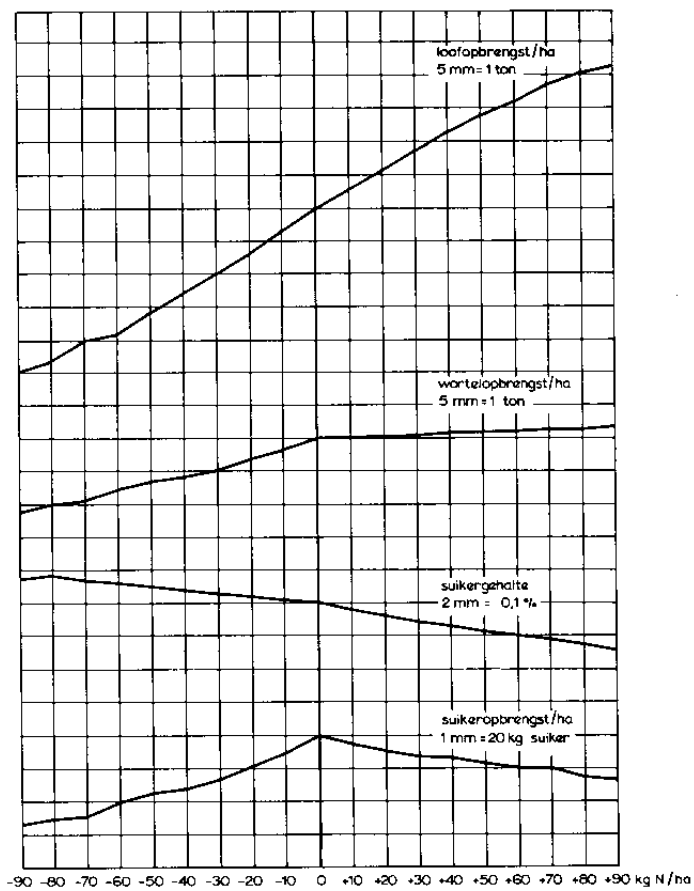
De Rassenlijst verschaft hierover waardevolle gegevens.

De stand van het gewas

Bij de bemesting van wintergranen dient men rekening te houden met de stand van het gewas na de winter. Is dit vrij sterk uitgewinterd, dan is extra stikstof nodig om de uitstoeling te bevorderen.

Gewassen die door andere omstandigheden hebben geleden, kan men als overbemesting soms wat snelwerkende nitraatstikstof geven.

Fig. 4.6 Effect van stikstof bij suikerbieten; O = optimum (I.R.S., Bergen op Zoom)



De laatste jaren geeft het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek *richtlijnen voor de stikstofbemesting van granen, poot- en consumptie-aardappelen* (alleen voor kleigronden en löss) *en suikerbieten* (zie blz. 188). Daartoe bepaalt men in het voorjaar, zo kort mogelijk na de winter, de voorraad minerale stikstof (*N-mineraal*) in het bewortelbare deel van het bodemprofiel (voor aardappelen en suikerbieten tot een diepte van maximaal 60 cm, voor granen tot maximaal 1 m). De daarvoor benodigde grondmonsters worden met een speciale grondboor genomen.

De richtlijnen voor de stikstofbemesting gelden nog niet voor de dalgronden. Aangezien de stikstofgift van zo grote invloed is op de opbrengst, wordt er op dit gebied veel onderzoek verricht. Men hoopt binnen afzienbare tijd de richtlijnen voor de stikstofbemesting dan ook nog te verfijnen.

Het Consulentschap voor Bodemaangelegenheden in de landbouw geeft elk voorjaar tevens een *algemene richtlijn* voor de stikstofbemesting van bouwland. Deze is gebaseerd op de veranderingen in het gehalte aan minerale stikstof in de verschillende lagen van het profiel gedurende de winter. Men bepaalt die op een aantal zogenaamde 'standaardpercelen'.

Tijd en wijze van strooien

Wintergewassen geeft men de stikstof gewoonlijk zo vroeg mogelijk in het voorjaar, dus eind februari of begin maart. In deze tijd begint de groei weer, zodat de gewassen dan voedsel nodig hebben.

Op schrale zandgronden kan het gewenst zijn winterrogge in de herfst al wat stikstof te geven. Men krijgt dan een krachtiger ontwikkeld gewas, dat daardoor minder gevoelig is voor uitwinteren. Te veel stikstof kan echter schadelijk zijn, omdat een geil gewas 's winters onder een sneeuwdek gemakkelijk stikt.

Een dergelijke herfstbemesting is op kleigronden vrijwel regel bij gewassen die veel stikstof vragen, zoals koolzaad, karwij en graszaad. Ook deze gewassen krijgen evenwel de hoofdmassa van de stikstof in het vroege voorjaar. *Zomergewassen* geeft men de stikstof vaak vlak vóór of na het zaaien. Dat kan echter een ongunstige invloed hebben op het kiemende zaad doordat de zoutconcentratie van het bodemvocht dan soms te hoog wordt. Men kan dat voorkomen door de stikstof enkele weken voor het zaaiklaar maken van de grond te strooien. Het feit dat men de meststof dan kan inwerken heeft, vooral in een droge periode, bovendien een gunstige invloed op de werking ervan.

De laatste jaren is veel onderzoek verricht naar het effect van z.g. *gedeelde stikstofgiften op granen*.

Hieruit zijn twee dingen gebleken:

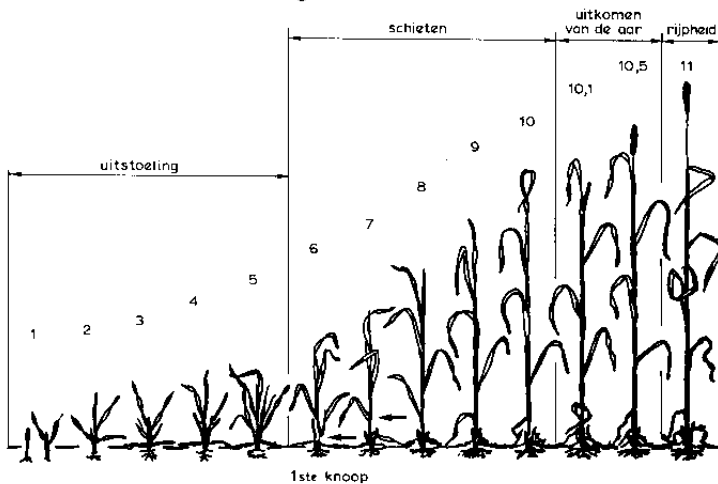
- 1 Een vroege stikstofgift bevordert de uitstoeling. Bovendien wordt het gewas hierdoor bladrijker, wat de kans op legeren vergroot. De aar ontwikkelt zich echter ook beter, wat tot uiting komt in een groter aantal korrels.
- 2 Een late stikstofgift houdt het blad langer groen. De assimilatie gaat dan dus ook langer door, waardoor het gewicht van de korrels toeneemt. Bovendien wordt het eiwitgehalte van de korrels hoger. Het gewas wordt echter niet zwaarder, zodat een late stikstofgift het gevaar van legering niet vergroot.

Op grond van deze kennis strooit men de stikstof op de granen dan ook steeds meer in twee keer (zie ook blz. 188). De eerste gift wordt dan verstrekt vóór het uitstoelen (stadium 2-3), de tweede vóór het in aar komen (stadium 6-7). In toenemende mate geeft men tarwe nog een late overbemesting (stadium 10) van 30-50 kg N/ha als het gewas weinig last heeft van blad- en aarziekten.

Voor zomergerst is een deling van de stikstofgift echter ongewenst, omdat daardoor de brouwgerstkwaliiteit vermindert. Ook bevordert dit het optreden van doorwas.

Ook op andere gewassen (spinazie, blauwmaanzaad) leveren gedeelde stikstofgiften soms goede resultaten.

Fig. 4.7 Groeistadia van tarwe volgens Feekes



De stikstof wordt aan bieten vanouds wel in gedeelten gegeven. Men strooit dan een gedeelte vóór het zaaien en de rest na het opéénzetten.

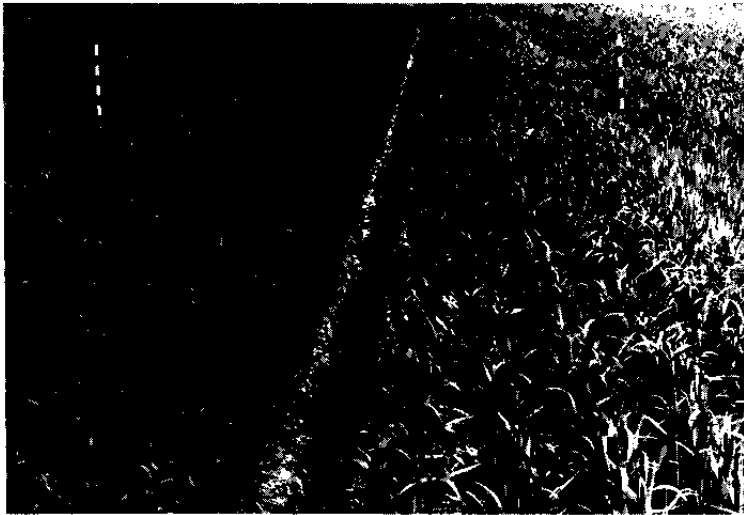
Op klei- en zavelgronden kan men echter zonder bezwaar de bieten alle stikstof in één keer vóór het zaaien geven. Op lichte, grofkorrelige zandgronden moet men er rekening mee houden, dat er uitspoeling kan optreden.

Op *grasland* dient de eerste stikstof op een zodanig tijdstip te worden gestrooid dat zoveel mogelijk van de gunstige groeiomstandigheden in het voorjaar kan worden geprofiteerd. Dat is het geval als een temperatuursom van 200 °C¹ is bereikt (dit wordt in de landbouwbladen bekend gemaakt). Na een zachte winter kan dat al in februari zijn, maar na een strenge, late winter soms pas in april.

Een tijdige stikstofgift kan leiden tot een belangrijke vervroeging van de grasgroei. Dat is vooral van belang bij een laat voorjaar.

¹ De temperatuursom is de som van de gemiddelde etmaaltemperaturen vanaf 1 januari, voor zover die boven 0 °C liggen. De gemiddelde etmaaltemperatuur verkrijgt men door de minimum- en de maximumtemperatuur te middelen.

Fig. 4.8 Gevolgen van onregelmatige verdeling van stikstof op haver (*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid*)



Men strooit de stikstof in het voorjaar gewoonlijk niet op alle percelen tegelijk. Bovendien geeft men verschillende hoeveelheden. Op deze wijze maakt men z.g. 'groeitrappen'.

Telkens na het afweiden of afmaaien van een perceel geeft men weer een zekere hoeveelheid stikstof, vaak tot half september. In een gunstige oktobermaand kan deze laat gestrooide stikstof nog een uitstekend effect hebben.

Een regelmatige verdeling van de stikstofmeststoffen is zeer belangrijk, omdat de gewassen anders een ongelijkmatige stand gaan vertonen (zie fig. 4.8).

VRAAG

50 Waarom is een ongelijkmatige stand van het gewas nadelig voor de opbrengst en de kwaliteit van het produkt?

Fig. 4.9 Aardappelblad met fosfaatgebrek (*Plantenziektenkundige Dienst*)



4.3 Fosfaatmeststoffen

4.3.1 Fosfor als voedingselement

Het element fosfor heeft in de plant verschillende functies:

- 1 Het is als bouwstof nodig voor de vorming van bepaalde eiwitten (kern-eiwitten) en andere organische stoffen.
- 2 Het speelt een rol bij verschillende fysiologische processen in de plant, zoals de assimilatie en de ademhaling.

Daarom heeft fosforgebrek een bijzonder nadelige invloed op de opbrengst van de gewassen. Opvallend is daarbij, dat het altijd het sterkst tot uiting komt in het jonge gewas. Later herstelt dit zich min of meer en wel beter, naarmate het gewas langer de gelegenheid heeft om door te groeien. Vroege aardappelen ondervinden dan ook meer nadeel van fosfaattekort dan late rassen.

Een langjarig fosfaatproefveld op een lichte, fosfaatarme zandgrond op Texel gaf met aardappelen de volgende resultaten:

Rooidatum 25 juli

<i>Bemesting</i>	<i>Relatieve opbrengst</i>
geen super	100
400 kg super	128
800 kg super	138
1200 kg super	148

Rooidatum 30 september

<i>Bemesting</i>	<i>Relatieve opbrengst</i>
geen super	100
400 kg super	102
800 kg super	107
1200 kg super	100

Dat dit proefveld zeer fosfaatarm was, blijkt uit de sterke opbrengstvermeerdering door de superbemesting bij het vroege rooien. Toch werden op de laatste rooidatum nog maar geringe verschillen in opbrengst geconstateerd.

4.3.2 Werking van fosfaat

In verschillende opzichten is fosfaat voor de gewassen van belang:

1 Het heeft een gunstige invloed op de ontwikkeling van het wortelstelsel (zie fig. 4.10).

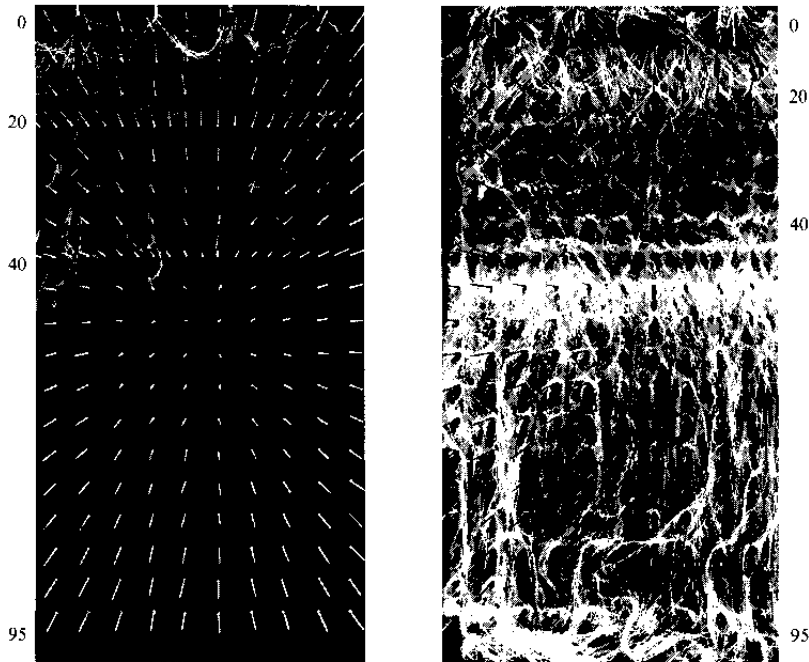
VRAAG

51. Waarom is een goed ontwikkeld wortelstelsel belangrijk?

2 Het bevordert de afrijping van het gewas. In dit opzicht werkt fosfaat dus tegengesteld aan stikstof.

3 Het geeft bij granen een sterkere uitstoeling en bovendien steviger en elastischer stro.

Fig. 4.10 Invloed van een fosfaatbemesting op een zeer fosfaatarme grond op de ontwikkeling van tarweplanten. Links: geen fosfaat; rechts: 400 kg P_2O_5 per ha tot een diepte van 40 cm. De planten waren even oud en stonden in bloei, toen de wortels werden gespoeld (*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid*)



- 4 Het is vooral van belang voor de korrelproductie. Deze wordt er meestal sterker door verhoogd dan de stro-opbrengst. Zaden zijn altijd rijker aan fosfaat dan de andere delen van de plant.
- 5 Het vergroot bij aardappelen het aantal knollen. Daardoor worden deze wat kleiner van stuk.
Fosfaat verhoogt het zetmeelgehalte en verbetert de kwaliteit van het aardappelzetmeel.
- 6 Het verhoogt het suikergehalte van bieten.
- 7 Het heeft een gunstige invloed op de kookkwaliteit van rijp geoogste landbouwerwten. Erwten afkomstig van fosfaatarme gronden worden moeilijk gaar ('spatters').
- 8 Het verbetert de hoedanigheidsgraad van de grasmat. Fosfaat bevordert namelijk de ontwikkeling van goede grassen, zoals Engels raaigras, beemdlangbloem, veld- en ruwbeemdgras en van witte klaver. Onkruiden, schijngrassen en verschillende slechte grassoorten worden bij een goede fosfaattoestand sterk teruggedrongen.
- 9 Het is van belang voor de gezondheidstoestand van het vee. Gras van fosfaatarm land heeft uiteraard een laag gehalte aan fosforzuur. Bij het vee kunnen daardoor moeilijkheden ontstaan. Deze uiten zich in afwijkingen aan de beenderen en gewrichten, vaak gepaard gaande met likzuchtverschijnselen.
Fosfaattekort kan ook leiden tot een verminderde vruchtbaarheid van de dieren.

Overmaat aan fosfaat is zelden of nooit nadelig. Mogelijk speelt dit wel een rol bij het optreden van Zn-gebrek in de fruitteelt (vorming van onoplosbaar zinkfosfaat).

4.3.3 Fosfor in de grond

In de grond komt fosfor hoofdzakelijk voor in de vorm van het zeer slecht oplosbare calciumfosfaat - $(Ca_3(PO_4)_2)$. Hieruit kan door inwerking van bodemzuren calciumdiwaterstoffosfaat - $Ca(H_2PO_4)_2$ - ontstaan, dat gemakkelijk oplosbaar is. Fosfor wordt daarom vrijwel uitsluitend als $H_2PO_4^-$ -ion opgenomen. De concentratie van deze ionen in de bodemoplossing is echter zeer gering in vergelijking met de totale hoeveelheid fosfaat in de grond. De plant kan ook bepaalde organische fosforverbindingen opnemen.

4.3.4 Fosfor in meststoffen

De gebruikelijke enkelvoudige fosfaatmeststoffen bevatten uitsluitend *calciumfosfaten*.

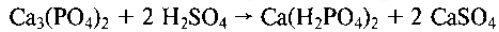
In samengestelde meststoffen komen ook ammoniumfosfaten voor.

4.3.5 Superfosfaat

De grondstof voor de bereiding van superfosfaat is ruw of natuurlijk fosfaat. Dit bevat calciumfosfaat - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

Ruw fosfaat wordt op verschillende plaatsen over de hele wereld verspreid in de bodem aangetroffen. Voor de Nederlandse superfosfaatindustrie zijn Noord-Afrika (Tunesië, Algerije en Marokko) en de Verenigde Staten (Florida) de voornaamste leveranciers.

In de superfosfaatfabrieken wordt het onoplosbare calciumfosfaat van het ruwe fosfaat met behulp van zwavelzuur omgezet in het goed oplosbare calciumdiwaterstoffosfaat. Hierbij heeft de volgende reactie plaats:



De beide eindproducten van deze scheikundige reactie (calciumdiwaterstoffosfaat en gips) vormen samen het gewone of enkel-superfosfaat.

Samenstelling en eigenschappen

De hoofdbestanddelen van enkel-superfosfaat zijn dus *calciumdiwaterstoffosfaat* en *gips*. Daarnaast is meestal wat vrij fosforzuur (H_3PO_4) aanwezig. Het gehalte bedraagt 20% P_2O_5 , oplosbaar in neutraal ammoniumcitraat (19% oplosbaar in water).

Enkel-superfosfaat bestaat voor ongeveer 50% uit gips. De aanwezigheid daarvan is echter praktisch van weinig betekenis. Op ontkalkte kleigronden kan deze stof een gunstige invloed op de structuur uitoefenen, maar dit geldt evenzeer voor het calciumdiwaterstoffosfaat.

Bijna alle super wordt gekorrelt ter verbetering van de strooibaarheid. Poeder- of stuifsuper wordt weinig meer toegepast.

Behalve enkel-superfosfaat produceert men ook *tripelsuperfosfaat*. Bij de bereiding van dit produkt wordt fosforzuur in plaats van zwavelzuur gebruikt. Het bevat daardoor geen gips. Het P_2O_5 -gehalte bedraagt meestal 46%, oplosbaar in neutraal ammoniumcitraat (45% oplosbaar in water). Het gebruik van tripelsuper is aanzienlijk groter dan dat van gewone super (zie blz. 76).

Werking en gebruik

Superfosfaten zijn snelwerkende meststoffen. Dat is een gevolg van de goede

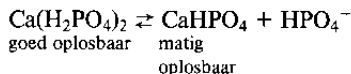
oplosbaarheid van het calciumdiwaterstoffosfaat.

In de grond blijft dit echter meestal niet oplosbaar. Het kan namelijk met verschillende bodembestanddelen reageren, waardoor het weer wordt omgezet in minder gemakkelijk oplosbare fosfaten.

Hierbij moet men onderscheid maken tussen:

- 1 gronden met een pH van 4,5 en hoger;
- 2 gronden met een pH lager dan 4,5.

Gronden met een pH van 4,5 en hoger. Deze pH is voldoende hoog voor de omzetting van het goed oplosbare calciumdiwaterstoffosfaat in het matig oplosbare calciumwaterstoffosfaat.



Op deze wijze wordt het slecht oplosbare calciumwaterstoffosfaat in uiterst fijn verdeelde toestand in de grond neergeslagen.

Door deze fijne verdeling kan het echter door koolzuur en andere zuren weer gemakkelijk worden omgezet in opneembaar calciumdiwaterstoffosfaat. Dit gebeurt vooral in de naaste omgeving van de plantewortel (rhizosfeer). Hier zijn veel van deze zuren, geproduceerd door de wortel en verschillende bacteriën, aanwezig.

Het gevormde calciumdiwaterstoffosfaat is daarom voor de plant betrekkelijk gemakkelijk toegankelijk.

In gronden met voldoende hoge pH ontstaat uit superfosfaat dus calciumwaterstoffosfaat. Tenslotte wordt zelfs het zeer slecht oplosbare calciumfosfaat gevormd. Dat super op deze gronden toch veel sneller werkt dan meststoffen die fijngemalen calciumwaterstoffosfaat of calciumfosfaat bevatten, is een gevolg van de *veel fijnere verdeling* van de eerstgenoemde fosfaten.

VRAAG

52 Welke belangrijke gevolgen heeft de omzetting van oplosbaar calciumdiwaterstoffosfaat in het veel slechter oplosbare calciumwaterstoffosfaat en calciumfosfaat?

Gronden met een pH lager dan 4,5. Hier kan super uitspoelen of gebonden worden door ijzer en aluminium.

In sommige zure gronden wordt het calciumdiwaterstoffosfaat niet omgezet in onoplosbare verbindingen. Daardoor is uitspoeling mogelijk. Dit is vooral het geval bij nieuwe dalgronden.

Super kan gebonden worden door ijzer en aluminium. De gevormde ijzer- en aluminiumfosfaten (FePO_4 en AlPO_4) zijn onoplosbaar. Ze worden niet of moeilijk weer omgezet in oplosbare fosfaten. De gewassen hebben er dus

weinig of niets aan. Men spreekt daarom van *fosfaatvastlegging of fosfaatfixatie*. Poedersuper wordt het gemakkelijkst gefixeerd. Bij korrelsUPER gaat dat minder snel. Deze lost namelijk niet direct op en reageert daardoor niet zo gauw met het ijzer en aluminium.

Organische meststoffen hebben op deze gronden vaak een gunstig effect. Dit is een gevolg van het feit dat organische fosforverbindingen niet door ijzer en aluminium worden vastgelegd.

Met rijenbemesting verkrijgt men op deze gronden meestal een beter resultaat dan met breedwerpig strooien van de meststof.

VRAAG

53 Hoe zou het komen dat op fosfaatfixerende gronden rijenbemesting beter is dan breedwerpig strooien?

TABEL 4.3 Verandering van de pH-water van de grond onder invloed van jarenlange bemesting met superfosfaat en thomasmeel op zandgrond

Proefveld op	Aantal jaren	Jaarl. P_2O_5	Humus	pH-water		
				zonder P	super	thomasmeel
		kg/ha	%			
a bouwland	5	80	5	5,8	5,9	6,1
b bouwland	10	75	6	5,0	4,95	5,2
c bouwland	7	100	6	5,0	5,0	5,35
d grasland	9	75	7	6,1	6,15	6,55

(Instituut voor Bodemvruchtbaarheid)

4.3.6 Thomasmeel

Thomasmeel wordt gewonnen als *bijproduct bij de bereiding van staal* uit ruwijzer volgens de methode die door de Engelsman S.G. Thomas is uitgevonden.

In verschillende staalbedrijven wordt het ruwe ijzer tegenwoordig op een andere manier behandeld. De Koninklijke Nederlandse Hoogovens en Staal-fabrieken te IJmuiden doen dit volgens de oxystaalmethode. Men verkrijgt hierbij echter geen bijproduct dat als meststof bruikbaar is.

Onze voornaamste thomasmeelleveranciers zijn België ($\pm 80\%$) en Luxemburg ($\pm 20\%$).

Samenstelling en eigenschappen

Thomasmeel is een bijzonder fijn, bruin-grijs tot zwart poeder met een hoog soortelijk gewicht.

De werkzame bestanddelen zijn z.g. *calciumfosfosilicaten*. Deze komen in het thomasmeel voor in de vorm van mengkristallen van calciumwaterstof-fosfaat, calciumfosfaat en calciumsilicaat.

Het fosforzuurgehalte loopt uiteen van 14-18% P_2O_5 , oplosbaar in een 2%-ige oplossing van citroenzuur.

Thomasmeel bevat verder de volgende bestanddelen:

- 1 *Kalk*. In totaal bevat thomasmeel ongeveer 40% CaO. Dit komt erin voor in verschillende basisch werkende verbindingen, zoals calciumsilicaat en ongebluste kalk. Daardoor werkt thomasmeel op den duur pH-verhogend (zie tabel 4.3).
- 2 *Kiezelzuur* (SiO_2). Dit bevordert de werking van het fosforzuur in deze meststof.
- 3 *Magnesium*. De 2 à 3% MgO is voor een deel moeilijk opneembaar. Bij regelmatig gebruik heeft thomasmeel op den duur echter toch wel een gunstige invloed op de magnesiumtoestand van de grond.
- 4 *Spoorelementen*. Thomasmeel bevat ook een groot aantal spoorelementen. Deze zijn afkomstig uit het ijzererts. De praktische waarde daarvan is evenwel betrekkelijk gering.

Belangrijk zijn verder de volgende factoren:

- 1 De *echtheid*. Het produkt moet echt thomasmeel zijn. Een vermenging met fijngemalen staalslakken van een ander procédé (b.v. van de oxystaal-methode) is niet aantrekkelijk. Dit heeft namelijk een verlaging van het gehalte aan fosforzuur oplosbaar in 2% citroenzuur tengevolge. Een vermenging met goedkoop natuurlijk fosfaat betekent echter vaak een verhoging van dit gehalte en daardoor een verhoging van de prijs. Aangezien natuurlijk fosfaat minder goed werkt dan thomasmeel, is dit voor de gebruiker nadelig.
Gelukkig is een dergelijk bedrog gemakkelijk te onderkennen. Het Rikilt in Wageningen (zie blz. 46) maakt daarvoor gebruik van de microscoop. Deeltjes ruw fosfaat zijn daarmee duidelijk van thomasmeel te onderscheiden.
- 2 De *fijnheid*. Deze bepaalt in belangrijke mate de snelheid, waarmee het fosforzuur van dit produkt voor het gewas beschikbaar komt.
Door de grote fijnheid is thomasmeel echter een sterk stuivend produkt. Deze onaangename eigenschap heeft een nadelige invloed op de toepassing.

VRAAG

54 Waarom is korrelen van thomasmeel ongewenst?

Werking en gebruik

Thomasmeel is niet oplosbaar in water. In de grond gaat het door de inwerking van zuren echter geleidelijk over in het goed oplosbare calciumdiwaterstoffosfaat. Deze meststof werkt daarom langzamer dan superfosfaat, maar toch belangrijk beter dan natuurfosfaten.

Vroegtijdig strooien, bij voorkeur in het najaar, is dan ook gewenst.

Met behulp van thomasmeel kan men de pH van de grond geleidelijk wat opvoeren (zie tabel 4.3). Thomasmeel is daarom vooral geschikt voor toepassing op gronden die te zuur zijn. Dit betekent echter niet dat regelmatig gebruik van thomasmeel een bekalking overbodig maakt. Daarvoor zijn de toegevoegde hoeveelheden kalk vaak te gering.

VRAAG

55 Kan de basische werking van thomasmeel ook wel eens nadelig zijn?

Op kalkhoudende gronden werkt thomasmeel betrekkelijk langzaam. Dat kan een bezwaar zijn als het fosfaatgehalte van de grond laag is.

De aanwezigheid van *magnesium* maakt thomasmeel extra geschikt als meststof op zure zandgronden, die vaak magnesiumbehoefstig zijn.

Op *grasland* gebruikt men soms nog graag thomasmeel, omdat men meent dat men hiermee een fijnere grasmat krijgt dan met superfosfaat.

4.3.7 Overige fosfaatmeststoffen

Gloeifosfaat 'Rhenaniafosfaat'

Gloeifosfaten ontstaan door een mengsel van natuurlijk fosfaat met andere stoffen sterk te verhitten. Bij de winning van Rhenaniafosfaat gebruikt men daarvoor soda - Na_2CO_3 - en kiezelzuur - SiO_2 . Hierdoor ontstaat calciumnatriumfosfaat - CaNaPO_4 - dat niet in water oplosbaar is, maar toch gemakkelijk ter beschikking komt van het gewas.

Dit Duitse produkt wordt ook gemengd met kalizouten in verschillende verhoudingen onder de naam Rhe-Ka-Phos in de handel gebracht (zie blz. 92).

Zacht natuurfosfaat

Dit is een fijngemalen natuurlijk of ruw fosfaat. Het hoofdbestanddeel van dit produkt is het slecht oplosbare calciumfosfaat - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Volgens de Lijst van Meststoffen moet het minstens 25% P_2O_5 , oplosbaar in mineraal zuur, bevatten.

Bovendien moet het voldoen aan zekere eisen van fijnheid.
Op sterk zure, humeuze zand- en dalgronden is ruw fosfaat te gebruiken voor onderhoudsbemesting bij een goede fosfaattoestand. Op gronden met een hoge pH is de werking echter zeer gering.

4.3.8 Toepassing van fosfaatmeststoffen

Keuze van de meststof

De keuze van de fosfaatmeststof is hoofdzakelijk afhankelijk van de pH van de grond.

De *superfosfaten* zijn de aangewezen meststoffen voor bouwland op kalkhoudende kleigronden en op zandgronden met een pH hoger dan 6,0.

Ook op grasland dient men super te gebruiken als de pH boven 5,5 ligt. *Thomasmeel* wordt het meest gestrooid op grasland. Deze meststof is daar vooral van belang als de pH lager is dan 4,8. In het optimale pH-traject kan men zowel super als thomasmeel gebruiken.

VRAAG

56 Hoe is de prijsverhouding van super en thomasmeel per kg P₂O₅ (zie blz. 204)?

In het bemestingsjaar 1978/79 werd in Nederland ruim 80.000 ton P₂O₅ gestrooid. Deze hoeveelheid was als volgt over de verschillende meststoffen verdeeld:

Superfosfaat	3,7%
Tripelsuperfosfaat	29,2%
Thomasmeel	6,6%
Samengestelde meststoffen	60,5%

Grootte van de gift

De zwaarte van de fosfaatbemesting hangt af van:

- 1 de fosfaattoestand van de grond;
- 2 het gewas;
- 3 het gebruik van het gewas.

De fosfaattoestand van de grond (zie de adviesschema's op blz. 189 en 190)

Voor *bouwland* op alle grondsoorten wordt een Pw-getal¹ van 21-30 voldoende geacht. Men kan dan volstaan met een bemesting van 40-140 kg P₂O₅ per ha, afhankelijk van het gewas.

Voor *grasland* is een voldoende P-AL² op:

¹ Pw-getal is het aantal mg P₂O₅ dat per liter luchtdroge grond oplosbaar is in water.

² P-AL is het aantal mg P₂O₅ dat per 100 g luchtdroge grond oplosbaar is in ammoniumlactaat-azijnzuur.

zeeklei, zand-, dal- en veengrond	30-39
rivierklei	25-34
lössgrond	20-29

Bij éénmaal maaien en verder weiden heeft men dan 45 kg P₂O₅ per ha nodig. Voor elke keer extra maaien strooit men 30 kg P₂O₅ meer. Bij uitsluitend weiden kan men met 25 kg P₂O₅ per ha volstaan.

Indien men jaarlijks de aangegeven bemesting toepast, verkrijgt men een optimale opbrengst en houdt men de fosfaattoestand ongeveer op peil.

Bij een *lager fosfaatcijfer* is vaak aanzienlijk meer nodig voor een goede opbrengst. Met de daarbij geadviseerde hoeveelheden wordt de fosfaattoestand van de grond geleidelijk beter.

VRAGEN

57 Waarom is het verstandig een slechte fosfaattoestand door een ruime bemesting geleidelijk te verbeteren?

58 Van welke gronden kan men de fosfaattoestand niet of nauwelijks verbeteren?

59 Door welke omstandigheden wordt het tempo bepaald waarmee het fosfaatcijfer stijgt?

Bij een *hoog fosfaatcijfer* wordt geadviseerd weinig of geen fosfaat te strooien. Daardoor zal het fosfaatiniveau in de loop der jaren gaan dalen. Men gaat ervan uit, dat men een *gepast* gebruik mag maken van de bodemvoorraad, die soms zeer groot kan zijn.

Het gewas

Men kan de gewassen naar hun fosfaatbehoefte indelen in de volgende groepen (zie ook blz. 190):

aardappelen, mais, uien – sterk fosfaatbehoefstig;

bieten, vlas, vlinderbloemigen – matig fosfaatbehoefstig;

granen, koolzaad en blauwmaanzaad – weinig fosfaatbehoefstig.

De grote fosfaatbehoefte van aardappelen is vooral een gevolg van het geringe opnemingsvermogen van dit gewas.

Het gebruik van het gewas

Dit speelt een belangrijke rol bij grasland (zie blz. 191).

Bij de vaststelling van de benodigde hoeveelheid fosfaatmeststof moet men rekening houden met de hoeveelheid fosforzuur die in de vorm van stalmest is gegeven. Doet men dat niet, dan maakt men de fosfaatgift onnodig zwaar. Op de akkerbouwbedrijven geeft men fosfaat vaak alleen aan de rooivuchten, dus aan aardappelen en bieten. Een volgend graangewas heeft dan geen fosfaat nodig mits men de rooivucht zoveel extra heeft gegeven als het

graan nodig heeft. Men kan dit echter beter niet doen als de grond erg fosfaatarm is.

Tijd en wijze van strooien

Op *bouwland* kan het strooien van de fosfaatmeststoffen in het voorjaar leiden tot *structuurbederfen* een *minder goed effect* van de bemesting. Fosfaat is in de meeste gronden namelijk weinig beweeglijk. Daardoor zal de werking bij een oppervlakkige toediening te wensen overlaten.

In water oplosbare fosfaten kan men het beste 3 à 4 weken vóór het zaaien of poten strooien. Bij het klaarmaken van het zaaibed worden deze dan licht ingewerkt. Dit komt de beschikbaarheid van het fosfaat ten goede.

Bij fosfaatbehoefte gewassen, zoals mais en bonen, verkrijgt men met *rijenbemesting* vaak betere resultaten dan met breedwerpige strooien (zie fig. 4.11). Dat is met name het geval bij een slechte fosfaattoestand van de grond. Men brengt de meststof daarbij 2 à 3 cm onder en 5 cm naast de zaa rij. Deze methode heeft bovendien het voordeel dat men 30-50% minder fosfaat nodig heeft dan het bemestingsadvies aangeeft.

Fig. 4.11 Het effect van rijenbemesting met fosfaat bij bonen; links wel, rechts geen rijenbemesting (*Instituut voor Bodemyruchtbaarheid*).



VRAAG

60 Wat zou de oorzaak zijn van het feit dat de opneembaarheid van het fosfaat bij rijenbemesting minder snel achteruit gaat dan bij breedwerpig strooien?

Bij toediening in het najaar constateert men soms een mindere werking van de meststof, vooral op kalkrijke gronden. Dat kan een gevolg zijn van te diep wegploegen. Ook is het mogelijk dat de menging van het fosfaat door een groter volume grond en het langduriger contact met de bodemdeeltjes een ongunstige invloed hebben op de opneembaarheid.

VRAGEN

61 Welke voordelen heeft het strooien van fosfaatmeststoffen in het najaar?

62 Op welke gronden is een herfstbemesting met fosfaat beslist ongewenst en waarom?

Op *grasland* worden de fosfaatmeststoffen in hoofdzaak in januari en februari gestrooid. Een vroegere toediening is daar echter in vele gevallen zeker mogelijk.

4.4 Kalimeststoffen

4.4.1 Kalium als voedingselement

Kalium is geen bestanddeel van de organische stoffen waaruit de plant is samengesteld. Het komt in het celvocht uitsluitend voor in de vorm van K^+ -ionen. Deze vervullen echter een onmisbare functie bij de stofwisselingsprocessen in de plant. Daardoor heeft kalium een gunstige invloed op de opbrengst en de kwaliteit van de gewassen.

Het effect van kalium blijkt zeer veelzijdig te zijn:

- 1 Het bevordert de produktie van koolhydraten. Voor gewassen die rijk zijn aan deze bestanddelen (b.v. aardappelen en bieten) is een ruime kali-voorziening daarom beslist noodzakelijk.
- 2 Het speelt een rol bij het vervoer van koolhydraten door de plant. Gebrek aan dit element kan daarom leiden tot ophoping van door assimilatie gevormde suiker in het blad.
- 3 Het vermindert de gevoeligheid van de gewassen voor droogte. Kalium bevordert namelijk de vochtopname door de wortels en gaat de afgifte van water door het blad tegen.
- 4 Het vermindert de gevoeligheid van het gewas voor vorst en nachtvorst.

VRAAG

63 Waarom is kalium wel van invloed op de vorstgevoeligheid van de gewassen en stikstof en fosfor niet?

- 5 Het kan de schade door sommige ziekten enigszins beperken. Dat is vooral het geval bij roest en meeldauw. Kaliumgebrek in aardappelen maakt het gewas vatbaarder voor Phytophthora.
- 6 Het vergroot de stevigheid van het stro bij granen en vlas. Deze gaan daardoor wat minder gemakkelijk legeren.
- 7 Het verbetert verschillende kwalitatieve eigenschappen (smaak, kleur, geur, houdbaarheid, e.d.) van diverse produkten. Een ruime kalivoorziening draagt bovendien in sterke mate bij tot het voorkomen van het optreden van 'stootblauw' bij aardappelen.
- 8 Het heeft een gunstige invloed op de kwaliteit van het grasbestand. Vooral Engels raigras en witte klaver vragen een goede kalivoorziening. Op kaliumarm land blijkt de witte klaver snel te verdwijnen.

4.4.2 Nadelen van te veel kalium

Een overmatige voorziening van het gewas van kalium is oneconomisch, omdat daarmee geen verdere verhoging van de opbrengst wordt verkregen. Zelfs is het mogelijk dat er opbrengstvermindering optreedt. Bovendien neemt het gewas dan meer kalium op dan voor een maximale opbrengst nodig is (lux-consumptie). Dit kan de volgende nadelen opleveren:

- 1 Daling van het droge-stofgehalte van het produkt. Het sterkst spreekt dit bij fabriksaardappelen. De uitbetalingsprijs van dit produkt is namelijk in belangrijke mate afhankelijk van het droge-stof (zetmeel-)gehalte.

VRAAG

64 Hoe is de daling van het droge-stofgehalte door een sterke opname van K^+ -ionen te verklaren?

- 2 Vermindering van de opbrengst aan witsuiker bij de verwerking van suikerbieten in de fabriek. Naarmate de concentratie aan K^+ - en Na^+ -ionen (en ook aan stikstofverbindingen) in het bietensap hoger is, blijft er meer suiker in de melasse achter.
- 3 Vermindering van de opname van andere kationen. Dit is vooral van belang voor het magnesiumgehalte van voedergewassen. Overmaat aan kalium verlaagt dat gehalte en kan daardoor nadelig zijn voor de gezondheid van het vee (kopziekte).



Fig. 4.12 Kaliumgebrek in aardappel; rechts gezond blad (*Plantenziektenkundige Dienst*)

Op magnesiumarme grond kan een zware kaligift ook leiden tot sterker magnesiumgebrek in het gewas.

4 Bevordering van het optreden van boriumgebrek. Bij zware kaligiften constateert men soms meer hartrot in bieten.

4.4.3 Kalium in de grond

In de grond komt kalium voor in verschillende vormen, waarvan de beschikbaarheid voor het gewas sterk uiteenloopt.

De K^+ -ionen in het bodemvocht en de geadsorbeerde K^+ -ionen zijn direct opneembaar. Daarnaast bevat de grond echter een zekere minerale reserve in de vorm van diverse silicaten, waaruit door vertering kalium vrij kan komen. Deze minerale reserve aan kalium is vooral van betekenis bij jonge zeekleigronden. Naarmate deze zwaarder zijn, komt er meer kalium door vertering voor de gewassen beschikbaar.

VRAAG

65 Hoe is het te verklaren, dat er meer kalium door vertering van de minerale reserve beschikbaar komt naarmate de grond zwaarder is?

Rivierkleigronden zijn vaak kaliumarm. Ze bezitten bovendien in meer of mindere mate het vermogen om kalium in onopneembare vorm vast te leggen. Deze *kalifixatie* kan soms zeer sterk zijn.

De minerale reserve van zand- en dalgronden heeft gewoonlijk weinig te betekenen.

4.4.4 Kalium in meststoffen

In de natuur wordt kalium in hoofdzaak in de vorm van *kaliumchloride* (KCl) aangetroffen.

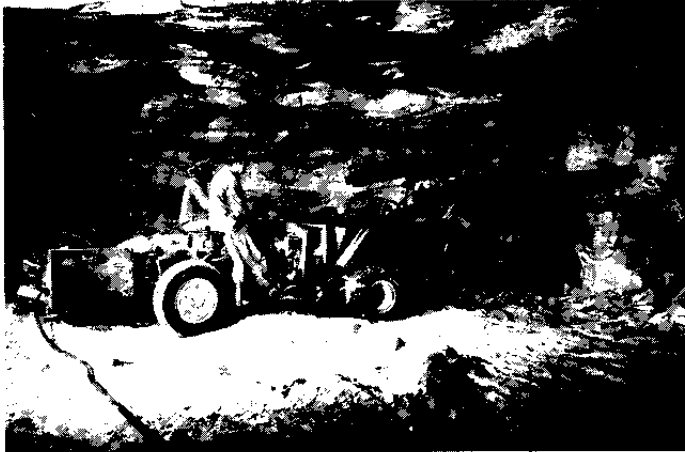
In verschillende delen van de wereld komen op meer of minder grote diepte in de aardkorst ophopingen van dit zout voor. Deze kalilagen maken deel uit van zoutafzettingen die miljoenen jaren geleden zijn gevormd.

Aangezien het kalizout vaak op zeer grote diepte zit, is de aanleg van mijnen noodzakelijk (zie fig. 4.13). Men vindt kalimijnen vooral in Midden-Duitsland en Oost-Frankrijk (Elzas).

Het ruwe produkt van deze mijnen kan door betrekkelijk grof malen voor bemesting bruikbaar worden gemaakt. Men spreekt dan van *ruwe kalizouten*. De ruwe kalizouten bevatten een zeer groot percentage (60-80%) verontreinigingen. Deze bestaan in hoofdzaak uit keukenzout (NaCl).

Op verschillende manieren kan men KCl en NaCl van elkaar scheiden. Het laatste is meestal een waardeloos afvalprodukt. In de Elzas loost men dit in de Rijn. Hiertegen wordt de laatste jaren door de Rijnsoeverstaten, met name door Nederland, fel geprotesteerd.

Fig. 4.13 Kalimijn: het boren van gaten voor het aanbrengen van springladingen (*Ned. Kali Import Maatschappij*)



Het eindprodukt van de zuivering van de ruwe kalizouten bestaat hoofdzakelijk uit KCl en heeft een gehalte van ruim 60% K_2O . Het komt in de handel onder de naam *kalizout 60* (k-60).

Een gedeelte daarvan wordt weer vermengd met ruw kalizout tot een produkt met 40% K_2O , het *kalizout 40* (k-40). Dit rekent men met k-60 tot de *gezuiverde kalimestoffen*.

Aangezien sommige gewassen Cl^- -ionen slecht verdragen, wordt een deel van het KCl chemisch omgezet in kaliumsulfaat (K_2SO_4). Daardoor ontstaan de meststoffen *patenkali* en *kaliumsulfaat* (*chloorarme kalimestoffen*).

4.4.5 Chloorhoudende kalimestoffen

Ruwe kalizouten

Hiertoe behoren ruw kalizout Nakamag¹ en ruw kalinatriumzout¹.

Nakamag is een produkt dat in de plaats is gekomen van het vroegere kainiet. Het wordt geïmporteerd uit Duitsland. Deze gekorrelde meststof bevat kaliumchloride, natriumchloride en magnesiumsulfaat. De gegarandeerde gehalten bedragen: 10% K_2O , 20% Na_2O en 5% MgO .

Ruw kalinatriumzout is afkomstig uit de Franse kalimijnen. Het bevat alleen kaliumchloride en natriumchloride. De gegarandeerde gehalten bedragen: 15% K_2O en 10% Na_2O . Deze grofgemalen meststof is meestal gemakkelijk herkenbaar door het voorkomen van rode korrels. Dit produkt wordt overigens zeer weinig gebruikt.

Nakamag is vooral van belang voor de pleistocene zandgronden. Deze zijn namelijk vaak arm aan natrium en magnesium. Het is een zeer goede meststof voor *grasland* en voor *bieten*.

Natrium en magnesium zijn wel niet van invloed op de groei van het gras, maar hebben een bijzondere betekenis voor de gezondheid van het vee.

Voor bieten is natrium een noodzakelijk voedingselement. Vooral op kaliumarme gronden werkt het duidelijk opbrengstverhogend (zie fig. 4.22). Vandaar dat men voor suikerbieten op pleistocene zandgronden naast de benodigde hoeveelheid kalium ook nog 200 kg Na_2O per ha adviseert (zie blz. 192). Dit natrium kan men uiteraard geven in de vorm van ruw kalizout.

¹ De aanduidingen 'ruw kalizout' en 'ruw kalinatriumzout' zijn officieel voorgeschreven ingevolge de Meststoffenbeschikking 1977 (zie blz. 46). Het vroegere kalizout 20 is niet meer in de handel. Nakamag is een merknaam.

Gezuiverde kalimestoffen

Men verkrijgt gezuiverde kalimestoffen door zuivering van ruwe mijnzouten. Bij dit proces neemt het percentage *kaliunchloride* toe en wordt het gehalte aan natriumchloride en andere verontreinigingen geringer.

Kalizout 60¹ (k-60) is vrijwel zuiver kaliunchloride.

Kalizout 40¹ (k-40) wordt verkregen door menging van gezuiverde met natuurlijke zouten in een zodanige verhouding, dat het eindprodukt ongeveer 40% kali bevat.

Beide produkten worden tegenwoordig in korrelvorm geleverd.

Alle ruwe en gezuiverde kalimestoffen bestaan geheel of grotendeels uit chloriden. Ze zijn dus *chloorhoudend*.

Het *chloorgehalte* van deze meststoffen loopt weinig uiteen. Gemiddeld bevatten ze 40-50% chloor.

De aanwezigheid van chloor kan nadelig zijn voor *chloorgevoelige gewassen*. Hiertoe behoren aardappelen, veld- en stambonen, erwten, vlas, wortelen en gele lupine.

Ongevoelig voor chloor zijn: granen en de meeste grassen.

TABEL 4.4 Daling van de knolopbrengst en het onderwatergewicht van aardappelen door chloor, bij toepassing van kalizout 60 in het voorjaar.

Kali- zout 60	Chloor	Daling van de knolopbrengst		Daling van het onderwatergewicht	
		zand	klei	zand	klei
kg	kg	ton/ha	ton/ha	gram	gram
260	125	1,0	0,4	24	13
520	250	1,6	0,8	31	21
780	375	2,1	1,1	37	27

(Instituut voor Bodemvruchtbaarheid)

Chloorschade bij aardappelen uit zich in een lichte kleur van het gewas, die gewoonlijk in vlammen over het veld optreedt. De blaadjes buigen langs de bladranden om, zodat zij de vorm van een schuitje aannemen (zie fig. 4.14).

De gevolgen van de opname van te veel chloor zijn de volgende:

1 Opbrengstdaling (zie tabel 4.4). Dit is vooral een gevolg van te vroeg afsterven van het gewas.

¹ Volgens de Meststoffenbeschikking 1977 moeten deze produkten officieel 'kaliunchloride' worden genoemd. Kalizout 40 en kalizout 60 zijn nu in feite merknamen.



Fig. 4.14 Aardappelplant met verschijnselen van chloorschade (*Plantenziektenkundige Dienst*)

- 2 Vermindering van het droge-stofgehalte (zie tabel 4.4). Dit is bijzonder nadelig voor fabrieksaardappelen, omdat die naar droge-stofgehalte (onderwatergewicht) worden uitbetaald. Voor consumptieaardappelen betekent dit echter dat de gevoeligheid voor blauw afneemt.
- 3 Een iets afwijkend looftype. Dit kan de selectie van een gewas pootaardappelen bemoeilijken.
- 4 Vermindering van smaak.

Het optreden van chloorschade is afhankelijk van twee factoren:

- 1 De weersomstandigheden. Men kan chloorschade vooral verwachten in droge perioden.
- 2 De aard van de grond. De verschijnselen komen het meest voor op lichte, vrij zure gronden.

Op klei- en zavelgronden bespeurt men gewoonlijk weinig van chloorschade. De opbrengstvermindering en de verlaging van het droge-stofgehalte zijn op de klei ook minder dan op het zand (zie tabel 4.4). Op lichte klei- en zavelgronden is er meer kans op schade door opname van te veel chloor dan op zwaardere gronden.

Wenst men toch een chloorhoudend produkt te gebruiken, dan kan men de kans op schade verkleinen door:

- 1 een hoogprocentige kalimeststof te strooien; dus liever k-60 dan k-40;
- 2 vroeg te strooien. Vooral als men een vrij grote hoeveelheid nodig heeft, is toediening in het najaar gewenst.

VRAAG

66 Waarom is er minder kans op chloorschade met een hoogprocentige kalimeststof en bij vroeg strooien?

4.4.6 Chloorarme kalimeststoffen

Patentkali

Deze meststof bevat kaliumsulfaat- K_2SO_4 - en magnesiumsulfaat- $MgSO_4$. Het kali-gehalte bedraagt 30%. Bovendien bevat patentkali 10% MgO. Het gehalte aan chloor mag niet hoger zijn dan 3%.

Patentkali is een betrekkelijk dure meststof. Daarom komt deze vrijwel uitsluitend in aanmerking voor *chloorgevoelige gewassen*, die nog betrekkelijk laat met kali moeten worden bemest. In de landbouw wordt patentkali dan ook hoofdzakelijk voor aardappelen gebruikt.

Dit produkt is eveneens van betekenis als kalimeststof voor *magnesiumarme gronden*.

TABEL 4.5 Samenstelling van de kalimeststoffen

<i>Ruwe kalizouten</i>	<i>Weinig K_2O</i>	<i>Veel Cl</i>	<i>Veel Na_2O</i>
1 Nakamag	10%	35%	20%
2 Ruw kalinatriumzout	15%	48%	10%
<i>Gezuiverde kalimeststoffen</i>	<i>Veel K_2O</i>	<i>Veel Cl</i>	<i>Weinig Na_2O</i>
1 Kalizout 40	40%	48%	10%
2 Kalizout 60	60%	48%	—
<i>Chloorarme kalimeststoffen</i>	<i>Matig tot veel K_2O</i>	<i>Zeer weinig Cl</i>	<i>Zeer weinig Na_2O</i>
1 Patentkali	30%	< 3%	—
2 Kaliumsulfaat	50%	< 3%	—

Kaliumsulfaat¹

Deze meststof werd vroeger zwavelzure kali genoemd.

Het hoofdbestanddeel is kaliumsulfaat- K_2SO_4 .

Het kaligehalte bedraagt 50%. Het chloorgehalte mag ten hoogste 3% zijn.

De prijs van kaliumsulfaat is vrij hoog. Men gebruikt deze meststof daarom hoofdzakelijk in de *tuinbouw*.

4.4.7 Toepassing van kalimeststoffen

Keuze van de meststof

Hierbij gaat het vooral om een keuze tussen de chloorarme en de chloorhoudende produkten. Die keuze zal afhangen van het gewas, de grond en de tijd van aanwending.

In hoofdzaak strooit men in de praktijk k-40 en k-60. De ruwe kalizouten vinden nog enige toepassing in de zandgebieden.

Van de ruim 106.000 ton K_2O , die in het bemestingsjaar 1978/'79 in ons land werd gestrooid, bedroeg het aandeel van

Kalizout 40	16,2%
Kalizout 60	27,7%
Ruw kalinatriumzout	0,1%
Nakamag	0,4%
Patentkali	12,5%
Kaliumsulfaat	0,7%
Samengestelde meststoffen	42,4%

VRAAG

67 Welke kalimeststof is per kg K_2O het duurst en welke het goedkoopst? (zie tabel H, blz. 205)

Grootte van de gift

De zwaarte van de kalibemesting hangt af van:

- 1 de kalitoestand van de grond;
- 2 het gewas;
- 3 het gebruik van het gewas.

¹ Volgens de Meststoffenbeschikking 1977 is kaliumsulfaat de officiële benaming. Zwavelzure kali wordt als merknaam nog wel gebruikt.

De kalitoestand van de grond (zie de adviesschema's op blz. 193 e.v.)

Voor *bouwland* zijn de volgende kaligetallen¹ voldoende:

op zand- en dalgrond 10-12

op zee- en rivierklei 13-15

Bij de genoemde kaligetallen adviseert het Bedrijfslaboratorium voor zand- en dalgronden 120-300 kg K₂O en voor kleigronden 50-280 kg K₂O, afhankelijk van het te verbouwen gewas.

Het advies voor zandgrond is slechts geldig voor 1 of 2 jaar, omdat het K-getal daarvan betrekkelijk snel kan veranderen. Daarna kan men het beste de hoeveelheid kali geven die geadviseerd wordt voor de klasse 'voldoende'.

Op kalifixerende gronden² wordt aan aardappelen een toeslag gegeven van 150 kg K₂O.

Voor *grasland* geldt als een voldoende kaligetel:

op zand- en dalgrond 16-25

op klei-, veen- en lössgrond 13-20

De hoeveelheid kali die men dan dient te strooien, hangt af van het gebruik van het grasland (zie blz. 89).

Bij lagere kaligetallen zijn grotere hoeveelheden nodig om een optimale opbrengst te verkrijgen. Deze hoeveelheden zijn meestal wel zodanig, dat men daarmee ook de kalitoestand van de grond geleidelijk verbetert.

VRAAG

68 Waarvan hangt het tempo waarmee het kaligetel kan worden opgevoerd, af?

Zijn de kaligetallen hoger, dan kan men met minder kali volstaan of de kalibemesting zelfs geheel achterwege laten.

Het gewas

Bij de vaststelling van de kalibemesting moet men rekening houden met:
a de kalibehoeft van het gewas;

b het opnemingsvermogen van het gewas voor kalium.

Op grond daarvan is men voor de advisering van de bemesting op basis van

¹ Het Bedrijfslaboratorium bepaalt het kaligehalte (K-HCl) van de grond met 0,1 n HCl (+ 0,4 n oxaalzuur). Het wordt uitgedrukt in mg K₂O per 100 g luchtdroge grond. Met behulp van bepaalde formules wordt dit gehalte omgerekend tot het K-getal. Het voordeel daarvan is, dat men bij de waardering van het K-getal geen rekening behoeft te houden met bijkomstige factoren als de zwaarte, het humusgehalte en de pH van de grond. Dat zou bij de beoordeling van de kalitoestand op grond van K-HCl wel nodig zijn.

² Als kalifixerend beschouwt men een grond met een K-HCl < 15 en een percentage afslibbaar > 60.

grondonderzoek gekomen tot een indeling van de gewassen in 4 of 5 groepen (zie blz. 192 en 193).

Het verschil in opnemingsvermogen van het gewas voor kalium is vooral van belang bij kleigronden. Deze hebben namelijk vaak een voorraad kalium die minder gemakkelijk opneembaar is. Bieten kunnen daar beter van profiteren dan aardappelen. Ze kunnen dus met een geringere bemesting volstaan (zie blz. 193).

In zandgronden is vrijwel alle kalium in gemakkelijk opneembare vorm aanwezig. Ook de aardappelen met hun geringe opnemingsvermogen hebben daar geen moeite mee. Met de verschillen in opnemingsvermogen van de gewassen hoeft men dan ook geen rekening te houden. De zwaarte van de kaligift op zandgrond wordt dus, behalve door het K-getal, bepaald door de behoefte van het gewas.

Het gebruik van het gewas

Hiermee moet men rekening houden bij de bemesting van grasland. Uitsluitend beweiden geeft slechts een geringe kali-onttrekking en vraagt dus weinig bemesting. De bemesting dient zwaarder te zijn naarmate men vaker maait. Bij een voldoende kalitoestand adviseert men daarom:

bij alléén weiden	20- 60 ¹ kg K ₂ O per ha
bij éénmaal maaien en verder weiden	100-140 ¹ kg K ₂ O per ha
voor elke keer extra maaien	60- 80 ¹ kg K ₂ O per ha

Bij de vaststelling van de benodigde hoeveelheid kalimeststoffen moet men rekening houden met de hoeveelheid kali die in de vorm van dierlijke mest of zuiveringsslib wordt verstrekt. Doet men dat niet, dan zal het gewas mogelijk te veel kalium krijgen (zie blz. 80).

Op de akkerbouwbedrijven vindt *bouwplanbemesting* steeds meer ingang. Men geeft dan de kalium voor alle gewassen die in het bouwplan voorkomen aan de aardappelen. Voor consumptie-aardappelen adviseert het Bedrijfslaboratorium bovendien nog een toeslag (zie advieschema 2, blz. 193) om stootblauw zoveel mogelijk te voorkomen.

Op kaliferende rivierkleigronden kan deze bouwplanbemesting niet volledig worden toegepast. Daar moeten soms ook de andere gewassen met kalium worden bemest. Wel adviseert men voor aardappelen een toeslag van 150 kg K₂O per ha ter voorkoming van blauw.

¹ De grootste hoeveelheden gelden voor zandgronden.

Tijd en wijze van strooien

Men kan kalimeststoffen zowel in het voorjaar als in het najaar toedienen. Welke periode de voorkeur verdient, is afhankelijk van de volgende factoren:

1 *De aard van de meststof en het gewas.* De chloorhoudende produkten moet men voor chloorgevoelige gewassen in het najaar of vroeg in het voorjaar strooien.

Chloorarme meststoffen kan men altijd in het voorjaar strooien.

2 *De toe te dienen hoeveelheid meststof.* Moet men een grote hoeveelheid strooien, zoals het geval is bij het toepassen van bouwplanbemesting, dan dient dit in het najaar te gebeuren om zoutschade in het voorjaar te voorkomen.

3 *De aard van de grond.* Op humusarme zandgronden en fixerende rivierkleigronden moet men de kali in het voorjaar toedienen.

4 *Het gebruik van het gewas.* Op graslandpercelen die beweid zullen worden, dient men de kali vroeg te strooien. Strooit men de kali betrekkelijk kort voordat de koeien in het land komen, dan vergroot men de kans op kopziekte. Men kan de kali ook na het afweiden geven.

Op grasland is een kaligift alleen in het voorjaar meestal voldoende, tenzij men een keer extra wil maaien of zomerstalvoeding gaat toepassen. Dan is een aanvullende kaligift noodzakelijk.

Op kaliumarme gronden kan het zin hebben ook eind augustus/begin september wat kali te strooien om de herfstgroei te verbeteren.

Als in het gewas kaliumgebrek voorkomt, kan tot half juli nog een aanvullende kalibemesting worden gegeven van 50-150 kg K_2O per ha. Men kan het gewas ook bespuiten met een oplossing van een kalimeststof. Men gebruikt daarvoor oplossingen van maximaal 10% zwavelzure kali of 4% k-60. Wil men op deze wijze voldoende kali geven, dan dient een dergelijke bespuiting meestal enkele keren te worden herhaald.

4.5 Samengestelde meststoffen

De kunstmestindustrie houdt zich al jarenlang bezig met het samenstellen van mengsels van meststoffen. Deze moeten volgens de Meststoffenbeschikking 1977 'samengestelde meststoffen' worden genoemd. Voor produkten die twee of drie van de hoofdvoedingselementen stikstof, fosfor en kalium bevatten, geldt nu de benaming NPK-, NP-, NK- of PK-meststof.

Aan deze meststoffen mogen geen andere zouten dan N-, P- en K-verbindingen zijn toegevoegd. Ook mogen ze geen kalkmeststoffen en organische stoffen van plantaardige of dierlijke oorsprong bevatten. Is dat wel zo, dan vallen ze onder een aparte categorie van samengestelde meststoffen. Voor deze groep gelden wat minder hoge eisen ten aanzien van de gehalten.

De type-aanduiding NPK-, NP-, NK- of PK-meststof moet gevolgd worden door een combinatie van twee of drie onderling van elkaar gescheiden getallen. Hiermee worden de gehalten aan stikstof, fosforzuur en kali aangegeven in dezelfde volgorde als in de type-aanduiding. Op deze wijze krijgt men dus aanduidingen als NPK-meststof 17 + 17 + 17, NPK-meststof 12 + 10 + 18, NP-meststof 26 + 14 + 0, PK-meststof 0 + 15 + 30, enz.¹

Verder moet de leverancier van deze meststoffen de volgende gegevens vermelden:

- 1 De vorm waarin de stikstof aanwezig is. De toegelaten vormen zijn: ammoniumstikstof, nitraatstikstof, ureumstikstof en cyaanamidestikstof.
- 2 De oplosbaarheid van het fosforzuur in water, in neutraal ammoniumcitraat of in een ander oplosmiddel.

De meststof mag chloorarm worden genoemd, als deze niet meer dan 2% chloor bevat.

Voor de *bereiding* van samengestelde meststoffen kan men van de volgende grondstoffen uitgaan:

- 1 Enkelvoudige meststoffen. Meestal gebruikt men hiervoor produkten met een hoog gehalte, zoals ammoniumnitraat, tripelsuperfosfaat, kaliumsulfaat en kalizout 60%.
- 2 Produkten die zelf al samengesteld zijn. Hiertoe behoren de ammoniumfosfaten en kalisalpeter.
- 3 Grondstoffen die men met elkaar laat reageren. Bij dit procédé maakt men dus niet eerst enkelvoudige meststoffen om ze later te mengen. Op deze wijze verkregen produkten noemt men ook wel 'complexe meststoffen'.

Het eindprodukt wordt gekorrelt of geprield om:

- 1 ontmenging tijdens het transport te voorkomen;
- 2 de strooibaarheid te verbeteren.

¹ Hoewel dit niet meer verplicht is, geven fabrikanten en handelaren de ontbrekende voedingsstof in de gehalte-aanduiding vaak nog aan met een 0.

Bovendien worden de korrels meestal voorzien van een beschermend laagje ('coating') om aan elkaar kitten te voorkomen.

4.5.1 NP-meststoffen

NP-meststof 20 + 20 + 0 (fosfaatammonsalpeter)

Men fabriceert deze meststof door ruwe fosfaten met salpeterzuur te behandelen en daarna ammoniak toe te voegen.

Het eindprodukt bestaat voor $\pm 60\%$ uit *ammoniumnitraat* en voor $\pm 40\%$ uit *calciumdiwaterstoffosfaat* en *ammoniumfosfaten*.

Fosfaatammonsalpeter is een licht- tot donkergrijs, gepild produkt. Het bevat 20% N (waarvan 45% in nitraat- en 55% in ammoniakvorm) en 20% P_2O_5 (waarvan de helft oplosbaar is in water).

Het fosforzuur in de vorm van calciumdiwaterstoffosfaat werkt traag, vooral op kalkhoudende gronden.

Ammoniumfosfaten zijn goed in water oplosbaar en werken dus snel.

NP-meststoffen

20 + 34 + 0 11 + 52 + 0

23 + 23 + 0 12 + 55 + 0

26 + 14 + 0 17 + 50 + 0

Deze produkten bestaan uit ammoniumfosfaten of mengsels van ammoniumfosfaten en ammoniumnitraat. In het laatste geval bevatten ze de stikstof voor 40-45% in de vorm van nitraat-N, en voor 55-60% in de vorm van ammoniak-N. Het fosforzuur is voor 90% oplosbaar in water.

Tegenwoordig zijn er ook oplossingen van Urean (zie blz. 57) en fosfaten in de handel en wel in de volgende samenstellingen: 26 + 26 + 0, 30 + 15 + 0 en 30 + 20 + 0.

VRAAG

69 Wanneer kan men NP-meststoffen goed gebruiken?

4.5.2 PK-meststoffen

Tot de PK-meststoffen behoren de produkten 0 + 25 + 25, 0 + 15 + 30, 0 + 15 + 25, Rhe-Ka-Phos en thomasmeel-kali.

De Rhe-Ka-Phos-soorten zijn mengsels van het gloeifosfaat Rhenaniafosfaat

en kalizout van de volgende samenstellingen: 0 + 10 + 32, 0 + 14 + 24, en 0 + 15 + 15 (met 4% MgO).

Thomasmeel-kali is een mengsel van thomasmeel en kalizout in verschillende verhoudingen. Het komt voor in de samenstellingen 0 + 10 + 20, 0 + 10 + 10, 0 + 12 + 18 en 0 + 12 + 6.

Al deze produkten zijn chloorhoudend.

VRAAG

70 Voor welke gewassen kan men PK-meststoffen strooien?

4.5.3 NPK-meststoffen

De groep NPK-meststoffen omvat:

- 1 NPK-meststoffen van de Unie van Kunstmestfabrieken (U.K.F.) met als merknamen: U.K.F., A.S.F. korrels en Stamifert;
- 2 Deltakorrel van Windmill Holland B.V. te Vlaardingen;
- 3 Kornix-meststoffen van N.V. Zuid-Chemie te Sas van Gent.

De variatie in samenstelling van deze produkten is nog vrij groot. Men streeft echter steeds meer naar beperking. Zo is het aantal NPK-meststoffen, dat enkele jaren geleden nog ruim 50 bedroeg, voor het bemestingsseizoen 1980/'81 teruggebracht tot ± 12 . Daarnaast is nog een aantal NP- en PK-meststoffen beschikbaar (zie tabel I, blz. 207).

Om de bemesting te kunnen aanpassen aan de eisen van grond en gewas is het natuurlijk van belang, dat men kan beschikken over een ruim sortiment NPK-meststoffen.¹ Voor de fabrikant en de handelaar, maar ook voor de boer schept dit echter problemen. Daarom is beperking gewenst.

Voor de tuinbouw zijn mengsels van meststoffen (Kristalon, Nutrifol en Deltaspray) ontwikkeld, die in oplossing over het gewas worden gespreid. Men spreekt dan van *bladvoeding*. Ze worden ook gebruikt voor z.g. *druppelbevloeïing*. De opname heeft dan via de wortels plaats.

4.5.4 Toepassing van NPK-meststoffen

De NPK-meststoffen worden in hoofdzaak toegepast op bouwland. Op grasland gebruikt men overwegend enkelvoudige meststoffen.

¹ Als hier verder sprake is van NPK-meststoffen, worden daarmee meestal ook de NP- en PK-meststoffen bedoeld.

VRAAG

71 Waarom is het gebruik van NPK-meststoffen op grasland van weinig betekenis?

Vooral voor fosfaat en kali heeft in de loop der jaren een belangrijke verschuiving plaatsgevonden van de enkelvoudige produkten naar de NPK-meststoffen. Bij de stikstof is het aandeel van de enkelvoudige produkten echter vrijwel constant gebleven. Een en ander blijkt duidelijk uit tabel 4.6.

TABEL 4.6. Aandeel van NPK-meststoffen in het totale verbruik van N, P₂O₅ en K₂O

Jaar	N in NPK-mest	P ₂ O ₅ in NPK-mest	K ₂ O in NPK-mest
	% van totaal N	% van totaal P ₂ O ₅	% van totaal K ₂ O
1958/'59	14,2	26,2	8,0
1959/'60	14,5	27,3	13,1
1960/'61	15,9	32,4	19,6
1961/'62	18,5	47,3	28,5
1962/'63	17,6	51,4	35,6
1963/'64	18,7	44,8	32,2
1964/'65	16,3	40,6	29,0
1965/'66	16,8	42,4	32,2
1966/'67	16,4	51,1	37,0
1967/'68	16,7	49,7	35,3
1968/'69	17,8	53,9	38,3
1978/'79	14,2	60,5	42,4

Voordelen van NPK-meststoffen

Het gebruik van NPK-meststoffen leidt tot een aanzienlijke *arbeidsbesparing* doordat men:

- 1 een minder grote hoeveelheid kunstmest heeft te verwerken;
- 2 de benodigde voedingsstoffen in één arbeidsgang kan strooien.

Vergeleken met het strooien van enkelvoudige meststoffen levert het strooien van NPK-meststoffen een arbeidsbesparing op van 50-60%. Dit houdt in, dat men in een bepaalde tijd met NPK-meststoffen dus een tweemaal zo grote oppervlakte kan bemesten.

Hoe zwaar dit voordeel weegt, hangt uiteraard af van de omstandigheden in het bedrijf.

VRAAG

72 Betekent de arbeidsbesparing die men met NPK-meststoffen bereikt, ook een belangrijke kostenbesparing?

Bij het gebruik van NPK-meststoffen treedt ook *minder structuurbederf* op doordat het land minder wordt bereiden.

Bezwaren van NPK-meststoffen

De voornaamste bezwaren van NPK-meststoffen zijn de volgende:

- 1 De kans op een *minder doelmatige bemesting* is groter dan bij het gebruik van enkelvoudige meststoffen. Bij de vaststelling van de benodigde hoeveelheden en de tijd van toediening zal men zich immers meestal moeten richten naar de stikstof (bij fabrieksaardappelen naar de kali!). De kans bestaat, dat men dan van fosforzuur en kali te veel of te weinig geeft, of dat men deze bestanddelen op een daarvoor minder geschikt tijdstip strooit.
Dit bezwaar is overigens van betrekkelijk weinig betekenis, als de bemestingstoestand van de grond goed is.
- 2 Soms vertonen gewassen als bieten en aardappelen een *minder goede opkomst* tengevolge van een hoge zoutconcentratie in de bodem. Men strooit met NPK-meststoffen tenslotte alle voedingsstoffen tegelijkertijd.

VRAAG

73 Door welke omstandigheden wordt zoutschade in de hand gewerkt?

- 3 De NPK-meststoffen hebben een *zure werking*. Ze bevatten namelijk ammoniumverbindingen, zoals ammoniumnitraat en ammoniumfosfaat. Deze worden door de nitrificerende bacteriën in de grond omgezet in zuren (zie blz. 32). De NPK-meststoffen bevatten te weinig basische bestanddelen om dit zure effect op te heffen.
Voor de neutralisatie van deze verzurende werking zijn per 100 kg van een NPK-meststof op bouwland ongeveer evenveel kg z.b.w.¹ nodig als het aantal kg N daarin bedraagt. Voor grasland is dit 0,8 maal het aantal kg N. Tabel 4.7 geeft hiervan een globale samenvatting.

TABEL 4.7 Neutralisatie van de verzurende werking van NPK-meststoffen

NPK-meststoffen met	Voor neutralisatie van verzurende werking van 100 kg nodig op	
	bouwland	grasland
> 20% N	25 kg z.b.w.	20 kg z.b.w.
10-20% N	15 kg z.b.w.	12 kg z.b.w.
< 10% N	10 kg z.b.w.	8 kg z.b.w.

¹ z.b.w. is een afkorting van zuurbindende waarde (zie blz. 106).

VRAGEN

- 74 In welke gevallen zal de zure werking van de NPK-meststoffen geen enkel bezwaar opleveren?
- 75 Men bemest aardappelen met 1200 kg 12 + 10 + 18. Hoeveel kg z.b.w. zou men moeten toedienen om de verzurende werking van deze bemesting te neutraliseren?

Keuze van de meststof

Er is reeds op gewezen, dat het noodzakelijk is dat de boer zich beperkt tot het gebruik van slechts enkele NPK-meststoffen. Dat is evenwel alleen mogelijk, als de bemestingstoestand van de verschillende percelen niet te sterk uiteenloopt. Men kan zich dan bij de keuze van de NPK-meststoffen richten naar de behoefte van het gewas.

Een en ander is het gemakkelijkst te verwezenlijken, als de fosfaat- en kalistoestand van alle percelen 'voldoende' is, of daarvan niet te veel afwijkt. Percelen met een veel te laag fosfaat- en/of kaligehalte zou men daarom eerst met grote giften enkelvoudige meststoffen in een goede conditie moeten brengen. Percelen die zeer rijk zijn aan deze voedingsstoffen zou men onbemest kunnen laten tot de voorraad fosfaat en kali voldoende is gedaald.

Om een juiste keuze uit het beschikbare assortiment NPK-meststoffen te kunnen maken, zal men moeten vaststellen in welke verhouding het gewas N, P₂O₅ en K₂O nodig heeft. Aangezien de stikstofbehoefte van grond en gewas sterk varieert, is het lang niet altijd mogelijk een meststof met precies de juiste verhouding te vinden. Dat is trouwens ook niet nodig, omdat:

- 1 iets te veel of te weinig P₂O₅ of K₂O niet nadelig is voor de opbrengst van het gewas als de vruchtbaarheidstoestand van de grond goed is;
- 2 men een veeleisend gewas als aardappelen of bieten best wat te veel P₂O₅ of K₂O mag geven. Het volgend jaar kan men daarvan dan eventueel op een graangewas weinig of niets strooien.

Op deze wijze is het toch mogelijk optimale opbrengsten te verkrijgen en de bemestingstoestand van de grond in de loop der jaren op peil te houden.

VRAAG

- 76 Welke NPK-meststoffen kan men in de in tabel 4.8 gegeven gevallen gebruiken en hoeveel heeft men daarvan per ha nodig (zie tabel I blz. 207)?

TABEL 4.8

Gewas	Behoeft		
	kg/ha N	kg/ha P ₂ O ₅	kg/ha K ₂ O
aardappelen	100	90	170
aardappelen	100	120	280
aardappelen	140	60	110
suikerbieten	140	70	160
suikerbieten	120	100	120
granen	60	40	100
granen	80	40	20
cons. erwten	30	60	120

Grootte van de gift

De hoeveelheid die men van een NPK-meststof moet strooien, hangt meestal af van de stikstofbehoefte van het gewas (bij fabrieksaardappelen van de kalibehoeft).

Aangezien de NPK-meststoffen zuiverder zijn dan de meeste enkelvoudige meststoffen, is het totale kwantum dat men daarvan hoeft te strooien ook geringer.

VRAAG

77 Men wil aardappelen bemesten met 120 kg N, 100 kg P₂O₅ en 170 kg K₂O.

Hiervoor gebruikt men de NPK-meststof 12 + 10 + 18 (chloroarm).

Hoeveel kg meststof hoeft men dan minder te strooien dan bij het gebruik van enkelvoudige meststoffen?

Tijd en wijze van strooien

Alle NPK-meststoffen die stikstof bevatten, zal men in het voorjaar moeten strooien.

De laatste jaren geeft men de kali steeds meer in het najaar. Dat is vooral het geval bij toepassing van een bouwplanbemesting. In het voorjaar kan men zich dan beperken tot toediening van een NP-meststof.

Bij mais en stamslabonen wordt wel *rijenbemesting met NP-meststoffen* toegepast. Men moet daarmee echter voorzichtig zijn, omdat er verbranding van het kiemende zaad kan optreden. De voorlichtingsdienst adviseert daarom niet meer dan 30 kg N in deze vorm te geven.

De *NP-oplossingen* (zie blz. 92) moeten worden gespoten met een grove druppel, dus met lage druk, om verspreiding door de wind te voorkomen.



Fig. 4.15 Spuiten van een NP-oplossing (*Agrarische Unie - Vulcaan*)

Men verkrijgt hiermee een belangrijke arbeidsbesparing (40% t.o.v. een gezakt produkt), minder wielsporen en een betere verdeling van de meststoffen (zie fig. 4.15).

Het spuiten van meststoffen moet bij voorkeur gebeuren vóór de grondbewerking. Door deze vroege toepassing en door het feit dat men de meststof dan kan inwerken is kiembeschadiging door een te hoge zoutconcentratie te voorkomen.

VRAAG

78. Waarom kan men bij bouwplanbemesting de kali het beste in het najaar strooien?

4.6 Kalkmeststoffen

4.6.1 Calcium als voedingselement

Calcium is in de plant vooral van belang voor de neutralisatie van zuren. Deze zijn in een te sterke concentratie namelijk nadelig voor het protoplasma.

Bovendien komt dit element in verschillende verbindingen als bestanddeel van de celwanden voor.

Calciumgebrek wordt in de gewassen zelden of nooit waargenomen.

4.6.2 Calcium in de grond

In de grond kan men calcium aantreffen als:

- 1 calciumcarbonaat (CaCO_3);
- 2 Ca^{2+} -ionen geadsorbeerd aan klei- en humusdeeltjes;
- 3 Ca^{2+} -ionen in het bodemvocht.

Kalk en structuur

Voor de structuur van kleibouwland is het van bijzonder belang, dat het adsorptiecomplex voldoende met Ca^{2+} -ionen is bezet en dat ook de Ca-ionenconcentratie in het bodemvocht hoog is.

Calcium maakt zware kleigronden namelijk minder stug en gaat het verslempen van lichte zavelgronden tegen. Daarom is het gewenst dat deze gronden een reserve aan CaCO_3 hebben. Wanneer de grond voldoende CaCO_3 bevat, dan zijn er immers meestal ook wel genoeg Ca^{2+} -ionen in het bodemvocht aanwezig.

VRAAG

79 Waarom is kalk voor de structuur van kleigrasland minder noodzakelijk?

Kalk en pH

Door hun basische werking hebben de kalkmeststoffen op alle gronden een pH-verhogende werking. Van deze eigenschap maakt men gebruik als de grond te zuur is.

Bekalking van de grond is dus meer gericht op *bodemverbetering* ten aanzien van structuur en pH, dan op de voorziening van de gewassen met calcium. Als men zorgt voor een goede zuurgraad, is er voor de voeding van de gewassen zeker voldoende van dit element aanwezig.

Andere werkingen van kalk

Toediening van kalk aan de grond leidt bovendien tot:

- 1 *Verrijking van de grond met stikstof*. De vermindering van de zuurgraad bevordert namelijk de ontwikkeling van micro-organismen zoals bacteriën en straalschimmels.

Vooraf de stikstofbindende wortelknolletjesbacteriën en Azotobacters zijn zeer gevoelig voor een lage pH. De laatstgenoemde komen zelfs in gronden met een pH lager dan 4,8 in het geheel niet voor.

Door bekalking wordt de binding van stikstof dus bevorderd.

2 *Mobilisatie van plantevoedsel.* De sterke vermeerdering van het aantal bacteriën en schimmels leidt tot een betere ontleding van de organische stof in de grond. Daardoor komt het plantevoedsel dat in dit organische materiaal aanwezig is, in een versneld tempo voor de gewassen beschikbaar.

Bij de ontleding van de organische stof komen bovendien veel H^+ -ionen vrij. Dat is mede een gevolg van het feit dat een bekalking de nitrificatie bevordert van de ammoniumverbindingen (zie blz. 32) die bij de afbraak van de organische stof worden gevormd. Deze H^+ -ionen zetten onoplosbaar plantevoedsel om in oplosbare verbindingen.

Bekalking van een te zure grond leidt dus tot het opneembaar maken, het *mobiliseren*, van de aanwezige voedselvoorraden. Hiervan zou een verarming van de grond ('uitmergeling') het gevolg zijn, als er niet voor voldoende aanvulling werd gezorgd.

Deze werking van de kalk komt tot uitdrukking in de, vroeger veel gebruikte, zeggwijze: 'Kalk maakt rijke ouders, maar arme kinderen'.

3 *Vastlegging van plantevoedsel.* Bij aanwezigheid van voldoende calcium worden oplosbare fosfaten omgezet in onoplosbare. Ze spoelen daardoor niet uit, terwijl ze toch voldoende voor de gewassen beschikbaar blijven.

4 *Verbetering van de magnesiumvoorziening.* Vrijwel elke kalkmeststof bevat wel magnesium. Zelfs al is het soms weinig, dan kan het toch van belang zijn, doordat men van de kalkmeststoffen vaak belangrijke hoeveelheden strooit. Ook vermindert de uitspoeling van magnesium tengevolge van de pH-verhoging.

Een goede kalktoestand bevordert dus de voeding van de gewassen. Ook verkrijgt men het grootste nuttig effect van de bemesting als de zuurgraad van de grond in orde is.

VRAAG

80 Waarom zou men een te zure grond een 'ondankbare' grond kunnen noemen?

4.6.3 Calcium in meststoffen

Onder kalkmeststoffen verstaat men producten die basisch werkende calciumverbindingen bevatten.

In de gebruikelijke kalkmeststoffen komt calcium in de volgende vormen voor:

1 calciumoxide of ongebluste kalk (CaO);

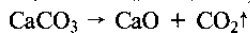
- 2 calciumhydroxide of gebluste kalk ($\text{Ca}(\text{OH})_2$);
- 3 calciumcarbonaat of koolzure kalk (CaCO_3);
- 4 calciumsilicaat of kiezelzure kalk (CaSiO_3).

4.6.4 Winning van kalkmeststoffen

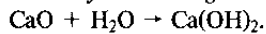
Voor de winning van de meeste kalkmeststoffen vormt calciumcarbonaat (CaCO_3) de grondstof. Deze komt in verschillende vormen (kalksteen, kalkmergel, krijt, schelpen) in enorme hoeveelheden in de natuur voor. Hele gebergten in België, Duitsland, Zwitserland en vele andere landen zijn uit *kalksteen* opgebouwd.

In ons land bestaat het heuvelland van Zuid-Limburg grotendeels uit een poreuze kalksteen, die meestal *kalkmergel* wordt genoemd. Deze Limburgse mergel is overdekt met een meer of minder dikke laag löss, zand of grint. *Dolomiet* en *dolomietmergel* zijn de voornaamste grondstoffen voor de bereiding van magnesiumhoudende kalkmeststoffen. Ze bevatten naast CaCO_3 ook MgCO_3 . In de omgeving van Winterswijk komt dolomietmergel op een geringe diepte in de bodem voor.

Door malen en eventueel drogen van de genoemde grondstoffen verkrijgt men dus meststoffen, die de kalk in de vorm van *calciumcarbonaat* bevatten. In kalkbranderijen kunnen kalksteen, mergel of schelpen door verhitting omgezet worden in *calciumoxide*, *gebrande* of *ongebluste kalk*.



De gebrande kalk wordt voor het grootste deel met water behandeld, waardoor er *calciumhydroxide* of *gebluste kalk* ontstaat:



Op grond van het gehalte aan magnesia kan men onderscheid maken tussen *kalkmeststoffen* (met minder dan 4% MgO) en *magnesiakalkmeststoffen* (met 4% of meer MgO). Tot de kalkmeststoffen kunnen verder nog enkele industriële afvalproducten worden gerekend.

4.6.5 Kalkmeststoffen (minder dan 4% MgO)

Tot de kalkmeststoffen rekent men:

- 1 gemalen kluitkalk (CaO);
- 2 landbouwpoederkalk ($\text{Ca}(\text{OH})_2$);
- 3 kalkmergel (CaCO_3);
- 4 koolzure landbouwkalk (CaCO_3);
- 5 kaliekiezelkalk (CaSiO_3).

Landbouwpoederkalk is wel de duurste kalkmeststof. Het fijne, witte poeder heeft echter een snelle werking.

VRAAG

81 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ wordt in de grond omgezet in CaCO_3 . Hoe is dat te verklaren? Waarom werkt deze CaCO_3 toch beter dan de CaCO_3 verkregen door malen van kalkmergel?

Kalkmergel wordt verkregen door het produkt uit de mergelgroeven (zie fig. 4.16) betrekkelijk ruw te malen.

Deze meststof is steeds min of meer vochtig, afhankelijk van de weersomstandigheden en het jaargetijde. Gemiddeld bedraagt het vochtgehalte 10 à 15%. Dit kan zelfs oplopen tot 20%, in welk geval het produkt onvoldoende gelijkmatig te verdelen is.

De Limburgse kalkmergel heeft een karakteristieke licht- tot donkergele kleur.

Koolzure landbouwkalk is kalkmergel die extra gezuiverd, gedroogd en ten slotte uiterst fijn gemalen is.

Op deze wijze verkrijgt men een betrekkelijk goedkope vervanger van poederkalk. Door de zeer fijne verdeling komt deze meststof de poederkalk in werkingssnelheid namelijk zeer nabij.

Een bekende soort koolzure landbouwkalk is Emkal.

Fig. 4.16 Winning van kalkmergel in Zuid-Limburg (*Nederlands Landbouw Kalk Bureau*)



Kaliekiezelkalk is een vliegask die ontstaat bij de bereiding van cement door de Eerste Nederlandse Cement Industrie (E.N.C.I.) te Maastricht. Dit produkt werd vroeger als meststof in de handel gebracht onder de naam Kencica. Het bevatte naast kalk in de vorm van CaSiO_3 eveneens een zeker percentage kali.

De Kencica Verwerkings Maatschappij gebruikt nu echter alle beschikbare kaliekiezelkalk voor de produktie van Fosma-Kencica, Stima-Kencica, Borium-Kencica en Koper-Kencica. Deze meststoffen bevatten behalve kalk en kali ook fosfaat en magnesium en soms stikstof, natrium, kobalt, borium en koper.

Fosma-Kencica is in hoofdzaak bestemd voor bouwland en komt in de volgende samenstellingen voor: 0 + 8 + 15 (+5% MgO), 0 + 8 + 12 (+7% MgO), 0 + 8 + 5 (+9% MgO), 0 + 5 + 8 (+5% MgO), 0 + 5 + 20 (+5% MgO), 0 + 5 + 10 (+7% MgO, 0,05% B en 12% Na_2O), 0 + 5 + 10 (+5% MgO). Alleen de eerste en de laatste soort zijn chloorarm.

Stima-Kencica is speciaal bedoeld voor grasland. Hiervan bestaan 2 samenstellingen, namelijk: 10 + 3 + 3 (+8% MgO, 10% Na_2O en 0,02% Co) en 13 + 0 + 3 (+13% MgO, 10% Na_2O en 0,02% Co).

Borium-Kencica heeft als samenstelling 5 + 0 + 0 (+5% MgO en 0,05% B); Koper-Kencica 0 + 3 + 3 (+8% MgO + 0,3% Cu + 0,02% Co + 10% Na_2O). Dit laatste produkt is bestemd voor grasland op zandgrond.

Deze meststoffen bevatten de N in de vorm van ureum; P_2O_5 , K_2O en MgO zijn in mineraal zuur, Na_2O , Cu, Co en B in water oplosbaar. Het basenequivalent (zie blz. 206) van deze meststoffen is 25-50.

4.6.6 Magnesiakalkmeststoffen (4% MgO of meer)

Tot de magnesiakalkmeststoffen rekt men:

- 1 magnesiapoederkalk ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ + MgCO_3 of MgO);
- 2 koolzure magnesiakalk (CaCO_3 + MgCO_3).

Magnesiapoederkalk wordt gewonnen door branden en blussen van dolomiet. Het bestaat meestal uit een mengsel van oxiden, hydroxiden en carbonaten van calcium en magnesium. Dit produkt wordt weinig gebruikt.

Koolzure magnesiakalk wordt in de eerste plaats gewonnen door malen en drogen van de dolomietmergel uit de omgeving van Winterswijk (zie fig. 4.17).

Uit de Winterswijkse groeven zijn afkomstig: koolzure magnesiakalk 'Winterswijkse Kleidolomiet' en 'Winterswijkse Ultra-Dolomiet' met resp. 4 en 10% MgO.

In Limburg maakt men koolzure magnesiakalk door kalkmergel (die heel weinig magnesia bevat) te mengen met Belgische dolomiet.



Fig. 4.17 Steengroeve te Ratum bij Winterswijk voor het winnen van koolzure magnesiakalk (Ned. Landbouw Kalk Bureau)

Zo komt men tot de produkten 'Dolokal', 'Dolokal-Extra' en 'Dolokal-Supra' met resp. 5, 10 en 19% MgO.

Uit Frankrijk is afkomstig de koolzure magnesiakalk *Maëri*. De grondstof hiervoor is een kalkwier, dat voor de kust van Bretagne wordt opgevist. Na drogen en malen is het een goede, maar nogal dure meststof.

4.6.7 Industriële afvalprodukten

De voornaamste vertegenwoordiger van deze groep van produkten is *schuimaarde*, een bijprodukt van de suikerfabricage. Het wordt gevormd bij de zuivering van het z.g. ruwsap met behulp van ongebluste kalk en koolzuur. Schuimaarde bevat calciumcarbonaat, organische stof en vrij veel vocht. Het gehalte aan CaCO_3 schommelt tussen 40 en 50%. Deze variatie is een gevolg van het uiteenlopende vochtgehalte van het produkt. De kalkwerking van schuimaarde is uitstekend. Dat is vooral te danken aan de 5-10% *organische stof* die verse schuimaarde bevat.

VRAAG

82 Waarom heeft de organische stof in schuimaarde zo'n gunstige invloed op de kalkwerking van deze meststof?

Daar de organische stof in schuimaarde voor een deel uit eiwitten bestaat, bevat deze meststof ook *stikstof*. Het stikstofgehalte is gemiddeld 0,5%, ongeveer even hoog als van stalmest. De werkingscoëfficiënt (w.c.)¹ van deze stikstof bedraagt 20-50%.

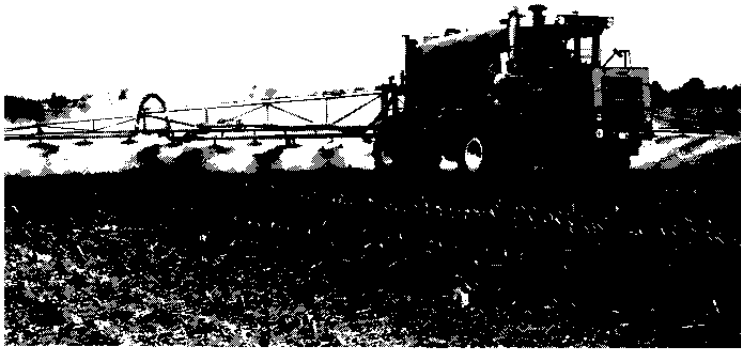
Tevens komt in dit produkt 1% P_2O_5 (w.c. 50%), 0,1-0,3% K_2O (w.c. 100%) en 1% MgO (w.c. 50%) voor.

Verse schuimaarde is niet te strooien door het hoge vochtgehalte. Men maakt het strooibaar door het aan een hoop of in een put te laten indrogen tot een droge-stofgehalte van $\pm 55\%$. Dit indrogen wordt nog bevorderd door broei die men in de hand werkt door het produkt enige malen om te zetten. Bij sommige suikerfabrieken verkrijgt men door persen een schuimaarde die zo droog is (droge-stofgehalte $\pm 65\%$), dat men deze direct kan strooien.

De suikerfabriek in Puttershoek levert de laatste jaren vloeibare schuimaarde met $\pm 48\%$ droge stof. Men kan deze uitstekend sproeien met een vacuüm-mestverspreider. Soms gebruikt men hiervoor een uit Amerika geïmporteerde machine voor het versproeien van vloeibare meststoffen, die door enkele technische ingrepen geschikt is gemaakt voor het verspuiten van vloeibare schuimaarde (zie fig. 4.18). Daarmee kan men in korte tijd zeer veel hectares (de werkbreedte is 20 m) van een bijzonder goed verdeelde hoeveelheid schuimaarde voorzien.

¹ De werkingscoëfficiënt (w.c.) is de verhouding van de werking van een voedingsstof in een organische meststof tot de werking van die voedingsstof in een kunstmeststof.

Fig. 4.18 Het verspuiten van vloeibare schuimaarde (*Ned. Landbouw Kalk Bureau*)



4.6.8 Waarde van kalkmeststoffen

De waarde van een kalkmeststof is afhankelijk van:

- 1 de calciumverbinding;
- 2 de fijnheid;
- 3 de strooibaarheid;
- 4 de zuurbindende waarde.

De calciumverbinding

Hiervan hangt voor een deel de oplosbaarheid en dus de werkingssnelheid van het produkt af.

Het hydroxide lost gemakkelijker op dan het carbonaat; het carbonaat is weer beter oplosbaar dan het silicaat. Poederkalk (bevat calciumhydroxide) vertoont dan ook de snelste werking.

De fijnheid

De werking van kalkmeststoffen wordt door de fijnheid haast even sterk beïnvloed als door de bindingsvorm. Vandaar dat in de Lijst van Meststoffen aan alle kalkmeststoffen bepaalde eisen van fijnheid worden gesteld.

Poederkalk vertoont een snelle werking, ondanks het feit dat het calciumhydroxide in de grond door koolzuur vlot wordt omgezet in het moeilijker oplosbare calciumcarbonaat. Het CaCO_3 slaat namelijk in een uiterst fijn verdeelde vorm neer.

De bindingsvorm speelt een minder belangrijke rol naarmate de kalkmeststof fijner gemalen is.

De strooibaarheid

Deze bepaalt de mogelijkheid om een gelijkmatige verdeling van de kalk te verkrijgen.

Van grote invloed op de strooibaarheid van de kalkmeststoffen is het vochtgehalte. Vooral de zeer fijne produkten moeten uitermate droog zijn; ze beginnen bij een vochtgehalte van meer dan 2,5% al te klonteren.

De zuurbindende waarde (z.b.w.)

Deze wordt door middel van titratie met zoutzuur (HCl) bepaald (zie blz. 206) en is een maat voor de pH-verhogende werking van de kalkmeststoffen.

Van de ruim 254.000 ton z.b.w. die in het bemestingsjaar 1978/79 in ons land werd gestrooid, bedroeg het aandeel van:

landbouwpoederkalk	0,1%
magnesiapoederkalk	0,7%
kalkmergel	6,0%
koolzure landbouwkalk	3,2%
koolzure magnesiakalk	46,7%
Fosma- en Stima-Kencica	3,4%
schuimaarde	27,5%
thomasmeel	5,7%
andere produkten	6,7%

4.6.9 Toepassing van kalkmeststoffen

Keuze van de meststof

De keuze van de kalkmeststof hangt af van:

- 1 de grondsoort;
- 2 het gebruik van het land;
- 3 de magnesiumtoestand van de grond;
- 4 eventuele nevenbestanddelen;
- 5 de fijnheid;
- 6 de prijs.

De grondsoort

Op zandbouwland zijn vrijwel alle kalkmeststoffen bruikbaar. Alleen schuimaarde vormt een uitzondering. De betrekkelijk geringe hoeveelheden die daarvan nodig zijn, kan men namelijk moeilijk gelijkmatig verdelen. Dit geldt overigens niet voor vloeibare schuimaarde, die als dunne mest kan worden verspoten.

Op kleibouwland is kalkmergel niet zo geschikt. Daar werkt dit produkt wat te traag.

Voor kleigronden verdienen schuimaarde en landbouwpoederkalk de meeste aanbeveling. Koolzure landbouwkalk is er echter ook goed te gebruiken.

Het gebruik van het land

Op grasland is poederkalk minder op zijn plaats, omdat deze meststof sterk kan klonten. Door de plaatselijke ophopingen van kalk krijgt men soms verbranding van de zode.

Schuimaarde is evenmin voor grasland geschikt, omdat dat meestal maar weinig kalk vraagt.

De magnesiumtoestand van de grond

Op een magnesiumarme grond die weinig kalk vraagt, kan men het beste een produkt met een hoog MgO-gehalte strooien. Is op een dergelijke grond veel kalk nodig, dan kan men een meststof gebruiken die betrekkelijk weinig MgO bevat.

Eventuele nevenbestanddelen

De aanwezigheid van kali, stikstof, fosforzuur e.d. kan de keuze beïnvloeden.

De fijnheid

Voor zware gronden dient men hogere eisen te stellen aan de fijnheid dan voor lichte.

De prijs

Een prijsvergelijking van kalkmeststoffen is niet zo eenvoudig, omdat men rekening moet houden met verschillen in fijnheid, nevenbestanddelen e.d. Hiervoor kan men het beste de Rijkslandbouwvoorlichtingsdienst raadplegen.

Grootte van de gift

Reparatiebekalking

De hoeveelheid kalk die nodig is om de kalktoestand van de grond op het gewenste peil te brengen wordt bepaald door:

- 1 de mate van ontkalking;
- 2 de gewenste pH;
- 3 de kalkfactor.

De mate van ontkalking. Men heeft uiteraard meer kalk nodig naarmate de grond sterker ontkalkt is of, m.a.w. een lagere pH bezit.

De gewenste pH (zie ook blz. 196 e.v.). Tot welke hoogte men de pH dient op te voeren is op *zandgrond* vooral afhankelijk van het bouwplan. Teelt men overwegend gewassen als aardappelen, rogge en haver, dan kan men met een lagere pH volstaan dan wanneer men vooral kunstweiden, bieten e.d. verbouwt.

Voor *bouwland op zeelei* is de gewenste pH afhankelijk van het percentage afslibbaar en het humusgehalte. De pH moet hoger worden opgevoerd naarmate de grond zwaarder en humusarmer is.

Voor *bouwland op rivierklei* adviseert men met bekalken niet verder te gaan

dan tot een pH van 6.4. Bij een hogere pH wordt de kali namelijk sterker gefixeerd.

Voor *grasland* adviseert men te bekalken tot een pH van 5.0.

De kalkfactor. Deze geeft aan het aantal kg zuurbindende waarde (z.b.w.) dat per ha en per 10 cm bouwvoor nodig is om de pH met 0,1 te verhogen. De grootte van de kalkfactor wordt bepaald door het humusgehalte en het gehalte aan afslibbare delen. Men heeft tabellen en formules opgesteld voor de vaststelling van de kalkfactor (zie blz. 200).

VRAGEN

83 Hoe is te verklaren dat de kalkfactor groter is naarmate de grond meer humus en slib bevat?

84 Hoeveel heeft men nodig van een kalkmeststof met een z.b.w. van 40 op een perceel zandbouwland met een pH van 4,1 waarvan men de pH wil opvoeren tot 5,0? Het humusgehalte is 4% en de kalkfactor 104. De bouwvoor is 20 cm.

Alleen door grondonderzoek is dus uit te maken hoeveel kalk men in een bepaald geval nodig heeft om de pH tot het gewenste peil op te voeren.

VRAAG

85 Welke bezwaren zou het kunnen opleveren als men een bekalking niet baseert op de resultaten van grondonderzoek?

Is de pH van de grond erg laag, dan is soms zeer veel kalk nodig om deze weer in orde te brengen. Een grote gift kalk ineens kan echter de volgende *nadelen* hebben:

1 Een ongelijke verdeling door de grond. Vooral op zandbouwland kan dat nadelig zijn. Op grasland kan veel kalk leiden tot stuktrappen van de zode door het weidende vee.

VRAGEN

86 Waarom is een ongelijkmatige verdeling van kalk juist op zandbouwland nadelig?

87 Waarom zal veel kalk de zode minder stevig maken?

2 Een sterkere uitspoeling van kalk. Dat heeft dus een ongunstige invloed op het rendement van de bekalking. Dit blijkt duidelijk uit de cijfers in tabel 4.9 die betrekking hebben op een kalkproefveld op venige kleigrond te Harkstede (Gr.).

TABEL 4.9 Verlies van kalk bij uiteenlopende pH van de grond

Bekalkt tot pH-water	Kalkverlies per jaar en per ha
	kg CaO
7	1600
6,5	900
5,9	650
5,3	400
4,9	270
4,6	130

Op *grasland* moet daarom bij voorkeur niet meer dan 1000-1500 kg van een kalkmeststof per ha in één keer worden gestrooid.

Voor *bouwland* kan men op humusarme zandgronden gaan tot 2000-3000 kg. Op humeuze zandgronden zijn kalkgiften tot 5000 kg nog verantwoord. Op kleigronden moet men in één keer liever niet meer dan 5000 kg van een kalkmeststof strooien. Van schuimaarde geeft men echter wel 25-30 ton en meer.

Zeer grote kalkgiften kan men het beste over enkele jaren verdelen.

Onderhoudsbekalking

Een reparatiebekalking dient dus om de kalktoestand van de grond in orde te brengen. Daarmee is men echter niet klaar, omdat de grond in de loop der jaren weer zuurder wordt als men daar niets tegen doet. Dat komt doordat er meer kalk verloren gaat, dan er met de meststoffen in de grond wordt gebracht.

Verlies van kalk heeft plaats door uitspoeling, opname door de gewassen en het gebruik van zure meststoffen.

Winst aan kalk verkrijgt men door het strooien van kalkmeststoffen en andere basische producten.

De jaarlijkse verliezen aan kalk door uitspoeling en opname bedragen globaal:

	kg z.b.w. per ha
voor bouwland:	
klei en zavel	400
löss	200
humeuze zandgronden (8% org. stof)	240
humusarme zandgronden (3% org. stof)	125
voor grasland	50

De invloed van de enkelvoudige kunstmeststoffen op de kalktoestand is te vinden in de tabellen op blz. 204-206, die van de mengmeststoffen op blz. 95.
De organische meststoffen werken neutraal of basisch:

	<i>Grasland</i>	<i>Bouwland</i>
	kg z.b.w. per ton	kg z.b.w. per ton
stalmest	0	0
kippemest	+ 13	+ 10
kippestrooiselmest	+ 20	+ 17
V.A.M.-compost	+ 26	+ 25

Met behulp van deze gegevens kan men een z.g. *kalkbalans* samenstellen. Hierbij stelt men het verlies en de winst aan kalk tegenover elkaar (zie ook het Werkboek Bemestingsleer, 2de druk, blz. 28).

Het is dus noodzakelijk door middel van regelmatige onderhoudsbekalkingen een goede kalktoestand te handhaven. Het Bedrijfslaboratorium vermeldt de daarvoor benodigde hoeveelheden kalk op het adviesformulier van het grondonderzoek (zie blz. 26).

Tijd van strooien

Op *bouwland* kan een reparatiebekalking het beste in de nazomer of in het najaar worden uitgevoerd. Met de grondbewerking kan men de kalk dan door de grond werken. Bij grote giften strooit men soms een deel vóór en de rest na het ploegen.

Een onderhoudsbekalking kan zowel op zandgronden als op slempgevoelige klei- en zavelgronden met succes in het voorjaar worden toegediend (zaai-bedbekalking). Een lichte zaai-bedbekalking kan ook gewenst zijn als na een reparatiebekalking door het ploegen een laagje zure grond is bovengekomen. Daarin verlopen de kieming van het zaad en de ontwikkeling van het gewas soms te traag.

Op *grasland* kan men kalkmeststoffen gedurende de hele zomerperiode strooien. Het is daarvoor evenwel noodzakelijk, dat het gras kort is. Men moet de kalk dus strooien direct nadat het gras is afgeweid of gemaaid.

Wijze van toediening

Voor een goede werking van de kalk is het nodig dat:

- 1 de meststof droog en fijn is;

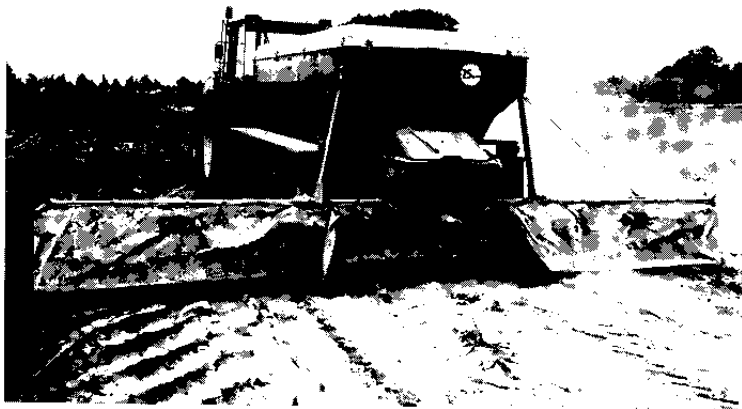


Fig. 4.19 Veel kalk wordt door loonwerkers of coöperaties gestrooid (*Ned. Landbouw Kalk Bureau*)

- 2 men niet te veel kalk tegelijk strooit (grote hoeveelheden zijn namelijk moeilijk door de grond te verdelen);
- 3 de meststof zeer gelijkmatig wordt gestrooid (het gebruik van een goed werkende kunstmeststrooier is dan ook van veel belang);
- 4 de meststof over een droge grond wordt gestrooid (op een vochtige grond gaat de meststof klonten en van een goede verdeling is dan geen sprake);
- 5 de meststof goed door de grond wordt gewerkt (dat is nodig omdat kalkmeststoffen meestal moeilijk oplosbaar zijn en zich daardoor slecht door de grond verspreiden, terwijl de kalktoestand van de hele bouwvoor verbeterd moet worden).

Onvoldoende menging is waarschijnlijk de oorzaak van het soms geringe effect van een bekalking, vooral op zware grond.

De verdeling van de kalk door de grond met de beschikbare hulpmiddelen (schijvenegge, cultivator, egge, e.d.) is ook niet eenvoudig. Gewoonlijk geeft frezen nog de beste menging.

Een goed resultaat is ook te verkrijgen door de kalk te strooien over een afgestorven aardappelgewas. Bij het rooien komt de kalk dan goed door de grond.

Een onderhoudsbekalking van 1000-1500 kg kalkmergel of koolzure landbouwkalk kan met succes worden gegeven op een jong aardappelgewas in het voorjaar. Door het schoffelen en aanaarden wordt de kalk dan ingewerkt.

Op *grasland* mist men de mogelijkheid om de kalk door de grond te werken. Deze moet daar geleidelijk in de grond dringen. Dit gaat echter uiterst langzaam. Volgens proefveldwaarnemingen verplaatst de kalk zich per jaar hoogstens 2 à 3 cm. Het resultaat van een bekalking van grasland is daarom vaak maar matig.

Om deze reden wordt het bekalken van grasland steeds meer gecombineerd met de veelvuldig toegepaste graslandvernieuwing. Er is dan door de diverse bewerkingen voldoende gelegenheid de gestrooide kalk flink door de grond te mengen. Daardoor ontstaat voor het graszaad een kiembed met een goede pH. Voor een vlotte ontwikkeling van het jonge gras is dat gunstig.

Fig. 4.20 Magnesiumgebrek in haver (*Plantenziektenkundige Dienst*)





Fig. 4.21 Magnesiumgebrek in aardappel (*Plantenziektenkundige Dienst*)

4.7 Magnesiummeststoffen

4.7.1 Magnesium als voedingselement

Magnesium is voor de plant noodzakelijk als bouwelement voor bladgroen. Een tekort aan magnesium veroorzaakt dan ook een storing in de bladgroenvorming. Dit leidt tot een bleekgroene kleur van het gewas.

Magnesiumgebrek in de gewassen

Van de akkerbouwgewassen is *zomergerst* het meest gevoelig voor magnesiumgebrek. *Mais* reageert eveneens sterk op een tekort aan dit element. *Aardappelen* vertonen ook vaak duidelijke gebreksverschijnselen (fig. 4.21) en een belangrijke vermindering van opbrengst.

Magnesiumgebrek bij het vee

Een onvoldoende magnesiumvoorziening heeft geen nadelige invloed op de opbrengst van grasland, maar kan wel leiden tot *kopziekte* of *grastetanie* bij

de koeien. Deze ziekte komt vrijwel uitsluitend voor in het begin van de weideperiode en in het najaar, vooral op weiden met jong, eiwitrijk gras. Dieren met een hoge melkgift blijken hiervoor het meest gevoelig. Zieke dieren hebben een duidelijk verlaagd gehalte aan magnesium in het bloed (*hypomagnesemie*).

De eerste symptomen van kopziekte zijn: afzonderen van de koppel, schrikachtigheid, levendig orenspel, wit van de ogen valt sterk op, spiertrillingen, stijf lopen met een wat slingerende gang in de achterhand. In een later stadium treden hevige krampen (tetanie) op over het hele lichaam. De dieren gaan tenslotte plat op hun zij liggen, slaan de kop achterover en trappelen met gestrekte poten (zie fig. 3.1, blz. 40). Als de dierenarts dan niet snel hulp biedt gaat het dier meestal spoedig dood.

4.7.2 Magnesium in de grond

Magnesium is in de grond aanwezig in de vorm van verschillende mineralen. Het belangrijkste daarvan is *calciummagnesiumcarbonaat* - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ -, dat vooral in kleigronden voorkomt. Door verwerking van deze mineralen komt magnesium voor het gewas beschikbaar.

Tussen zware en lichte gronden bestaat een groot verschil in rijkdom aan magnesium.

Kleigronden bevatten 0,5-2,5% MgO. Hiervan is ongeveer 10% gemakkelijk opneembaar. De rest komt echter in de loop der jaren door verwerking geleidelijk beschikbaar.

Hoewel klei dus gewoonlijk veel magnesium bevat, constateert men de laatste jaren toch herhaaldelijk magnesiumgebrek in aardappelen in de zee-kleigebieden. Op de zeer lichte, humusarme, kalkrijke zavelgronden is de kans op het optreden van dit gebrek het grootst.

De magnesiumvoorraden van *zandgronden* zijn aanmerkelijk geringer. Deze bevatten hoogstens 0,15% MgO. Daarvan is ook slechts 10% direct opneembaar. Magnesiumgebrek komt op zandgronden dan ook regelmatig voor.

Magnesiumgebrek en pH

Magnesiumgebrek treedt in hoofdzaak op, als de pH van de grond laag is. Dit komt doordat:

- 1 zure grond van nature gewoonlijk arm is aan magnesium;
- 2 magnesium bij lage pH sterk uitspoelt;
- 3 H^+ -ionen de opname van Mg^{2+} -ionen belemmeren (antagonistische werking);

- 4 het wortelstelsel zich in een zure grond minder goed ontwikkelt (hierdoor wordt er in het algemeen weinig plantevoedsel, en dus ook weinig magnesium, opgenomen).

Ionenantagonismen

Het optreden van magnesiumgebrek is overigens niet altijd het gevolg van een absoluut tekort aan magnesium. Het is ook mogelijk, dat de grond wel voldoende magnesium bevat, maar dat de opname daarvan op een of andere wijze wordt gestoord.

Een dergelijke storing kan veroorzaakt worden door een teveel aan K^+ , Na^+ - of NH_4^+ -ionen. Vooral op zure gronden moet men daarom voorzichtig zijn met kali. Men kan daar ook beter geen zwavelzure ammoniak gebruiken. Toepassing van bouwplanbemesting met kali kan op lichte klei- en zavelgronden leiden tot het optreden van magnesiumgebrek in aardappelen.

Een overmaat aan kalium kan in de weide oorzaak zijn van *kopziekte* bij het melkvee (zie blz. 115). Door kalium wordt namelijk het magnesiumgehalte van het gras verlaagd (zie tabel 3.1). Bovendien wordt het magnesium in het gras minder goed benut als dat rijk is aan kalium. Er komt dan dus minder van in het bloed terecht. Een laag magnesiumgehalte van het bloed (hypomagnesemie) is de directe oorzaak van kopziekte.

Veel stikstof heeft hetzelfde effect als kalium. Vandaar dat kopziekte vooral voorkomt op weiden met jong, eiwitrijk gras.

4.7.3 Soorten magnesiummeststoffen

In de Lijst van Meststoffen worden maar twee magnesiummeststoffen genoemd, nl. bitterzout en kieseriet.

Bitterzout

Bitterzout bestaat in hoofdzaak uit $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$, een goed oplosbare verbinding.

Het bevat $\pm 16\%$ MgO en moet volgens de Lijst van Meststoffen aan bepaalde eisen van fijnheid voldoen.

Kieseriet

Kieseriet wordt in Duitsland gewonnen als bijproduct bij de zuivering van de ruwe kalizouten.

Als hoofdbestanddeel bevat het $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, dat vrij goed oplost. Het MgO-gehalte bedraagt 27%. Ook aan kieseriet worden fijnheidseisen gesteld. Kieseriet is per kg MgO goedkoper dan bitterzout.

VRAAG

88 Met welke andere meststoffen brengt men ook vrij belangrijke hoeveelheden magnesium in de grond?

4.7.4 Toepassing van magnesiummeststoffen

Door het Bedrijfslaboratorium kan de grond worden onderzocht op magnesium. Men gebruikt daarbij als extractiemiddel een 0.5 normaal oplossing van NaCl.

De gevonden gehalten worden uitgedrukt in mg MgO per kg luchtdroge grond (zie de adviesschema's op blz. 195).

Voor *bouwland op zand- en dalgrond en löss* is de magnesiumtoestand voldoende bij een MgO-gehalte van 30-39. Men adviseert dan voor rooivruchten 100 kg MgO en voor andere gewassen 25 kg MgO.

Voor *bouwland op kleigronden* bestaat geen adviesbasis. Komen daar gebreksverschijnselen voor dan kan men het gewas het beste bespuiten met een oplossing van bitterzout (zie blz. 116).

Is de magnesiumtoestand van *grasland op zand- en dalgrond en löss* voldoende (bij een MgO-gehalte van 150-250), dan adviseert men een onderhoudsbemesting van 50 kg MgO. Bij lagere MgO-gehalten wordt 100-200 kg MgO geadviseerd. Daarmee bereikt men in één keer de gewenste magnesiumtoestand.

De aangegeven hoeveelheden dienen om de magnesiumtoestand op een redelijk peil te handhaven of te brengen. Daarmee wordt het magnesiumgehalte van het gras echter niet zó hoog, dat kopziekte in voor- en najaar onder alle omstandigheden wordt voorkomen. Dat zou veel grotere hoeveelheden magnesium vragen. Hierdoor kan het calciumgehalte van het gras echter weer te sterk worden verlaagd. Als er gevaar voor kopziekte bestaat, zal men de dieren op andere wijze voldoende magnesium moeten toedienen. Men bestuift het vochtige weidegras dan wel met 20-30 kg gebrande magnesiet (MgO) (fig. 4.22) of voert de dieren magnesiumkoekjes.

VRAAG

89 Door welke omstandigheden wordt het optreden van kopziekte bevorderd?

Voor *grasland op klei- en veengronden* bestaat geen adviesbasis. De magnesiumtoestand is daar gewoonlijk ook veel beter dan op lichte gronden. Toch



Fig. 4.22 Het strooien van gebrande magnesiet op weiland ter voorkoming van kopzichte
(Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek)

is kopzichte in de klei- en veengebieden beslist geen onbekend verschijnsel. Aangezien een bemesting het magnesiumgehalte van het weidegras op deze gronden onvoldoende verhoogt, is men daar dus aangewezen op het stuiven van magnesiet of het gebruik van magnesiumkoekjes.

Men gebruikt als magnesiummeststof meestal kieseriet, omdat het goedkoper is dan bitterzout. Voor *overbemesting* van een gewas waarin magnesiumgebrek wordt geconstateerd, gebruikt men echter ook wel bitterzout. Het is van belang dat men dit vroeg in het voorjaar doet. Op rogge dient het in elk geval niet later dan de stikstof te worden gestrooid.

Op kalkrijke klei- en zeezandgronden heeft een bemesting met magnesium weinig effect. Men kan daar magnesiumgebrek het beste bestrijden door het gewas te bespuiten met een oplossing van bitterzout (80 kg in 600 liter water). Deze bespuiting moet zo nodig na 10 dagen worden herhaald. Bij breedbladige gewassen dient men hiermee voorzichtig te zijn omdat bladverbranding kan optreden.

Ingeval van licht magnesiumgebrek is een overbemesting met een nitraatmeststof soms al voldoende. Nitraten bevorderen namelijk de opname van magnesium (zie blz. 39).

De grootste aanvoer van magnesium heeft tegenwoordig plaats in de vorm van Magnesamon ($\pm \frac{1}{3}$ van de totale hoeveelheid).

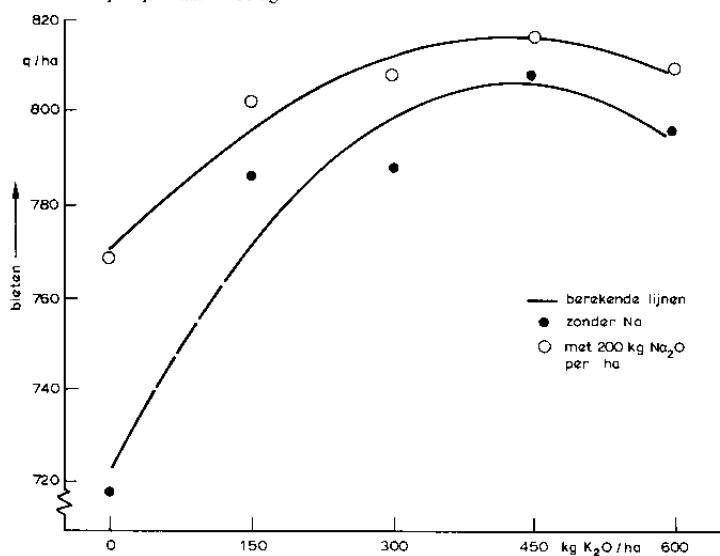
4.8 Natriummeststoffen

4.8.1 Natrium als voedingselement

Natrium is in het algemeen voor de gewassen niet noodzakelijk. Sommige gewassen, en met name bieten, blijken echter wel behoefte aan natrium te hebben. Dit element is voor een goede ontwikkeling van dat gewas even onmisbaar als kalium. Zelfs bij een optimale voorziening met kalium is het soms nog mogelijk de opbrengst van bieten te verhogen met natrium (zie fig. 2.23).

Voor lichte gronden adviseert het Bedrijfslaboratorium daarom aan bieten, behalve de noodzakelijke kaligift, nog 200 kg Na_2O te geven. Bij gebruik van chilisalpeter als stikstofmeststof is geen extra natrium nodig (zie blz. 192). Natrium heeft geen invloed op de opbrengst van *grasland*. Voor de gezondheid van het vee is het echter wel van belang. Een ernstig tekort aan natrium leidt tot verminderde voederopname, likzucht en verslechtering van de conditie van de dieren en doet de melkopbrengst dalen.

Fig. 4.23 Invloed van K- en Na-bemesting op de opbrengst van voederbieten op zandgrond (gemiddelden van 35 proefvelden) (Instituut voor Bodemvruchtbaarheid)
q = quintaal = 100 kg



4.8.2 Natrium in de grond

Het Bedrijfslaboratorium bepaalt het natriumgehalte van *grasland op zand, klei en löss* met behulp van zoutzuur (Na-HCl)¹. Daarvoor heeft men namelijk een adviesbasis weten op te stellen.

Voor grasland op zand is een Na₂O-gehalte van 5-9 mg per 100 g grond voldoende. Men adviseert dan 20-40 kg Na₂O per ha, afhankelijk van de hoogte van het K-getal.

Voor grasland op klei en löss is het Na₂O-gehalte voldoende bij 5-7 mg Na₂O per 100 g grond. In dat geval dient men 10-25 kg Na₂O per ha te strooien, ook afhankelijk van het K-getal.

VRAAG

90 Waarom heeft het K-getal invloed op de hoeveelheid te strooien natrium?

Voor *grasland op veengronden* bestaat nog geen adviesbasis.

De *pleistocene zandgronden* blijken in het algemeen arm te zijn aan natrium. Het Bedrijfslaboratorium constateerde dat ruim 60% van de onderzochte graslandmonsters uit de zandgebieden in de periode van april 1975 tot en met maart 1976 een te laag natriumgehalte hadden.

In een strook langs de kust ter breedte van ±50 km bevat de grond gewoonlijk voldoende natrium.

VRAAG

91 Hoe is het te verklaren, dat de grond in een brede strook langs de kust voldoende natrium bevat?

4.8.3 Natrium in meststoffen

De belangrijkste produkten voor de toediening van natrium zijn landbouwzout, chilisalpeter, Nakamag, ruw kalinatriumzout, kali-40 en Stima-Kencica.

Landbouwzout (50% Na₂O) bestaat in hoofdzaak uit NaCl. Het is goed te gebruiken als men geen kunstmest-kali behoeft te strooien.

Chilisalpeter (35% Na₂O) levert als stikstofmeststof voor suikerbieten op

¹ Na-HCl is het aantal mg Na₂O per 100 g luchtdroge grond dat oplosbaar is in 0,1 n HCl (+ 0,4 n oxaalzuur).

pleistocene zandgronden ruim voldoende natrium (zie blz. 192). Op zandgronden heeft dit produkt het bezwaar dat het calciumgehalte van het gras erdoor wordt verlaagd. Dat kan in bepaalde gevallen ongewenst zijn.

Nakamag (20% Na₂O), *ruw kalinatriumzout* (10% Na₂O) en *kali-40* (10% Na₂O) zijn geschikt voor percelen, die kali vragen. Welke van deze kalimeststoffen in een bepaald geval wordt gekozen hangt uiteraard af van de kali- en natriumbehoefte van de grond.

Stima-Kencica (10% Na₂O), waarvan twee samenstellingen bestaan (zie blz. 96), is speciaal bedoeld voor de bemesting van grasland.

Met de hoeveelheden natrium die men in de vorm van *stalmest* (0,1% Na₂O), *drijfmest* (0,1% Na₂O) of *gier* (0,1% Na₂O) geeft, dient men natuurlijk ook rekening te houden.

4.9 Sporelementenmeststoffen

4.9.1 Betekenis van de sporelementen

Zoals reeds op blz. 17 werd opgemerkt, is het kenmerk van de spoor- of microelementen, dat ze in uiterst geringe hoeveelheden voor plant en dier nodig zijn.

Ze werken meestal als *katalysatoren* bij verschillende fysiologische processen. Vaak vormen ze een bestanddeel van allerlei organische stoffen die in zeer geringe concentraties bijzonder werkzaam zijn, zoals *enzymen*, *vitaminen* en *hormonen*.

Zo is *molybdeen* een bestanddeel van het enzym nitrogenase, dat betrokken is bij de stikstofbinding door bacteriën.

Kobalt is noodzakelijk voor de vorming van vitamine B₁₂ door bacteriën in de pens van herkauwers.

Jodium is een belangrijk bestanddeel van het schildklierhormoon thyroxine.

Zink beïnvloedt de werking van het hormoon insuline, dat door de alveesklier wordt afgescheiden.

Van de specifieke functies van de meeste sporelementen is overigens nog maar weinig bekend.

4.9.2 Mangaanmeststoffen

Mangaan als voedingselement

Mangaan speelt een belangrijke rol in de fysiologie van de plant, doordat het een bestanddeel vormt van verschillende enzymen. Bovendien is het nodig voor de vorming van bladgroen. Mangaangebrek leidt dan ook tot chlorose (een bleekgroene kleur) van de bladeren. Dit heeft een vermindering van de koolstofassimilatie tot gevolg.

Mangaangebrek in de gewassen

Bij mangaangebrek produceert de plant onvoldoende koolhydraten. Dit leidt bij de granen tot een slap, voddig gewas, doordat er te weinig cellulose wordt gevormd.

Haver lijdt door mangaangebrek wel het meest ('veenkoloniale haverziekte'). Wanneer het in hevige mate optreedt, wordt de opbrengst van dit gewas sterk gedrukt. Ook bij *tarwe* worden bij mangaangebrek wel opbrengstverminderingen tot 50% geconstateerd.

Bieten vertonen de verschijnselen van mangaangebrek vaak zeer duidelijk. De invloed hiervan op de opbrengst van dit gewas is echter niet zo groot als bij granen.

In *aardappelen* wordt mangaangebrek minder vaak waargenomen. Toch kunnen ten gevolge van tekort aan mangaan zowel bij pootaardappelen als bij consumptieaardappelen aanzienlijke opbrengstverliezen optreden.

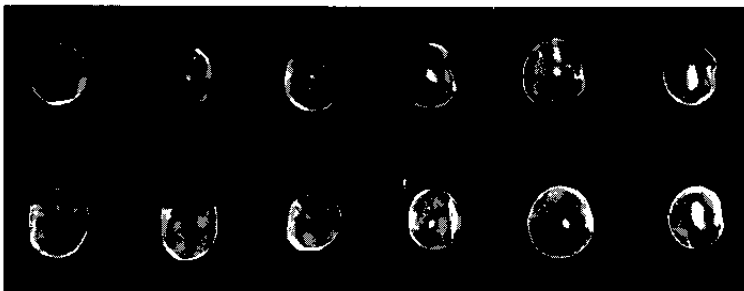
De smaak van erwten met kwade harten laat vaak veel te wensen over, zoals blijkt uit de volgende gegevens van het vroegere C.I.L.O. te Wageningen:

		<i>Waardering van de smaak</i>		
		<i>hoger dan matig</i>	<i>grens voldoende naar onvoldoende</i>	<i>uitgesproken onvoldoende</i>
150 monsters met	0% kwade harten	84%	11%	5%
45 monsters met	1-15% kwade harten	64%	31%	5%
15 monsters met	15-30% kwade harten	13%	67%	20%
9 monsters met	meer dan 30% kwade harten	11%	22%	67%



Fig. 4.24 Mangaangebreek in haver (*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid*)

Fig. 4.25 Kwade harten in erwten (*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid*)



Erwten vertonen bij mangaangebrek niet alleen chlorose, maar ook bruine plekken aan de binnenkant van de zaadlobben ('kwade harten'). Dit is zowel voor consumptie- als voor zaai-erwten zeer nadelig.

Mangaangebrek heeft geen invloed op de opbrengst van grasland. Wel heeft het gras op percelen met een hoge pH een laag Mn-gehalte. Blijkbaar komt dit echter niet beneden de kritische grens. Bij het vee wordt tenminste nooit mangaangebrek geconstateerd.

Mangaan in de grond

Een absoluut tekort aan mangaan komt zelden voor. Meestal is er wel voldoende van dit element in de grond aanwezig, maar laat de opneembaarheid daarvan onder bepaalde omstandigheden te wensen over.

Volgens Gerretsen spelen sommige bacteriën en schimmels hierbij een rol. Deze kunnen oplosbare Mn-verbindingen oxideren tot onoplosbare. Onder min of meer anaërobe omstandigheden kan er weer reductie optreden.

Op *zandgronden* wordt het optreden van mangaangebrek bepaald door de pH:

- boven pH 6,2 krijgt men zieke gewassen;
- beneden pH 5,4 blijven ze gezond.

Bij een pH lager dan 4,0 kan er sprake zijn van een te sterke opname van mangaan. Het gewas wordt daardoor vergiftigd. Vooral stambonen zijn erg gevoelig voor een overmaat aan dit element.

Aangezien de pH van pleistocene zandgronden meestal laag is, komt mangaangebrek daar vrijwel alleen voor op overkalkte percelen.

Zeer veel treft men deze 'bodemziekte' echter aan op *holocene zand- en zavelgronden*. Deze gronden bevatten vaak calciumcarbonaat en hebben daardoor een hoge pH. Mangaangebrek komt daar meer voor naarmate de grond lichter is en meer humus bevat.

Mangaan in meststoffen

Mangaansulfaat ($MnSO_4$) is het enige produkt, dat men gebruikt in geval van mangaangebrek.

Deze meststof is goed in water oplosbaar. Het Mn-gehalte bedraagt ongeveer 20%

De kleur van mangaansulfaat is wit met een roze tint.

Toepassing van mangaansulfaat

Grondonderzoek op mangaan is wel mogelijk, maar heeft feitelijk weinig of

geen zin. Voor zandbouwland geeft de pH immers al voldoende aanwijzing of men mangaangebrek kan verwachten of niet.

Van bouwland op klei en zavel worden soms wel mangaangehalten bepaald.

Men bepaalt het mangaangehalte door de grond te extraheren met 1 normaal ammoniumacetaat, waaraan een zwak reduceermiddel is toegevoegd.

Voor gronden met minder dan 2 ½% humus is het mangaangehalte te laag bij minder dan 60 mg Mn per kg grond; bij gronden met meer humus is dat het geval bij minder dan 100 mg Mn per kg grond.

Toch heeft een dergelijke bepaling praktisch weinig betekenis, omdat men met het toedienen van mangaansulfaat rustig kan wachten tot de eerste verschijnselen van mangaangebrek optreden.

Vroeger werd er in een dergelijk geval wel 50-100 kg $MnSO_4$ per ha gestrooid.

Tegenwoordig past men algemeen bespuiting van het gewas toe met 600 l van een mangaansulfaatoplossing ter sterkte van 1 ½‰. Als er nog nieuw blad wordt gevormd is ongeveer 2 à 3 weken later een herhaling noodzakelijk. Erwten bespuit men ter voorkoming van kwade harten tijdens de volle bloei. Het verdient aanbeveling nogmaals een bespuiting toe te passen tegen het einde van de bloei.

Mangaansulfaat, dat op deze wijze wordt toegediend, werkt snel omdat het direct door het blad wordt opgenomen.

VRAAG

92 Waarom zal spuiten van $MnSO_4$ voordeliger en effectiever zijn dan strooien?

4.9.3 Kopermeststoffen

Koper als voedingselement

Koper speelt een belangrijke rol bij de synthese van koolhydraten en eiwitten. Het is bovendien een bestanddeel van talrijke enzymen.

Kopergebrek in de gewassen

Een tekort aan koper is vooral nadelig voor *granen*. De jonge gewassen vertonen dode, slappe bladpunten ('vlaggetjes' of 'vaantjes'). In ernstige gevallen worden geen aren of pluimen gevormd of blijven deze loos, doordat er geen korrelvorming plaatsheeft.

Tarwe en haver zijn het meest gevoelig voor kopergebrek. Rogge heeft er het minste last van.



Fig. 4.26 Kopergebrek in haver (*Plantenziektenkundige Dienst*)

Bieten en *peulvruchten* blijken soms dankbaar voor een koperbemesting.
Aardappelen zijn weinig gevoelig voor kopergebrek.

Het grote verschil in gevoeligheid voor kopergebrek tussen aardappelen en tarwe blijkt duidelijk uit de volgende resultaten van een proefveld op de proefboerderij te Borger Compagnie (opbrengst met kopersulfaat = 100).

	1938 aardappel	1939 tarwe	1940 aardappel	1941 tarwe	1942 aardappel
zonder koper	97	33	101	87	101
kopersulfaat	100	100	100	100	100
compost	107	98	105	101	106

Zeer opvallend is de gunstige werking van compost op deze grond.

In sommige gevallen treedt er een aanmerkelijke opbrengstvermindering op tengevolge van kopertekort zonder dat er gebreksverschijnselen in het gewas te zien waren (*latent kopergebrek*).

Grassen kunnen tengevolge van kopergebrek dezelfde verschijnselen ver-

tonen als granen. Dit heeft echter weinig invloed op de produktiviteit van het grasland. Wel kan een zeer laag kopergehalte van de grond op den duur leiden tot een vermindering van de hoedanigheidsgraad van de grasmat.

Kopergebrek bij het vee

Een onvoldoende kopervoorziening veroorzaakt bij het *rundvee* storingen in de vertering van het voedsel. Deze leiden tot:

- 1 diarree; men spreekt gewoonlijk van weidediarree, omdat deze uitsluitend in de weide, en wel het hevigst in het najaar, optreedt;
- 2 geringere voedselopname.

Deze beide factoren maken dat de conditie van de dieren achteruitgaat. De melkproduktie vermindert soms sterk en de dieren worden extra gevoelig voor ongunstige omstandigheden. Het haar wordt dof, open en ruig, vooral op de schoft. De zwarte haren worden soms muisgrijs. Overigens is het enige karakteristieke symptoom van kopergebrek de 'koperbril', een typische kring van grijze haren om de ogen.

Fig. 4.27 Vaars met verschijnselen van kopergebrek: ruig, open en vuilgeel haar op de schoft, bevuilde achterhand (Ir. J. Hartmans)



Jonge dieren vertonen eerder en ernstiger kopergebrek dan volwassen runderen.

Koper in de grond

Kopergebrek in de gewassen komt voor op humusrijke zand- en dalgronden. Het was in de vorige eeuw al bekend onder de naam 'ontginningsziekte'. In de zeekleigebieden wordt nooit kopergebrek geconstateerd. Toch kan de kopertoestand van kleigronden wel eens aan de lage kant zijn.

Bij het optreden van kopergebrek spelen bepaalde humusachtige stoffen een rol. Deze zijn in staat koper in een onopneembare vorm vast te leggen (*koperfixatie*).

Bekalking van de grond werkt kopergebrek in de hand.

Bij het optreden van kopergebrek bij het vee kan men te maken hebben met *absoluut* of *primair kopergebrek* en *voorwaardelijk* of *secundair kopergebrek*. Primair kopergebrek komt voor als de grond arm is aan koper. Het gras bevat dan ook weinig koper, zodat de dieren er onvoldoende van opnemen. Men kan dit verwachten op zandgronden, die soms te weinig opneembaar koper bevatten.

Van secundair kopergebrek spreekt men als de grond en het voeder wel voldoende koper bevatten, maar daarvan een te gering deel in het bloed terecht komt. Dit kan een gevolg zijn van een hoog gehalte aan eiwit en sulfaten in het gras. Dergelijk gras leidt in de pens tot de vorming van kopersulfide (CuS) dat slecht oplosbaar is. Daardoor wordt het aanwezige koper onvoldoende benut.

In tegenstelling tot primair kopergebrek is deze secundaire vorm een vaak optredende gebreksziekte. Hij komt vooral voor op gronden waarvan de ontwatering te wensen overlaat, zodat gemakkelijk wateroverlast in de bovengrond ontstaat.

Koper in meststoffen

Voor de toediening van koper worden gebruikt kopersulfaat (CuSO₄) en koperslakkenbloem.

Kopersulfaat bestaat uit helderblauwe kristallen. Het is goed in water oplosbaar en heeft dus een snelle werking.

Het Cu-gehalte bedraagt ± 24%.

Kopersulfaat is in de praktijk vrijwel geheel verdrongen door koperslakkenbloem.

Koperslakkenbloem bestaat uit de fijngemalen slak die bij de winning van koper uit koperertsen ontstaat.

In kleur en soortelijk gewicht vertoont koperslakkenbloem veel overeenkomst met thomasmeel.

Het Cu-gehalte bedraagt 1,5%. Het koper is niet aanwezig in een direct oplosbare vorm. In de grond komt het echter geleidelijk ter beschikking van het gewas.

Een voordeel van koperslakkenbloem is, dat het behalve koper nog verschillende *andere spoorelementen*, o.a. kobalt, bevat. Men garandeert voor koperslakkenbloem 'Semo' een Co-gehalte van minstens 0,1%.

Koperslakkenbloem bevat echter ook enkele *minder gewenste bestanddelen*; daarvan is lood het belangrijkste.

Neemt een gewas veel lood op, dan bestaat de mogelijkheid van loodvergiftiging bij mensen en dieren, die zich met dit gewas voeden. In de Lijst van Meststoffen is daarom een maximumgrens aan het gehalte van dit bestanddeel gesteld.

Koper-Kencica is een nieuw produkt (zie blz. 103) dat behalve koper ook het spoorelement kobalt bevat.

Behalve de genoemde meststoffen is *stadsvuilcompost* een belangrijke leverancier van koper. Men kende compost reeds als middel ter voorkoming van 'ontginningsziekte', lang voordat men wist, dat de oorzaak hiervan een tekort aan opneembaar koper was.

Ook de mest van sommige diersoorten bevat veel koper. Dat is met name het geval met *mest van mestvarkens*. Aan het mengvoeder van deze dieren wordt koper toegevoegd ter bevordering van hun gezondheid, de voederconversie en de groei. Dit koper wordt vrijwel volledig weer met de mest uitgescheiden.

Zuiverings-slib kan eveneens nogal wat koper bevatten. Het kopergehalte van dit produkt is sterk afhankelijk van de herkomst van het slib.

De grote hoeveelheden koper die met sommige van deze organische meststoffen op het land worden gebracht, kunnen leiden tot ophoping van koper in de grond. De onttrekking door het gewas en de uitspoeling zijn namelijk vrij gering. Te veel koper in de grond kan schadelijk zijn voor de gewassen en de dieren. Vooral schapen zijn zeer gevoelig voor een overmaat aan koper.

Toepassing van kopermeststoffen

Door het Bedrijfslaboratorium kan de grond op koper worden onderzocht. Als extractiemiddel gebruikt men daarbij verdund salpeterzuur (HNO_3).

Het kopergehalte van *bouwland* is voldoende als dit minstens 4 mg Cu per kg luchtdroge grond bevat.

Men adviseert bij een onvoldoende kopertoestand 2.5-6 kg Cu, d.i. 10-25 kg kopersulfaat of 150-400 kg koperslakkenbloem per ha.

Gewoonlijk strooit men kopersulfaat, zowel bij winter- als zomergewassen, vlak voor of vlak na het zaaien. Koperslakkenbloem dient in verband met de langzame werking tijdig te worden toegediend. Voor wintergewassen moet het vóór het zaaien gestrooid en zo goed mogelijk door de grond gewerkt worden. Voor zomergewassen kan men koperslakkenbloem het beste in januari of februari strooien.

Voor *grasland* op alle grondsoorten is Cu-HNO_3 goed als dit 5,0 of meer bedraagt. Een koperbemesting heeft dan geen zin omdat deze het kopergehalte toch niet meer verhoogt. Secundair kopergebrek kan dan echter nog wel optreden. Is dat het geval dan moet dit met andere middelen dan bemesting worden bestreden.

Op grasland is 3.5-6 kg Cu, d.i. 15-25 kg kopersulfaat of 250-400 kg koperslakkenbloem nodig als de kopertoestand onvoldoende is. Bij een goede menging met andere kunstmeststoffen heeft men aan 5-10 kg kopersulfaat al voldoende.

Men moet kopermeststoffen op grasland bij voorkeur in het najaar of in de winter strooien. Koper dringt namelijk maar langzaam in de grond, vooral bij kleigronden.

Na een kopergift moet men het bemeste perceel minstens 6 weken niet beweiden. Vooral met schapen is voorzichtigheid geboden, omdat die zeer gevoelig zijn voor een overmaat aan koper. Men moet ze daarom ook niet weiden op percelen met een kopergehalte van meer dan 20 mg per kg luchtdroge grond.

Een koperbemesting behoeft niet ieder jaar te worden herhaald. De opgegeven hoeveelheden gelden voor ± 5 jaar. De duur van de nawerking kan echter, afhankelijk van de aard van de grond, nogal uiteenlopen.

VRAAG

93 Waarom is koper in de meeste gronden weinig beweeglijk?

4.9.4 Boriummeststoffen

Borium als voedingselement

Borium speelt waarschijnlijk een rol bij het transport van koolhydraten in de

plant. Bij tweezaadlobbigen is het ook van invloed op de celdeling. Bij deze gewassen leidt B-gebrek vaak tot afsterving van groeipunten en jonge spruiten, waarna ze in rotting overgaan.

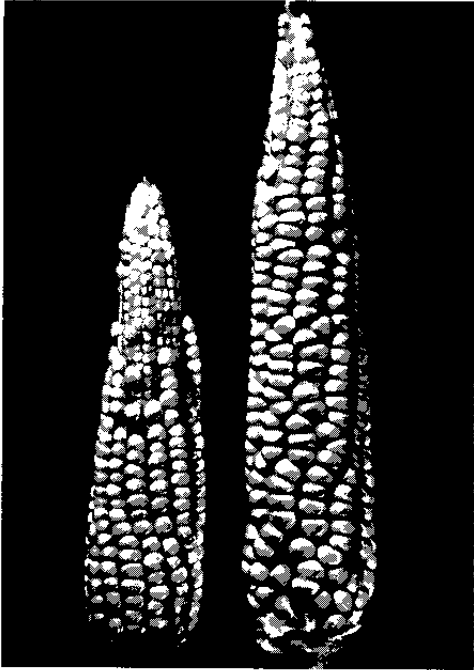
Boriumgebrek

In ons land wordt boriumgebrek vooral aangetroffen in bieten, mais, stoppelknollen en koolrapen.

Bij *bieten* geeft dit 'hartrot'. Suikerbieten en hoogprocentige voederbietenrassen zijn hiervoor het meest gevoelig. In ernstige gevallen heeft men bij deze gewassen wel opbrengstverminderingen van 30-50% geconstateerd. Bovendien gaat de kwaliteit achteruit door een daling van het suikergehalte en zijn de aangetaste exemplaren slecht houdbaar.

In *mais* leidt boriumgebrek tot een slechte kolfontwikkeling en onvoldoende

Fig. 4.28 Boriumgebrek in mais (*Plantenziektenkundige Dienst*)



korrelzetting. De kolven zijn vaak misvormd (gedraaid) en de toppen bevatten dan geen korrels.

Stoppelknollen vertonen overlangse, diepe scheuren en rotte plekjes bij een tekort aan borium. Bovendien sterven de hartbladeren te vroeg af.

Koolrapen met donkere, glazige plekken, z.g. 'bruin', in het vlees tengevolge van boriumgebrek zijn ongeschikt voor menselijke consumptie. Hun smaak is flauw en ze worden door koken hard. Het bezwaar hiervan voor veevoer is, dat ze tijdens het bewaren gemakkelijk tot rotting overgaan.

Bij *vlinderbloemigen* worden soms geen wortelknolletjes gevormd tengevolge van een tekort aan borium.

Luzerne is bijzonder gevoelig voor boriumgebrek. Dat wordt in ons land echter zelden geconstateerd, omdat dit gewas hier meestal niet op boriumarme gronden wordt verbouwd.

Borium in de grond

Zandgronden zijn veel armer aan borium dan kleigronden. Op rivierkleigronden hebben de zeer gevoelige koolrapen echter soms wel last van boriumgebrek.

Het optreden van boriumgebrek wordt bevorderd door:

- 1 een hoge pH;
- 2 een overmaat aan stikstof;
- 3 een zware kalibemesting;
- 4 droogte

Hartrot in bieten komt dan ook vooral voor in droge jaren op gescheurd grasland en overkalkte percelen. Het wordt in de hand gewerkt door veel kali. Het Bedrijfslaboratorium onderzoekt de grond op borium door extractie met heet water (B-water-getal)¹. Is dit minder dan 0,35 dan bestaat er kans op boriumgebrek.

Borium in meststoffen

Borium wordt in hoofdzaak toegediend in de vorm van *borax*. Dit poeder-vormige produkt bestaat uit natriumtetraboraat - $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ - en bevat 10% B. Daar van borax slechts zeer kleine hoeveelheden nodig zijn, kan dit moeilijk gelijkmatig over het land worden verdeeld. Men mengt het daarom wel met andere meststoffen. Vooral als men daarvoor korrelvormige produkten gebruikt treedt er echter tijdens het strooien gemakkelijk ontmenging op. Deze

¹ B-watergetal is het aantal mg B per kg luchtdroge grond dat oplosbaar is in water.

moeilijkheden heeft men niet bij het gebruik van boriumhoudende mengsels, zoals 'boriummeststof-kieseriethoudend', Borium-Kencica (zie blz. 103) en Sporumix B (zie blz. 136), en spuitmiddelen die borium bevatten, zoals Maneltra-borium, Luxan Borium Spuitpoeder en Solubor.

Chilispeter is van de gebruikelijke kunstmeststoffen de enige die een noemenswaardig gehalte aan borium heeft. Dit bedraagt $\pm 0,04\%$. Met dit produkt geeft de verdeling uiteraard geen moeilijkheden.

Toepassing van boriummeststoffen

Het Bedrijfslaboratorium adviseert 0,5-1,5 kg B voor bieten, koolrapen, luzerne, wortelen en mais, als het B-water-getal lager is dan 0,35. Dat komt overeen met 5-15 kg borax of 50-200 kg van de genoemde boriumhoudende mengsels. Van de spuitmiddelen gebruikt men 2 kg per ha, van Solubor 2,5-2,7 kg. Deze worden meestal gemengd met onkruidbestrijdingsmiddelen verspoten.

Sommige gewassen, met name gerst, zijn gevoelig voor een overmaat aan borium. Daarom mag men nooit meer toedienen dan de geadviseerde hoeveelheid.

Borax moet liefst vlak voor of na het zaaien worden gestrooid. Wel worden de ziekteverschijnselen gewoonlijk pas laat zichtbaar, maar lang daarvoor kunnen al groeivertragingen tengevolge van boriumtekort optreden. Een vroegtijdige toediening is daarom gewenst.

De boriumhoudende spuitmiddelen kunnen later worden toegediend. Die worden namelijk via het blad opgenomen. Zichtbaar boriumgebrek is echter niet volledig te herstellen.

Een bemesting met borium heeft weinig nawerking; vooral op zandgrond spoelt borium snel uit.

4.9.5 Kobaltmeststoffen

Kobalt als voedingselement

Kobalt is voor planten blijkbaar niet nodig; men heeft tot nu toe tenminste nog nooit gebreksverschijnselen tengevolge van een tekort aan dit element geconstateerd.

Onontbeerlijk is kobalt echter voor herkauwers. Op alle zandgronden in ons land kan kobaltgebrek bij deze dieren in meer of minder ernstige mate optreden.

De verschijnselen van dit gebrek zijn niet erg duidelijk. Het meest opvallend

is dat de dieren minder goed gedijen. Hun eetlust wordt minder en het gras wordt onvoldoende afgegraasd. De dieren staan er vaak lusteloos en dromerig bij. Het haar wordt dof en ruig. Groei, lichaamsgewicht en produktie blijven achter. De dieren vertonen likzucht met een abnormale eetlust. Ze vreten aan allerlei ongewone dingen, zoals grond, hout, mesthopen, slootkanten e.d. Soms krijgen ze bloedarmoede en brengen ze zwakke jongen ter wereld. Vooral jonge dieren gedijen vaak slecht en blijven achter in ontwikkeling. Onderzoek heeft uitgewezen dat kobalt door de pensbacteriën wordt gebruikt voor de opbouw van vitamine B₁₂. Tekort aan kobalt in het gras veroorzaakt daardoor een onvoldoende produktie van dit belangrijke vitamine.

Kobalt in de grond

Het Bedrijfslaboratorium onderzoekt de grond op kobalt met een oplossing van azijnzuur als extractiemiddel.¹ Een kobaltgehalte van minder dan 0.10 mg is te laag; bij een gehalte van meer dan 0.30 mg behoeft men geen moeilijkheden te vrezen.

Gebleken is dat vooral de *zandgronden* zeer kobaltarm kunnen zijn. Dit gaat vaak samen met een laag kopergehalte. Door een jarenlange bemesting met thomasmeel zijn deze gronden soms toch vrij rijk aan kobalt geworden. Slibhoudende gronden bevatten gewoonlijk voldoende kobalt.

Bemesting met kobalt

Bij een kobaltgehalte van 0.10-0.30 mg adviseert men 0.3 kg Co, d.i. 1 kg kobaltchloride - CoCl₂ - of kobaltsulfaat - CoSO₄. In plaats daarvan kan men ook 250 kg koperslakkenbloem, Sporumix A (zie blz. 136), Stima-Kencica of Koper-Kencica (zie blz. 103) strooien. Op zeer kobaltarme gronden, met minder dan 0.10 mg Co per kg grond, moet men deze hoeveelheden verdubbelen. Een dergelijke bemesting is voldoende voor een periode van 5-10 jaar.

De zeer kleine giften van de genoemde kobaltzouten kan men het beste mengen met vochtig zand of landbouwsout om een redelijk strooibare massa te krijgen.

Koperslakkenbloem is niet aan te raden als men tevens zuiveringsslib of mest van mestvarkens gebruikt. Met deze produkten wordt namelijk vaak al veel koper op het land gebracht.

¹ Co-azijnzuur is het aantal mg Co per kg luchtdroge grond, dat oplosbaar is in 2½% azijnzuur.

4.9.6 Molybdeenmeststoffen

Molybdeen als voedingselement

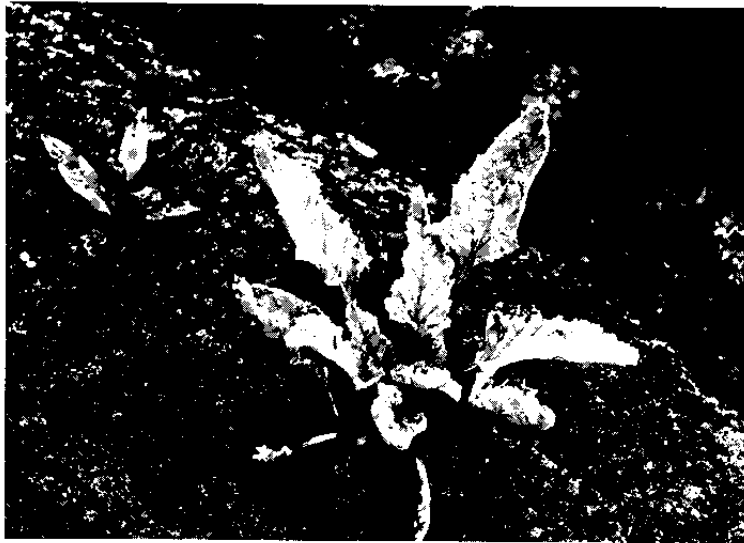
Molybdeengebrek is al bij verschillende gewassen geconstateerd.

Bloemkool vertoont tengevolge daarvan een verschijnsel dat men 'klemhart' noemt. Er wordt dan geen 'bloem' gevormd en de bladeren blijven erg smal. Ook *spinazie*, *bieten* en *klavers* zijn gevoelig voor molybdeengebrek.

Meestal vertonen de gewassen daardoor een slechte bladontwikkeling en een lichtgroene kleur. De stikstofbinding bij vlinderbloemigen is gering, hoewel er wel wortelknolletjes worden gevormd. Dit komt, doordat molybdeen deel uitmaakt van het enzym nitrogenase, dat betrokken is bij de stikstofbinding door knolletjesbacteriën.

Voor het *vee* is molybdeen niet nodig. Dat is echter wel gevoelig voor een *overmaat aan dit element*. Daardoor wordt namelijk de opname van koper belemmerd. Runderen kunnen tengevolge daarvan last krijgen van ernstige diarree.

Fig. 4.29 Molybdeengebrek in bieten: geelgroen, lepelvormig blad, slechte groei (*Instituut voor Bodenvruchtbaarheid*)



Molybdeen in de grond

Voor dit spoorelement bestaat nog geen adviesbasis, zodat grondonderzoek op molybdeen geen zin heeft.

Op alle gronden met een hoog ijzergehalte (1 à 2% Fe_2O_3 of meer) kan molybdeengebrek voorkomen. Of het al dan niet optreedt, hangt af van andere factoren. Vooral een lage pH werkt het in de hand.

Molybdeengebrek komt wel voor in bieten op beekkleigronden. Ook op vloeivelden van aardappelmeelfabrieken constateert men het soms.

Op kalkrijke gronden nemen klavers gemakkelijk veel molybdeen op. Dat kan schadelijk zijn voor het weidende vee.

Bemesting met molybdeen

Aangezien molybdeengebrek voorkomt op gronden met een te lage pH, is het van belang deze op te voeren tot het juiste niveau.

Men kan ook een bemesting geven van 2 à 3 kg *natriummolybdaat* - Na_2MoO_4 - of *ammoniummolybdaat* - $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$.

Bespuiting van het gewas met 500 l van een 0,05% natriummolybdaatoplossing wordt eveneens wel toegepast.

VRAAG

94 Waarom heeft een molybdaatbemesting geen lange nawerking?

4.9.7 Mengsels van spoorelementen

Windmill Holland te Vlaardingen levert onder de naam 'Sporumix' een produkt dat naast kieseriet geringe hoeveelheden kopersulfaat, boorzuur en kobaltsulfaat bevat.

Sporumix komt voor in de samenstellingen gegeven in tabel 4.10.

TABEL 4.10

<i>Gehalte aan</i>	<i>Sporumix A</i>	<i>Sporumix B</i>
MgO	25%	25%
Cu	1,2%	0,7%
B	0,07%	0,6%
Co	0,05%	0,05%

Sporumix bevat de spoorelementen in verbindingen die in water oplosbaar zijn.

Sporumix A is vooral bestemd voor grasland. Het kan echter ook gebruikt worden op granen en in de tuinbouw en fruitteelt.

Sporumix B is speciaal voor gewassen die een grote behoefte hebben aan borium, zoals mais, bieten, koolrapen en bloemkool.

Van *Sporumix A* en *B* adviseert men 100-200 kg te strooien, ongeveer in de tijd dat men de stikstof toedient.

In Borium-Kencica en Koper-Kencica komen ook combinaties van spoorelementen voor (zie blz. 103).

Deze mengsels van spoorelementen zijn bedoeld om tekorten aan deze elementen te voorkomen, die door het toepassen van samengestelde meststoffen zouden kunnen ontstaan. In tegenstelling tot verschillende enkelvoudige produkten bevatten de samengestelde meststoffen namelijk geen spoorelementen; ze zijn chemisch veel zuiverder.

Organische meststoffen

5.1 Inleiding

Tot de organische meststoffen rekent men de verschillende soorten dierlijke mest (rundermest, varkensmest, kippemest e.d.), dierlijke en plantaardige afvalprodukten (compost en afvalwaterzuiveringsslib) en de groenbemesters. De organische meststoffen bevatten diverse plantevoedende stoffen, die ten dele in dezelfde chemische verbindingen voorkomen als in de kunstmeststoffen. Deze hebben voor de gewassen dan ook dezelfde waarde.

De organische bestanddelen van deze produkten worden in de grond voor een belangrijk deel gemineraliseerd (zie blz. 21). De stoffen die daarbij geleidelijk vrijkomen, vooral stikstofverbindingen en fosfaten, dienen eveneens voor de voeding van de gewassen.

Een ander deel van de organische stof wordt omgezet in humus. Deze is van grote betekenis voor de vruchtbaarheid van de grond.

Tot ongeveer 1850 werden de opbrengsten van de gewassen vrijwel geheel bepaald door de natuurlijke vruchtbaarheid van de grond en de beschikbare hoeveelheid organische mest.

Om in de behoefte aan mest te voorzien was het houden van vee noodzakelijk. Men stalde dit vaak 's nachts op om meer mest te kunnen winnen. Bovendien was er toen veel vraag naar compost. Tengevolge van de invoering van de kunstmest daalde de waardering voor de natuurlijke meststoffen. In vele gevallen meende men het zelfs wel zonder organische mest te kunnen stellen. Daardoor ontstonden veeloze akkerbouwbedrijven, vooral in de zeekelegebieden en de Veenkoloniën.

Van het standpunt, dat men de organische meststoffen als een overbodige luxe zou kunnen beschouwen, is men tegenwoordig echter vrijwel algemeen teruggekomen. Steeds meer heeft de overtuiging veld gewonnen, dat een

goede voorziening van de grond met organische stoffen in de meeste gevallen onontbeerlijk is.

Anderzijds zit men tegenwoordig op bedrijven met veel kippen, kalveren of varkens en weinig grond vaak met een overproduktie aan organische mest. Deze wordt daarmee van een nuttige meststof tot een lastig afvalprodukt.

5.2 Werking van organische meststoffen

De organische meststoffen zijn vooral van betekenis om de volgende redenen:

1 Organische meststoffen verbeteren de structuur van de grond. Bij de ontleding van de organische stof door de bodemorganismen worden gomachtige produkten gevormd, die zandkorrels tot kruimels aan elkaar kitten. Bovendien ontstaat er in de grond een netwerk van schimmeldraden, waardoor de gronddeeltjes bijeengehouden worden.

Dat gebeurt trouwens ook door de fijne worteltjes van groenbemestingsgewassen. De grond stuift en verslemt daardoor minder gauw

Voor *lichte gronden* zijn organische meststoffen dan ook van grote betekenis.

Op *zware gronden* zullen de ontledingsprodukten de samenhang tussen de kleideeltjes onderling verminderen. Daardoor worden de kluiten minder vast van structuur en vallen ze bij bewerking gemakkelijker uiteen.

Voor nu de bodemstructuur tengevolge van het gebruik van zware trekkers en machines vaak veel te verduren heeft, is het regelmatig toepassen van organische mest heel belangrijk.

VRAAG

95 Waarom is de invloed van een organische bemesting op de structuur van de grond maar tijdelijk?

2 Organische meststoffen vergroten het waterbindend vermogen van de grond. De organische stof is namelijk in staat veel vocht te absorberen. Vooral in droge zomers heeft organische bemesting daardoor vaak een gunstige invloed op de opbrengst.

3 Organische meststoffen bevorderen het bodemleven. Dat komt vooral doordat de bodemorganismen het organische materiaal als voedsel kunnen gebruiken. In de grond hebben ze verschillende belangrijke functies.

VRAAG

96 Welke nuttige functies vervullen de bodemorganismen?

4 Organische meststoffen bevatten plantenvoedende stoffen. Deze zijn overigens slechts ten dele direct opneembaar voor het gewas. Een belangrijk

deel daarvan is pas beschikbaar na ontleding van de organische stof. Organische meststoffen vertonen meestal een duidelijke stikstofwerking. Het effect van fosfaat en kali is gewoonlijk veel minder sprekend. Daarom houdt men in de praktijk ook vaak onvoldoende rekening met deze voedingsstoffen in organische mest. De behoefte aan kunstmest wordt uiteraard geringer naarmate men meer organische bemesting toepast. Duidelijk komt dit tot uiting in de hoeveelheid stikstof die de gewassen nodig hebben (zie tabel 5.1).

Regelmatig toepassen van organische bemesting leidt tenslotte tot verhoging van het opbrengstniveau van de gewassen. Tabel 5.1 geeft ook hiervan een sprekend voorbeeld.

Dit betekent overigens niet dat men het in de praktijk wel zonder kunstmest kan stellen. De beschikbare hoeveelheden organische mest zijn namelijk vaak niet toereikend voor het verkrijgen van een maximale opbrengst. Het gaat dan ook gewoonlijk niet om de vraag, of kunstmest dan wel organische mest moet worden gebruikt, maar om de vraag welke combinatie van beide het meest doelmatig is. Vele proefveld- en praktijkervaringen hebben wel bevestigd, dat men daarmee vaak tot de beste resultaten komt.

TABEL 5.1 Opbrengsten van consumptie-aardappelen (Bintjes) op de drie organische-stof-bedrijven bij Nagele in de Noordoostpolder

Jaar	Knolopbrengsten						Optimale N-gift (als kalksalpeter)		
	zonder N-gift			bij optimale N-gift			KA	KL	WW
	KA ¹	KL ²	WW ³	KA	KL	WW			
	ton/ha	ton/ha	ton/ha	ton/ha	ton/ha	ton/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
1968	22,5	31,5	45,5	45,0	45,0	48,5	240	200	120
1969	23,0	26,0	33,5	37,5	37,5	42,5	210	160	160
1970	35,0	38,5	49,0	47,5	52,5	54,0	260	260	200
1971	35,0	40,5	45,5	48,0	54,0	58,0	280	300	280
1972	25,5	31,0	50,0	47,0	54,0	66,5	300	360	280
1973	31,0	37,5	56,0	55,0	57,5	64,5	360	320	300
1974	39,0	42,0	45,5	51,5	52,5	56,0	230	200	220
1975	27,0	30,0	34,0	37,5	37,5	40,5	280	220	150
1976	32,0	37,5	52,5	45,0	49,5	57,0	320	240	180
1977	29,5	33,5	48,5	44,0	44,0	51,0	300	260	140
Gem.	30,0	35,0	46,0	46,0	48,5	54,0	280	250	205

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid

¹ KA = Kunstmestakker, voorvrucht zomergerst

² KL = Klaverland, voorvrucht zomergerst, daarna grasgroenbemesting

³ WW = Wisselweide, voorvrucht 1½ jarige kunstwei plus 30 ton stalmest per ha.

5.3 Dierlijke mest

De productie van dierlijke mest is in de jaren na 1950 geweldig toegenomen door de intensivering van de rundveehouderij en de opkomst van de varkens- en kalvermesterijen en kippenbedrijven met zeer grote aantallen dieren. Kwantitatief is rundermest verreweg het belangrijkste. Van de in 1978 gewonnen 48,5 miljoen ton drijfmest van de diverse diersoorten - met inbegrip van de vaste mest van pluimvee - was 70% afkomstig van het rundvee - inclusief mestkalveren - 28% van de varkens en 2% van het pluimvee.

Dierlijke mest is, afgezien van de wortel- en stoppelresten van de gewassen, de belangrijkste bron van organische stof in de landbouw. Van al het organische materiaal (exclusief stoppels en wortels) dat aan de grond wordt toegevoegd, komt gemiddeld 60% voor rekening van deze mest. Op verschillende bedrijven ligt dit percentage zelfs nog aanzienlijk hoger.

Dierlijke mest is een belangrijke leverancier van plantevoedsel. In 1978 waren van de totale hoeveelheden toegediende stikstof, fosfaat en kali resp. 40%, 65% en 70% afkomstig van dierlijke meststoffen. Voor graslandbedrijven met een voldoende veebezetting (3 g.v.e.¹ per ha.), waar alle mest op het eigen bedrijf wordt gebruikt, behoeft zelfs geen fosfaat en kali in de vorm van kunstmest te worden aangekocht. Een zwaardere veebezetting leidt daar tot een overschot aan deze voedingsstoffen.

Grote overschotten aan dierlijke mest kunnen voorkomen bij kalver- en varkensmesterijen en kippenbedrijven, die vaak over weinig grond beschikken. Deze overschotten tracht men soms weg te werken door het 'dumpen' van de mest. Daaronder verstaat men het toedienen in hoeveelheden die de behoefte van de gewassen overschrijden.

In streken met een grote productie aan dierlijke mest (Noord-Brabant, Gelderland en Limburg) bemiddelen z.g. *mestbanken* bij de afzet naar gebieden die daaraan behoefte hebben.

5.3.1 Aard van het materiaal

De hoofdbestanddelen van het materiaal dat men 'dierlijke mest' noemt, zijn:

- faeces of vaste uitwerpselen;
- urine of vloeibare uitwerpselen.

Afhankelijk van het systeem van mestwinning en -bewaring bevat het bovendien meer of minder:

¹ g.v.e. = grootvee-eenheden (zie blz. 209).

- strooisel (meestal graanstro);
- water (afkomstig van spoelen en schrobben, lekken van drinkbakken en regen).

De kwaliteit van de gewonnen mest wordt vooral bepaald door de verhouding waarin deze bestanddelen in de mest voorkomen.

De samenstelling van de uitwerpselen wisselt sterk en hangt vooral af van:

- 1 de diersoort (zie tabel 5.2);
- 2 de voeding van de dieren.

De *faeces* bestaan in hoofdzaak uit onverteerde voedselresten. De samenstelling van het voer is dan ook van grote invloed op de samenstelling van deze uitwerpselen. Stikstof en fosforzuur komen er hoofdzakelijk in voor in de vorm van eiwitten. Kali is aanwezig in de vorm van gemakkelijk oplosbare kaliumverbindingen.

De *urine* bevat door de nieren uitgescheiden stoffen, waaronder afbraakproducten van eiwitten. Het belangrijkste daarvan is ureum - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. De stikstof komt in de vloeibare uitwerpselen dan ook in hoofdzaak in deze vorm voor. Urine is zeer arm aan fosforzuur. Het bevat de kali in de vorm van gemakkelijk oplosbare kaliumverbindingen.

TABEL 5.2 Gemiddelde samenstelling van uitwerpselen en van graanstro

	Water		Org. stof		N		P_2O_5		K_2O	
	vast	vloeib.	vast	vloeib.	vast	vloeib.	vast	vloeib.	vast	vloeib.
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Rund	85	96	10	2,-	0,40	0,63	0,27	0,00	0,15	1,26
Paard	75	89	20	7,-	0,55	1,2	0,30	0,05	0,35	1,50
Schaap	65	87	30	8,-	0,70	1,5	0,35	0,10	0,30	1,80
Varken	73	94	20	2,5	0,83	0,5	1,30	0,05	0,30	1,-
Kip	75	--	18	--	0,97	--	1,45	--	0,70	--
Stro		14		84		0,50		0,20		1,30

Hoe belangrijk de voeding van de dieren is voor de samenstelling van de uitwerpselen, blijkt wel uit het feit dat bij mestkalveren 40%, bij slachtkuikens 65%, bij rundvee 70%, bij mestvarkens 80% en bij legkippen zelfs 90% van het fosforzuur uit het voer in de mest terecht komt. Voor de kali zijn deze cijfers in alle gevallen bijna 90% of meer.

De verschillen in samenstelling van de uitwerpselen van de diverse diersoorten worden dan ook in belangrijke mate veroorzaakt door verschillen in voeding.

Graanstro, dat meestal als strooisel wordt gebruikt, bevat betrekkelijk weinig stikstof en fosforzuur, maar is vrij rijk aan kali.

De kwaliteit van de mest wordt ten slotte mede beïnvloed door de wijze waarop deze wordt gewonnen en bewaard. De methode van winning bepaalt namelijk de hoeveelheid strooisel en water in de mest. Van de wijze van bewaring hangt af of er tijdens de opslag van de mest veel of weinig organische stof en plantevoedsel verloren gaat.

5.3.2 Soorten dierlijke mest

Men kan dierlijke mest onderscheiden in 3 soorten:

- 1 vaste mest of stalmest;
- 2 gier;
- 3 dunne mest.

Vaste mest

Deze bestaat uit de vaste uitwerpselen vermengd met meer of minder strooisel. Dit strooisel heeft ook een gedeelte van de vloeibare uitwerpselen opgezogen.

Het komt ook voor dat vaste mest alle urine van de dieren bevat. Dat is het geval bij de winning van mest in z.g. loopstallen.

Winning

Vaste rundermest kan worden gewonnen in:

- 1 een grupstal;
- 2 een loopstal.

De vaste mest wordt in een grupstal verkregen door middel van z.g. *gescheiden mestwinning*. De faeces met stro worden, meestal door middel van een mechanisch afvoersysteem (zie fig. 5.1 en 5.2), uit de grup verwijderd en op een hoop buiten de stal gedeponereerd (zie fig. 5.3). De urine vloeit weg naar de gierkelder. Bij deze wijze van mestwinning komt men tot een stroverbruik van 1-3 kg per koe per dag.

In een loopstal past men een vorm van *gemengde mestbewaring* toe. Deze mengmest bevat behalve alle vaste en vloeibare uitwerpselen ook veel stro. Men heeft bij dit systeem namelijk dagelijks 3-9 kg stro per dier nodig, afhankelijk van de inrichting van de stal.

Vaste mest van kippen (strooiselmest) en varkens (zeugen) bevat gewoonlijk ook enig strooisel.

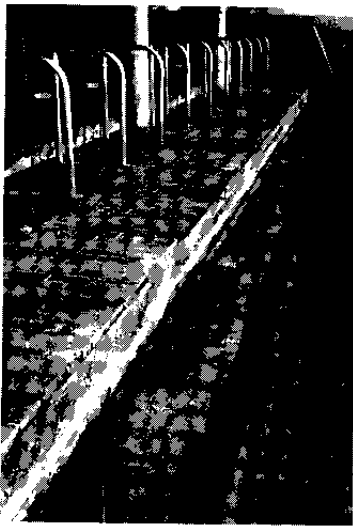
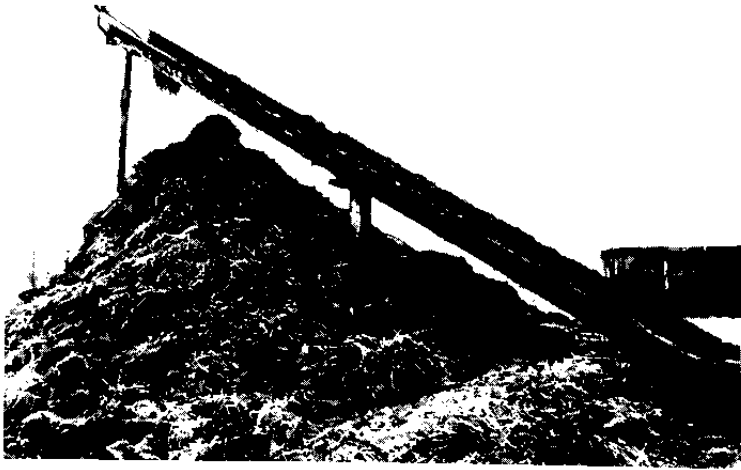


Fig. 5.1 Schuifstangstelsysteem (*Imag*)



Fig. 5.2 Rondgaande ketting (*Imag*)

Fig. 5.3 Mesthoop ontstaan door mechanische mestafvoer (*Consulentschap voor Boerderijbouw en -inrichting*)



Omzettingen en verliezen

In de meeste gevallen is het niet mogelijk de mest in de staltijd direct over het land uit te rijden. Daarom moet dit materiaal gedurende kortere of langere tijd worden bewaard.

VRAAG

97 Waarom is het vaak niet mogelijk om mest in de staltijd toe te dienen?

Tijdens de bewaring treden er allerlei omzettingen in de mest op. Daarbij spelen vooral bacteriën, schimmels en straalschimmels (Actinomyceten) een belangrijke rol. De omstandigheden voor de ontwikkeling van deze microben zijn in de mest vaak uitermate gunstig. Daardoor kan het aantal micro-organismen in korte tijd dan ook geweldig toenemen.

VRAAG

98 Waarom zijn de omstandigheden voor de ontwikkeling van micro-organismen in een mesthoop zo gunstig?

Löhnis vond in verse mest 390-480 miljoen bacteriën per gram. In zes weken was dit aantal opgelopen tot 4800-5700 miljoen.

Deze omzettingen hebben zowel nadelige als gunstige gevolgen.

Nadelige gevolgen:

1 Het verlies van organische stof. Bij sterke luchttoetreding is dit verlies aanmerkelijk groter dan wanneer de mest vast in elkaar zit. Het kan daardoor variëren van 20-50%.

Bij *aërobe* ontleding van de mest treedt er namelijk een sterke mineralisatie van de organische stof op, waarbij veel CO_2 , H_2O en NH_3 ontstaat. Onder *anaërobe* omstandigheden verlopen de omzettingen minder snel en wordt de organische stof ook niet zo volledig afgebroken. Gassen die daarbij vrijkomen, zijn CH_4 , H_2S en NH_3 .

De luchttoetreding tot de mest wordt vooral bepaald door de gebruikte hoeveelheid stro en de wijze van bewaring. Veel stro geeft veel lucht in de mest en bevordert daardoor de afbraak van organische stof (zie fig. 5.4). In een loopstal is het verlies aan organische stof betrekkelijk gering doordat de dieren de mest daar vast in elkaar trappen.

2 Het verlies van stikstof. Bij de ontleding van de organische stof wordt ammoniak (NH_3) gevormd. Aangezien deze verbinding gemakkelijk vluchtig, kan er stikstof verloren gaan. Dit verlies is groter naarmate de omstandigheden meer aëroob zijn. Het kan uiteenlopen van 15-40%.

VRAAG

99 Waarom is het verlies aan NH_3 groter naarmate er meer lucht tot de mest kan toetreden?

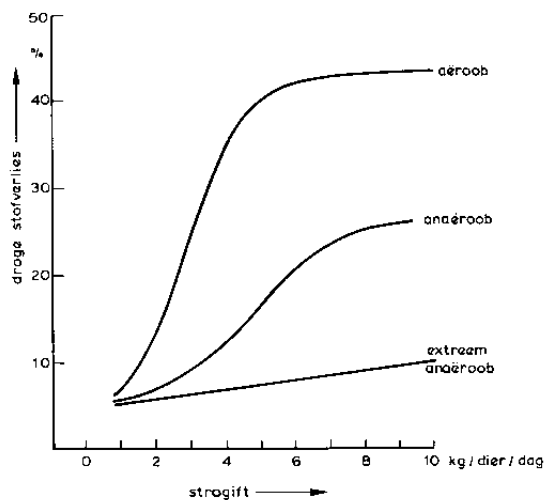


Fig. 5.4 Verband tussen droge stofverlies en strogift bij drie aëratietoestanden tijdens de bewaring van stalmest gedurende 3 maanden (*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid*).

De omzettingen in de mest hebben ook *gunstige* gevolgen:

- 1 Het gemakkelijker verwerkbaar en beter strooibaar worden van de mest, doordat het stro zijn samenhang verliest. Tijdens de bewaring verandert de verse, 'lange' mest in verteerde, 'korte' mest. Dit gebeurt bij luchttoetreding uiteraard vlotter dan onder anaërobe omstandigheden.
- 2 Het beter opneembaar worden van de plantevoedende stoffen, zoals stikstof en fosfor, doordat organische verbindingen worden omgezet in anorganische (mineralisatie).

De snelheid waarmede de organische stikstof beschikbaar komt, is vooral afhankelijk van de mate van luchttoetreding tot de mest. Van invloed is echter ook de C/N-verhouding van het materiaal.

Stro bevat veel koolstof en weinig stikstof en heeft dus een hoge C/N-verhouding (± 80). De C/N-verhouding van vaste mest wordt dan ook vooral bepaald door de hoeveelheid stro die erin is verwerkt (zie fig. 5.5). Bij de bewaring van de mest daalt de C/N-verhouding, doordat er meer koolstof verloren gaat in de vorm van CO_2 en CH_4 dan stikstof in de vorm van NH_3 . De mest wordt dus relatief rijker aan stikstof. Dat de stikstofwerking van stalmest sterk afhangt van de C/N-verhouding blijkt duidelijk uit fig. 5.6.

De C/N-verhouding van organische mest kan zelfs zo hoog zijn, dat er stikstof wordt vastgelegd. De bacteriën die de mest ontleden, zetten dan

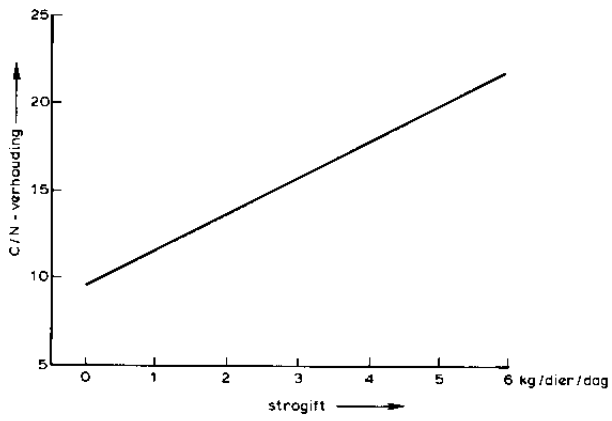
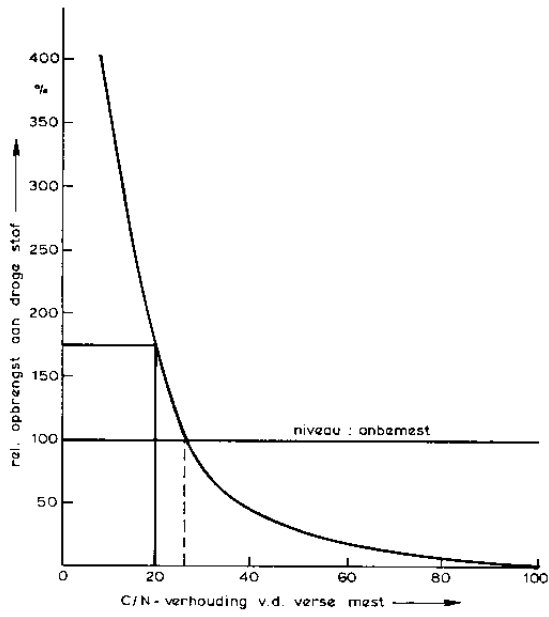


Fig. 5.5 Verband tussen C/N-verhouding en strogift in verse stalmeest (*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid*).

Fig. 5.6 Verband tussen de relatieve opbrengst aan droge stof in het gewas en de C/N-verhouding van verse stalmeest en stro (onbemest = zonder N) (*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid*).



opneembare anorganische stikstofverbindingen om in niet-opneembare organische.

Een C/N-verhouding van 20 is te beschouwen als een veilige grens. In de praktijk blijft deze daar meestal ruim onder (zie fig. 5.5).

Plantevoedende stoffen kunnen bij de bewaring van mest niet alleen verloren gaan door vervluchtiging (NH_3), maar ook door *uitspoeling*.

Door uitspoeling kunnen alleen de oplosbare bestanddelen van de mest verloren gaan. Dit betreft daarom vooral *stikstof* in de vorm van ammoniak en ammoniumverbindingen, en *kali* in de vorm van kaliumwaterstofcarbonaat (KHCO_3). Het verlies aan kali is naar verhouding het grootst. De uitspoeling van fosforzuur is praktisch van geen betekenis.

Uitsijpelend mestwater bevat gemiddeld 2,8% vaste stof en 0,1% stikstof. Aan fosforzuur is het zeer arm, gemiddeld 0,02%. Het bevat echter vrij veel kali, gemiddeld 0,35%.

Om verontreiniging van de grond en vervuiling van slootwater te voorkomen kan men de mesthoop het beste op een *waterdichte mestplaat* zetten.

Door het mestwater te laten afvloeien naar de gierkelder worden uitspoelingsverliezen voorkomen.

Gebleken is, dat het gehalte aan plantevoedende stoffen in de mest bij doelmatige bewaring stijgt. Dit komt, doordat de hoeveelheid mest tijdens de bewaring sterker afneemt dan de hoeveelheden stikstof, fosforzuur, kali, enz. Goed bewaarde mest is dan ook geconcentreerder dan verse mest.

Bij zeer langdurige bewaring ('overjarige' mest) gaat er door vervluchtiging en uitspoeling echter zoveel stikstof verloren, dat de mest meestal vrijwel geen stikstofwerking meer vertoont.

Samenstelling en werking

De gemiddelde samenstelling van de voornaamste mestsoorten wordt aangegeven in tabel J, blz. 208.

Hierbij dient wel bedacht te worden, dat de mest van verschillende bedrijven in samenstelling sterk uiteen kan lopen. Daarom is het gewenst zo nu en dan eens een monster stalmest door het Bedrijfslaboratorium te laten onderzoeken. Dat hoeft niet elk jaar te gebeuren, omdat de mest van een bepaald bedrijf vrij constant van kwaliteit is, tenminste zolang er geen belangrijke veranderingen worden gebracht in de samenstelling van de veestapel, de voeding van de dieren en de wijze van mestwinning en -bewaring.

De *stikstof* komt in stalmest voor in organische verbindingen (eiwitten e.d.) en in anorganische verbindingen (ammoniumverbindingen en nitraten). De laatste zijn direct opneembaar voor de plant. Eiwitstikstof is echter niet op-

neembaar, maar komt geleidelijk vrij door de mineralisatie van de eiwitten tot ammoniumverbindingen en nitraten. Op deze wijze wordt van de organische stikstof in het eerste jaar $\pm 50\%$ vrijgemaakt. De rest komt pas in de daarop volgende jaren beschikbaar. Stalmest-stikstof heeft daardoor een zekere nawerking ('oude kracht')

De werking van de stikstof in vaste mest is in het jaar van aanwending dan ook aanmerkelijk minder dan die van de stikstof in kunstmest. De verhouding daartussen komt tot uitdrukking in de *werkingsfactor* of *werkingscoëfficiënt* van deze N t.o.v. kunstmest-N. Soms spreekt men ook van de 'kunstmestwaarde' van de stalmest-N. Deze wordt aangegeven in procenten.

De werking van N in vaste mest bedraagt op bouwland bij toediening in de herfst 20% en in het voorjaar 40%. Voor vaste mest op grasland zijn deze percentages resp. 10 en 20 (zie blz. 209).

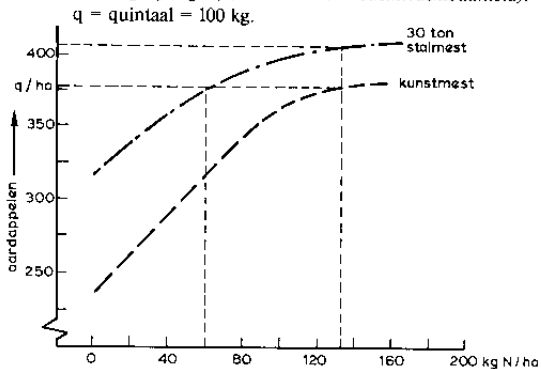
Voorbeeld: Met 30 ton vaste rundermest in het najaar op bouwland geeft men 165 kg N (N-gehalte 5,5‰). Deze hoeveelheid stikstof komt dan overeen met 33 kg N in de vorm van kunstmest (werkingscoëfficiënt 20%).

VRAAG

100 Waardoor zal de werking van de N in vaste mest worden bepaald?

Met de beschikbare stikstof in vaste mest hoeft men bij aardappelen geen rekening te houden. Zelfs bij een optimale stikstofbemesting geeft stalmest bij dit gewas namelijk nog een duidelijke vermeerdering van opbrengst (zie fig. 5.7). Voor bieten moet deze stikstof voor de helft en voor granen en stoppelknollen volledig in rekening worden gebracht.

Fig. 5.7 Gemiddelde opbrengsten met stalmest en kunstmest bij opklimmende stikstofgiften (23 vergelijkingen) (Instituut voor Bodemvruchtbaarheid).



Het *fosforzuur* in vaste mest is eveneens aanwezig in organische en anorganische verbindingen. Onderzoek heeft uitgewezen dat dit fosforzuur gelijkwaardig is aan dat in superfosfaat. Van de benodigde fosfaatbemesting mag men dus het in de vorm van stalmest verstrekte fosforzuur volledig aftrekken. De *kali* komt in de mest voor in de vorm van goed oplosbaar kaliumwaterstofcarbonaat (KHCO_3). Vaste mest is als kalileverancier dan ook volkomen gelijk te stellen aan de kalimeststoffen.

VRAAG

101 Hoe groot is de werkingsfactor van P_2O_5 en K_2O in vaste mest t.o.v. deze voedingsstoffen in kunstmest?

Vaste mest bevat 0,1-0,25% *magnesia* (MgO) in een goed opneembare vorm. De gunstige werking van vaste mest op zure zandgronden is voor een deel hieraan te danken.

Kippemest is nogal rijk aan *kalk*. Gemiddeld bevat deze bijna 2,5% CaO en heeft daardoor een duidelijk basische werking.

VRAAG

102 Hoeveel bedraagt de geldswaarde van de minerale voedingsstoffen (de z.g. kunstmestwaarde) van een ton vaste rundermest (grupstalmest) bij toediening in het voorjaar op bouwland? Voor de berekening van de waarde van 1 kg N, P_2O_5 , K_2O en MgO kan worden uitgegaan van de prijs van resp. kalkammonsalpeter, superfosfaat, kalizout 60% en kieseriet (zie tabel H, biz. 204 e.v.).

Aangezien een deel van de plantevoedende stoffen uit de mest pas door de *ontleding van het organische materiaal* voor de gewassen ter beschikking komt, is het gewenst dat de mest in de grond zo vlot mogelijk verteert.

VRAAG

103 Welke omstandigheden bepalen de snelheid waarmee de organische stof in de grond wordt afgebroken?

Gier

Gier bestaat in hoofdzaak uit de vloeibare uitwerpselen. Het is verontreinigd met mestdeeltjes en meer of minder verdund met gemorst drinkwater, reinigingswater, enz.

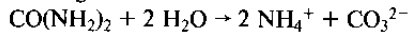
Winning

Gier wordt gewonnen als er gescheiden mestbewaring wordt toegepast. Men laat de gier gewoonlijk in een gierkelder vloeien, waarin deze enige tijd kan worden bewaard.

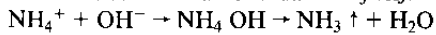
Omzettingen en verliezen

Urine bevat in opgeloste vorm verschillende verbindingen die door de nieren zijn uitgescheiden. De belangrijkste daarvan is ureum - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ - een afbraakproduct van lichaamseiwitten.

Deze verbinding wordt door de ureumbacteriën vlot gehydrolyseerd:



In neutraal en basisch milieu komt dan NH_3 vrij:



Aangezien gier een vrij hoge pH heeft bestaat er kans, dat er veel stikstof in de vorm van ammoniak verloren gaat.

Vervluchting van ammoniak heeft al in de stal plaats. De betrekkelijk hoge staltemperatuur is namelijk uitermate gunstig voor de ontwikkeling van ureumbacteriën. De gevormde ammoniak kan ook gemakkelijk ontwijken, omdat dit gas bij een hoge temperatuur veel minder in water oplost dan bij een lage. Bovendien is de gier in de grup over een vrij grote oppervlakte aan de lucht blootgesteld.

De verliezen aan stikstof in de stal kunnen variëren van 10-40% (gem. 15%). Om deze verliezen zoveel mogelijk te beperken, moet men er dus voor zorgen dat de gier snel naar de gierkelder afvloeit. Het totale verlies aan stikstof in stal en gierkelder bedraagt gemiddeld 20-25%. Bij een slecht gesloten kelder kan dit echter wel oplopen tot 50%.

Behalve stikstof bevat gier vrijwel alleen kalium. Van dit element gaat weinig of niets verloren als de gierkelder tenminste voldoende waterdicht is.

Samenstelling en werking

Het organische-stofgehalte van gier is uiterst laag, zodat deze feitelijk nauwelijks een organische meststof genoemd kan worden.

Van de plantevoedende stoffen zijn alleen stikstof en kali van belang. Het fosforzuurgehalte van gier is bijzonder laag (zie tabel J. blz. 208). De samenstelling van dit produkt is overigens zeer variabel.

De grote variatie in de samenstelling blijkt duidelijk uit een onderzoek, dat men in Noordoostpolder instelde. In 23 monsters gier vond men gemiddeld 0,25% N en 0,78% K_2O . Het N-gehalte varieerde echter van 0,05-0,51% en het K_2O -gehalte van 0,23-1,25%.

Aangezien de gehalten aan N en K_2O zo sterk wisselen, is het gewenst zo nu en dan eens een giermonster door het Bedrijfslaboratorium te laten onderzoeken. Dat is niet elk jaar nodig, omdat de gier van een bepaald bedrijf betrekkelijk constant van samenstelling is.

De werkingsfactor van de gierstikstof is bij aanwending in het voorjaar op bouwland 80% en op grasland 70%; bij toediening in het najaar ongeveer de helft hiervan (zie blz. 209).

De kali komt in de gier voor in de vorm van het goed oplosbare kaliumwaterstofcarbonaat, KHCO_3 . Als kalimestof is gier dan ook volkomen vergelijkbaar met kalihoudende kunstmeststoffen.

Dunne mest

Dunne mest is een mengsel van faeces, urine en water. Er zit weinig of geen strooisel in.

Winning

Men wint dunne mest in stallen of hokken met roostervloeren, in ligboxenstallen en in stallen met een z.g. drijfmestgrup (zie fig. 5.8).

Vanuit ligboxenstallen wordt de mest met behulp van schrapers of vouw-schuiven (zie fig. 5.9) weggeschoven en opgeslagen in kelders, silo's, putten en mestbassins of mestvijvers (zie fig. 5.10).

In de kippenhouderij verkrijgt men dunne mest door aan de uitwerpselen van de dieren water toe te voegen.

Fig. 5.8 Drijfmestgrup (*Imag*).



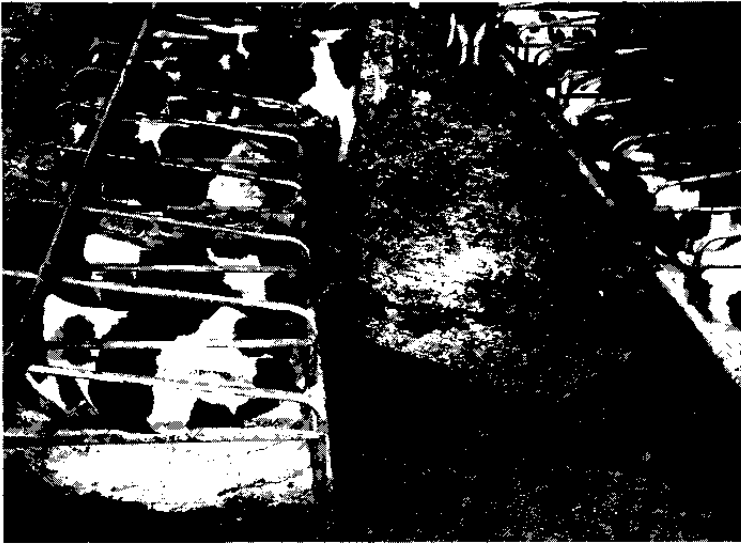
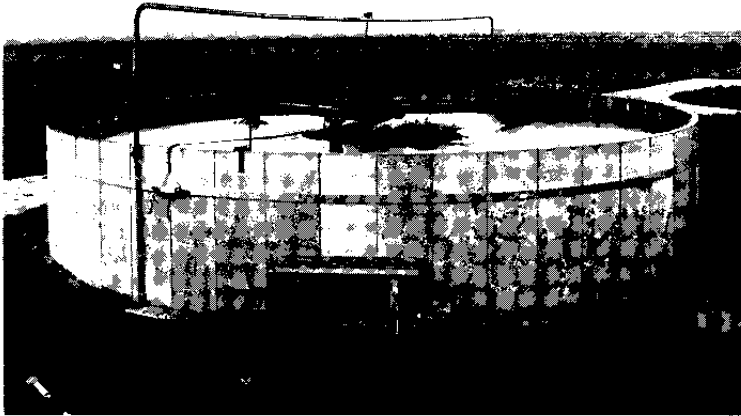


Fig. 5.9 Ligboxenstal met vouwschuif (*Consulentschap voor Boerderijbouw en -inrichting*).

Fig. 5.10 Silo met dunne mest. Er wordt beluchting toegepast om verspreiding van stank tegen te gaan (*Ministerie van Landbouw en Visserij*).



Tegenwoordig is deze methode van mestwinning veel belangrijker dan de gescheiden winning van mest en gier. Het vraagt namelijk weinig arbeid. Bovendien is deze mest gemakkelijk over het land te verspreiden door middel van sproeien.

Omzettingen en verliezen

Aangezien de omstandigheden in de mest tijdens de opslag sterk anaëroob zijn, verlopen de omzettingen daarin betrekkelijk langzaam. Er heeft dan ook geen sterke afbraak van organische stof plaats. Daardoor verkrijgt men bij deze methode ten slotte niet minder organische mest dan bij de gescheiden bewaring, hoewel men weinig of geen stro gebruikt.

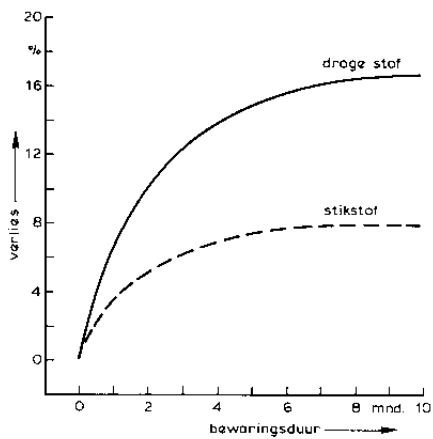
De stikstofverliezen zijn ook gering, gemiddeld $\pm 7\%$, ondanks het feit dat dunne mest veel ammoniakale stikstof bevat (zie fig. 5.11). Dat wordt toegeschreven aan de ontmenging van faeces en gier, die na 3 à 4 weken optreedt. De dikke faecesmassa komt dan boven drijven. Deze zorgt voor een afsluitende laag, waardoor zelfs in een open put weinig NH_3 zal ontwijken.

VRAAG

104 Hoe komt het dat dunne mest veel ammoniak bevat?

Verliezen aan kali en fosforzuur komen niet voor als de opslagruimte waterdicht is.

Fig. 5.11 Verliezen in dunne mest (*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid*)



Samenstelling en werking

Voor de samenstelling van dunne mest kan worden verwezen naar tabel J, blz. 208.

De werking van de stikstof is afhankelijk van de verhouding waarin faeces en gier zijn gemengd.

VRAAG

105 Waarom hangt de stikstofwerking af van de verhouding van faeces en gier?

Als alle faeces in de mest zijn verwerkt, bedraagt de werkingsfactor van de stikstof in het voorjaar op grasland 35% en op bouwland 50% (zie blz. 209). Wanneer men echter sproeit bij hoge temperatuur zal deze aanmerkelijk dalen door grote verliezen aan stikstof in de vorm van ammoniak.

Net als bij vaste mest behoeft men met de werkzame stikstof in dunne mest bij aardappelen geen rekening te houden. Voor bieten moet deze stikstof voor de helft en voor granen en stoppelknollen volledig in rekening worden gebracht.

Kali en fosforzuur in dunne mest zijn volledig gelijkwaardig aan die in kunstmeststoffen.

5.3.3 Toepassing van dierlijke mest

Gewassen die dierlijke mest krijgen

Op *bouwland* wordt dierlijke mest vooral gegeven aan aardappelen, bieten, stoppelknollen e.d., dus aan *rooivuchten*. Deze gewassen zijn daarvoor zeer dankbaar. Ze vragen een goede bodemstructuur, hebben veel stikstof en kali nodig en blijken de stikstof in deze vorm het beste te benutten.

De beste financiële resultaten worden verkregen door dierlijke mest toe te passen voor consumptie-aardappelen. Het zetmeelgehalte van aardappelen wordt echter gedrukt als men veel van deze mest geeft (door grote hoeveelheid kali en chloor). Dat is een bezwaar als men ze teelt voor de fabriek.

Bij bieten wordt het suikergehalte iets verlaagd. Bovendien heeft dierlijke mest een ongunstige invloed op het rendement van de suikerwinning in de fabriek.

Tegenwoordig wordt zeer veel dunne mest gereden naar percelen waar *mais* zal worden geteeld. Dit gewas blijkt namelijk grote hoeveelheden van deze mest te verdragen. Overigens wordt aan granen weinig dierlijke mest gegeven.

Op *grasland* is stalmest voor de structuur van de grond van minder belang

dan op bouwland. De grasmat produceert immers veel organische stof. Bij de aanleg van blijvend grasland is het de eerste jaren echter zeer gewenst dat stalmest wordt toegepast. De grond heeft dan namelijk vaak een laag humusgehalte. Daardoor treedt gemakkelijk structuurverval op, wat een langdurige sukkelperiode tot gevolg kan hebben.

Op oud grasland verkrijgt men wel eens een gunstiger effect met stalmest dan met uitsluitend kunstmest. Dat is echter vrijwel alleen het geval op hoge, humusarme zandgronden en dan nog pas op de lange duur.

De gier gaat in hoofdzaak naar het grasland. Soms worden bieten, koolrapen, stoppelknollen of aardappelen ermee bemest. Voor consumptie-aardappelen is gier echter ongewenst, aangezien de smaak er door achteruit gaat.

Grootte van de gift

De produktie van dierlijke mest is vooral na 1950 geweldig toegenomen. Enerzijds door de sterke uitbreiding van de rundveestapel en anderzijds door de opkomst van varkens- en kalvermesterijen en grote kippenbedrijven, vooral in de zandstreken. De beschikbare hoeveelheden dierlijke mest zijn tegenwoordig dan ook vaak aanmerkelijk groter dan men op het eigen bedrijf voor bemestingsdoeleinden kan gebruiken. In de overschotgebieden trachten *mestbanken* zoveel mogelijk te bemiddelen bij de afzet van mest naar streken waar daaraan behoefte bestaat.

In verband met deze grote produktie van mest ligt de vraag voor de hand hoeveel men daarvan maximaal per hectare op bouwland en grasland kan toedienen zonder schade voor de gewassen en het vee.

Voor *bouwland* zal dit meestal afhangen van de hoeveelheid stikstof die men in deze vorm geeft. Een overmaat aan stikstof is immers voor de meeste gewassen schadelijk. Een eventuele overmaat aan kali is minder bezwaarlijk (behalve voor fabriksaardappelen!), terwijl men van een teveel aan fosforzuur zelden nadelen constateert.

Volgens Henkens¹ hebben de akkerbouwgewassen per jaar gemiddeld 150 kg N per ha in de vorm van kunstmest nodig. Bij een gemiddelde werkingscoëfficiënt van de N in dierlijke mest van 55% (jaarlijks toegediend en uitgereden gedurende de gehele periode van herfst tot voorjaar) betekent dit een hoeveelheid van $(100:55) \times 150 \text{ N} = 150 \text{ kg N} = 273 \text{ N}$ in de vorm van dierlijke mest.

Deze hoeveelheid stikstof komt overeen met:

60 ton dunne rundermest	40 ton dunne varkensmest
50 ton vaste rundermest	22 ton vaste kippemest

¹ Dr. Ir. Ch. H. Henkes, Consulnt voor Bodemaangelegenheden in de landbouw.

Voor *grasland* dient men de maximale hoeveelheid dierlijke mest af te meten aan de hoeveelheid kali die nog toelaatbaar is. Een te zware kalibemesting leidt immers tot een verlaging van het calcium- en magnesiumgehalte van het gras. Vooral als deze samengaat met een zware stikstofbemesting kan dat zeer nadelig zijn voor de gezondheidstoestand van de dieren (kopziekte). De kalibehoeftte bedraagt bij een voldoende kalitoestand van de grond 100 kg K_2O voor kleigrasland en 140 kg K_2O voor zandgrasland bij 1x maaien en verder weiden.

Een bedrijf met een rundveebezetting van 2,5 g.v.e. per ha komt tot een produktie van 25 ton dunne mest of 12,5 ton vaste mest en 10 ton gier. Hierin zit ongeveer 125 kg K_2O . Een jaarlijkse bemesting met deze hoeveelheid rundermest lijkt dus verantwoord.

Vooral op zandgrasland kan men zelfs nog wel extra hoeveelheden varkens-, kalver- of kippemest kwijt. Bij toediening van de mest in de winter heeft daar namelijk nogal wat uitspoeling van kali plaats. Worden er bovendien preventieve maatregelen tegen kopziekte genomen, dan kan men nog meer geven. In dat geval is zelfs op kleigrasland een aanvullende bemesting met dierlijke mest verantwoord.

Henkens komt dan ook tot de conclusie dat er op een dergelijk bedrijf op zandgrond nog wel plaats is voor 13,5 ton dunne varkensmest of 6 ton kippemest per ha. Op kleigrond kan men gaan tot een aanvullende gift van 10 ton dunne mest van varkens of een overeenkomstige hoeveelheid kippemest. Hij wijst er op dat er bij een rundveebezetting van meer dan 3 g.v.e. per ha op het grasland geen plaats meer is voor mest van andere diersoorten.

Bij toepassing van grote hoeveelheden mest van slachtvarkens dient men er rekening mee te houden, dat deze vaak koper bevat, doordat men extra koper aan het voer heeft toegevoegd. Op percelen die dergelijke mest hebben gekregen, kan men beter geen schapen weiden. Bij regelmatige toepassing van deze varkensmest kan op den duur een ongewenste ophoping van koper in de grond optreden.

Een gelijkmatige verdeling van de dierlijke mest over het hele bedrijf is gewenst. Beperking van deze bemesting tot de percelen die het gemakkelijkst bereikbaar zijn, kan leiden tot een extreem hoge kalitoestand van de grond (zie fig. 5.12) Voor een controle op de juiste verdeling van de beschikbare mest over de verschillende percelen is periodiek grondonderzoek (om de 5 à 6 jaar) van belang. Daardoor kan men nagaan of de fosfaat- en kalitoestand op peil blijven en of er geen ongewenste verschuivingen optreden.

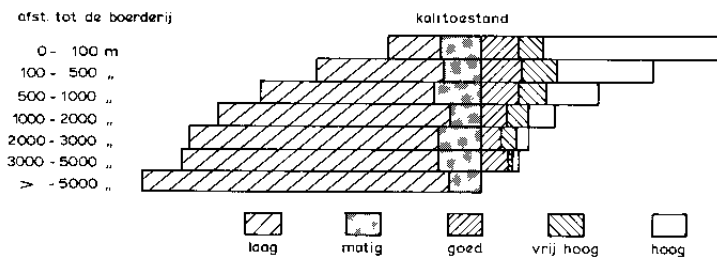


Fig. 5.12 De kalitoestand van grasland op verschillende afstanden van de boerderij (Ir. F.H.B. Vermeulen).

Tijd van toediening

Voor het *bouwland* hangt het tijdstip van het uitrijden van de mest in hoofdzaak af van de zwaarte van de grond.

Op zware gronden brengt men de mest bij voorkeur in de nazomer of in de herfst naar het land. Op lichte gronden kan dat ook in het voorjaar.

Toediening in het voorjaar heeft het voordeel dat de stikstofwerking dan het grootst is. De werkingscoëfficiënt van de stikstof is in het voorjaar gemiddeld zelfs het dubbele van die in het najaar (zie blz. 209). Bovendien heeft er dan op lichte gronden minder verlies door uitspoeling van kali plaats.

Een bezwaar van toediening van dierlijke mest in het voorjaar aan aardappelen is, dat daardoor opbrengst en zetmeelgehalte enigszins worden gedrukt. Dat is vooral een gevolg van de werking van de chloor die in de mest zit.

Dunne mest en gier worden in de zomer wel op graanstoppels gespreid. Door de hoge temperatuur kan er dan echter vrij veel stikstof verloren gaan.

Op *grasland* kan men feitelijk het hele jaar door mest uitrijden. Ook daar is de stikstofwerking echter het grootst bij toediening in het voorjaar. De werkingscoëfficiënt van de stikstof is dan ongeveer tweemaal zo groot als in het najaar (zie blz. 209).

Op zandgronden raakt men bovendien veel minder kali kwijt door uitspoeling. Dit verlies bedraagt wel 50% en meer bij toediening van de mest in november of december.

Percelen die in het voorjaar beweid zullen worden, moeten liever niet na 1 maart met dunne mest of gier worden bemest. Dat vergroot namelijk de kans op kopziekte.

De weersomstandigheden bij het uitrijden van de mest zijn van grote invloed op de werking, vooral bij toediening in voorjaar en zomer. Bij scherp zonnig,

winderig, z.g. 'schraal' weer kan namelijk zeer veel ammoniak vervluchtigen, vooral bij het sproeien van dunne mest en gier. Bij voorkeur doet men dit dan ook op een windstille, regenachtige dag.

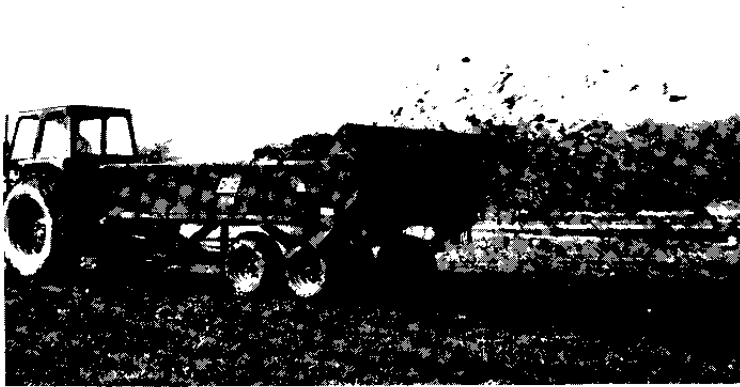
Wijze van toediening

Vaste mest wordt tegenwoordig in hoofdzaak met behulp van stalmestverspreiders over het land gebracht (zie fig. 5.13).

Op *grasland* is een zo fijn mogelijke verdeling van de mest met behulp van een weidesleep, kettingegge, mestschudderegge of een trommelschudder gewenst. Anders kunnen grove kluiten leiden tot verstikking van de fijnere grassen. De beste verdeling bereikt men als de mest goed verteerd is. Dunne mest en gier worden meestal met een mest- of giertank over het land gespreeid (zie fig. 5.14).

Aangezien in dunne mest tijdens de opslag ontmenging van de vaste en vloeibare bestanddelen optreedt, kan er gemakkelijk een ongelijke verdeling ontstaan. Dit leidt soms tot ernstige schade aan de grasmatten. Waar in hoofdzaak gier terechtkomt, kan de zode namelijk verbranden, doordat gier rijk is aan stikstof en kalium. Op andere plekken verstikt het gras onder het dikke materiaal. Door beide oorzaken ontstaat een holle zode, waarin zich veel onkruid ontwikkelt. Het is dus zaak dunne mest vóór het sproeien goed te mengen.

Fig. 5.13 Verspreiden van vaste mest (*Cebeco*)



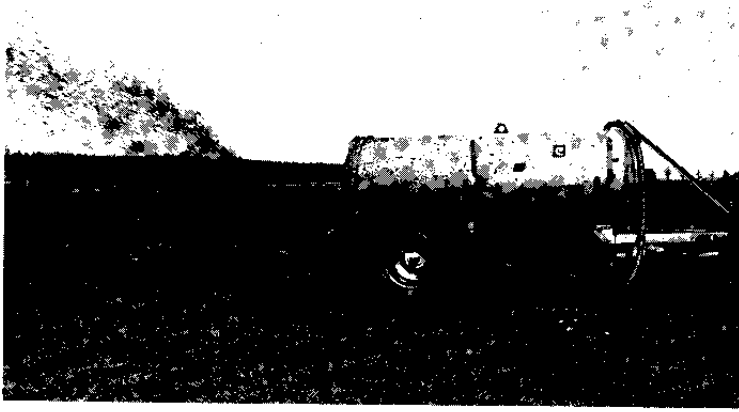


Fig. 5.14 Het sproeien van dunne mest (*Ministerie van Landbouw en Visserij*).

Op *bouwland* is het gewenst de mest zo spoedig mogelijk onder te ploegen. Daardoor kan men de stikstofverliezen belangrijk beperken.

Dunne mest en gier worden op bouwland ook wel in de grond geïnjecteerd (zie fig. 7.2). Men doet dat vooral om de onaangename stank van deze produkten bij het uitrijden te verminderen. Bovendien wordt op deze wijze de vervluchtiging van ammoniak tegengegaan. Dit injecteren vraagt echter veel trekkracht en men heeft daarbij vaak last van verstopping van leidingen.

5.3.4 Meststoffenbalans

Op een meststoffenbalans voor een bedrijf stelt men tegenover elkaar:

- 1 de hoeveelheden P_2O_5 en K_2O waarover men beschikt in de dierlijke mest die op het bedrijf wordt gewonnen;
- 2 de hoeveelheden P_2O_5 en K_2O die voor de bemesting nodig zijn.

Door het opstellen van een dergelijke meststoffenbalans kan men nagaan of er ten aanzien van P_2O_5 en K_2O in de beschikbare dierlijke mest een overschot aanwezig is of dat men daarvan meer of minder moet bijkopen in de vorm van kunstmest of organische mest.

Het nauwkeurigst kan men de hoeveelheden P_2O_5 en K_2O in de dierlijke mest bepalen door de geproduceerde hoeveelheden mest zo goed mogelijk te meten en een gemiddeld monster door het Bedrijfslaboratorium op samenstelling te laten onderzoeken. Het is echter gemakkelijker om uit te gaan van

de normen die men heeft vastgesteld voor de hoeveelheden P_2O_5 en K_2O die de dieren produceren (zie tabel K, blz. 209). Men kan zich dan beperken tot het opnemen van de op het bedrijf aanwezige veestapel. Met behulp van de genoemde normen zijn de in de dierlijke mest beschikbare hoeveelheden P_2O_5 en K_2O daarna eenvoudig te berekenen.

De behoefte aan P_2O_5 en K_2O kan men het beste bepalen aan de hand van de resultaten van het scheikundig grondonderzoek en de adviezen die het Bedrijfslaboratorium daarbij verstrekt. Beschikt men echter niet over deze gegevens, dan kan men uitgaan van een voldoende fosfaat- en kalistoestand van de grond. Met behulp van de adviesschema's op blz. 189 e.v. is dan te bepalen hoeveel P_2O_5 en K_2O er nodig is.

Wanneer de produktie aan P_2O_5 en K_2O in de dierlijke mest niet veel groter is dan of gelijk is aan de behoefte, betekent dit dat er *bij een goede verdeling over het bedrijf* geen fosfaat en kali hoeft te worden aangekocht. Eerst wanneer de produktie belangrijk groter is dan de behoefte is er sprake van een overschot en moet een deel van de mest worden afgevoerd.

Formulieren voor het opstellen van een meststoffenbalans zijn verkrijgbaar bij de Rijkslandbouwvoorlichtingsdienst. Het Werkboek Bemestingsleer bevat ook enkele opgaven over dit onderwerp.

5.4 Groenbemesting

Onder groenbemesting verstaat men het onderploegen van planten of plantdelen voor bemesting.

Verskillende gewassen worden speciaal voor dit doel verbouwd, enkele als hoofdgewas, andere als stoppelgewas, gezaaid onder dekvrucht of als nagewas.

Men beoogt met groenbemesting in hoofdzaak *behoud en verbetering van de structuur van de grond* door middel van toevoer van organische stof. Verrijking van de grond met plantevoedsel heeft door groenbemesting niet plaats, tenzij men gebruik maakt van een vlinderbloemig gewas. De vlinderbloemigen zijn namelijk in staat om met behulp van wortelknolletjesbacteriën stikstof uit de lucht te binden. Deze komt daarbij grotendeels aan de waardplant ten goede. Na het onderploegen van zo'n stikstofverzamelaar kan het volgende gewas van deze stikstof profiteren.

We kunnen dus onderscheiden:

- 1 vlinderbloemige groenbemesters;
- 2 niet-vlinderbloemige groenbemesters.

5.4.1 Vlinderbloemige groenbemesters

De belangrijkste vlinderbloemige groenbemesters zijn: rode klaver, witte klaver, Alexandrijnse klaver, Perzische klaver en incarnaat- of Franse klaver; luzerne en hopperupsklaver; lupinen en serradelle; voederwikke.

De Rassenlijst voor Landbouwgewassen bevat gegevens over de teelt van deze gewassen en hun waardering als groenbemesters.

Stikstofbinding

De vlinderbloemige gewassen staan al eeuwenlang bekend als uitstekende voorvruchten. Het is echter nog slechts betrekkelijk kort geleden, dat men ontdekte dat dit aan een verrijking van de grond met stikstof moet worden toegeschreven. Deze stikstofverrijking is een gevolg van de binding van stikstof uit de lucht door bacteriën, die in de typische wortelknolletjes van deze gewassen aanwezig zijn. Men noemt ze daarom ook wortelknolletjesbacteriën (*Rhizobium radiciola*).

Wortelknolletjesbacteriën

Er bestaan *verschillende soorten knolletjesbacteriën*. Elk soort is slechts in staat knolletjes te verwekken bij een bepaald gewas of groep van gewassen. Zo kent men:

- 1 luzernebacteriën bij luzerne en hopperupsklaver;
- 2 klaverbacteriën bij alle klavers met uitzondering van hopperups;
- 3 erwtebacteriën bij erwten, veldbonen en wikken;
- 4 bonebacteriën bij stambonen;
- 5 lupinebacteriën bij lupinen en serradelle.

Luzernebacteriën zijn dus wel in staat op hopperups te leven, maar niet op rode klaver. De erwtebacteriën kunnen ook knolletjes vormen bij paardebonen, maar niet bij bruine bonen.

Bovendien is gebleken dat er van elke bacteriesoort nog weer *diverse stammen* voorkomen die verschillen in stikstofbindend vermogen (virulentie) (zie fig. 5.15).

De sterkte van de stikstofbinding blijkt uit:

- 1 de ontwikkeling van het gewas; is het schraal en bleekgroen van kleur, dan duidt dit op stikstofgebrek, dus op onvoldoende binding van stikstof;
- 2 het aantal en de grootte van de knolletjes; veel kleine knolletjes wijzen erop dat er te weinig stikstof wordt gebonden (zie fig. 5.15);



Fig. 5.15 Wortelknolletjes van rode klaver in stikstofvrije agar-voedingsbodem:
 1 en 2 goed werkzame stam die maar enkele grote, langwerpige knolletjes vormt;
 3 en 4 onwerkzame stam die zeer veel, maar kleine knolletjes vormt.
 (Instituut voor Bodemvruchtbaarheid)

3 de kleur van de knolletjes op doorsnede; roze tot rood betekent goede, bruin geringe en kleurloos geen stikstofbinding.

Enting van zaaizaad

Het is dus mogelijk dat de stikstofbinding door de bacteriën onvoldoende is. Bovendien komt het voor dat de grond geen of onvoldoende knolletjesbacteriën bevat.

Men kan dan de nodige werkzame bacteriën in de grond brengen. Hiertoe is men in staat, doordat men knolletjesbacteriën op grote schaal in reïncultuur weet te kweken. Dit kweken heeft gewoonlijk plaats op een vloeibare voedingsbodem. Als de bacteriën zich voldoende hebben ontwikkeld, kan de cultuur worden gemengd met vochtige, neutrale, humushoudende zandgrond (*entaarde*). Deze entaarde kan men door het zaaizaad mengen.

Het enten van zaaizaad met reïncultures van knolletjesbacteriën wordt overigens weinig toegepast. Het gebeurt nog wel in de IJsselmeerpolders. De benodigde entstof wordt dan geleverd door het Microbiologisch Laboratorium van de Rijksdienst IJsselmeerpolders.

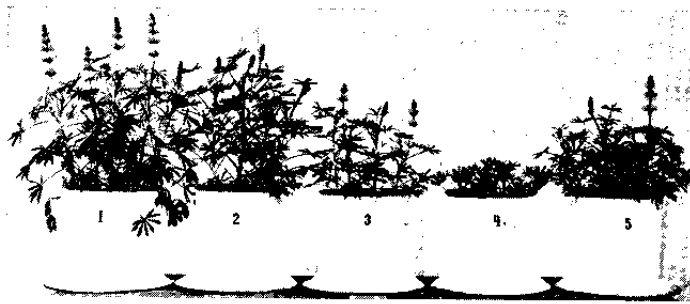


Fig. 5.16 Werking van verschillende stammen van lupinebacteriën: pot 1 zeer goede stam; pot 2 minder goede stam; pot 3 slechte stam; pot 4 ongeënt; pot 5 ongeënt, 40 kg N per ha (*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid*).

VRAAG

106 Waarom zou het enten van zaaizaad van vlinderbloemigen juist in de IJsselmeerpolders van belang zijn?

5.4.2 Niet-vlinderbloemige groenbemesters

Van de niet-vlinderbloemigen worden vooral kruisbloemige gewassen, granen en grassen voor groenbemesting gebruikt.

De voornaamste *kruisbloemige groenbemesters* zijn:

stoppelknollen, gele mosterd, zomerkoolzaad, bladkool en bladramenas.

Van de *granen* gebruikt men in hoofdzaak:

rogge en kanariezaad.

Van de *grassen*:

Italiaans, Westerwolds en Engels raagrass.

De Rassenlijst voor Landbouwgewassen bevat gegevens over de teelt van deze gewassen en hun waardering als groenbemesters.

In tegenstelling tot de vlinderbloemigen binden deze gewassen geen stikstof. Voor een goede ontwikkeling vragen ze zelfs een stikstofgift van 40-80 kg N per ha. Op zeer schrale stoppels is dat soms nog te weinig.

Voor op grassen moet men de stikstofbemesting echter ook weer niet overdrijven. Deze leidt namelijk wel tot een sterkere bladontwikkeling, maar de doorworteling van de bouwvoor wordt daardoor minder. Dat is ongewenst, omdat de grote massa fijne worteltjes van de grassen juist zorgt voor een sterke samenhang van de gronddeeltjes. Na het ploegen zal de grond daardoor minder gemakkelijk verslempen (zie fig. 5.17).

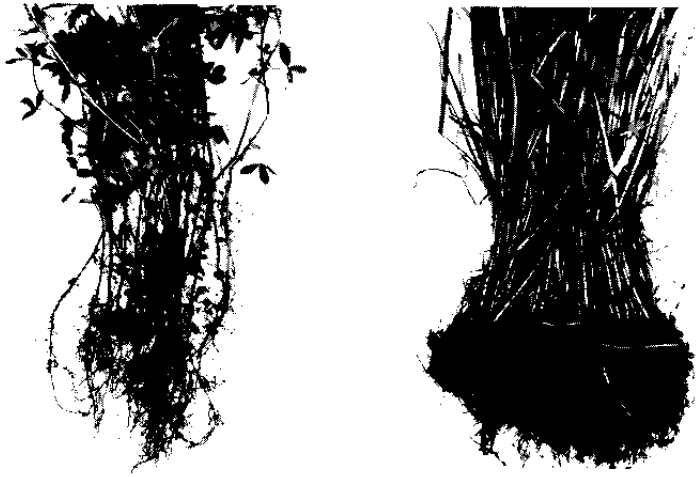


Fig. 5.17 Verschil in doorworteling van de bouwvoor door klaver (links) en gras (rechts) (*Rijkslandbouwconsulentenschap voor Bodemaangelegenheden in de landbouw*).

5.4.3 Toepassing van groenbemesting

Wannéér men een groenbemester moet onderploegen, hangt in hoofdzaak af van:

- 1 het gewas dat erop moet volgen: als men een zomergewas wil verbouwen, kan er uiteraard later worden geploegd dan wanneer er een wintergewas gezaaid moet worden;
- 2 de aard van de grond: op een zware grond komt onderploegen in het voorjaar niet in aanmerking, op een lichte grond verdient dit juist wel aanbeveling.

In het algemeen is het wenselijk een groenbemester zo *laat mogelijk* onder te ploegen. Dit heeft de volgende voordelen:

- 1 Het gewas is al wat gezakt of soms zelfs doodgevroren, wat het onderbrengen vergemakkelijkt.
- 2 De grond blijft zo lang mogelijk bedekt. Hierdoor wordt deze beschermd tegen de structurbedervende invloed van de regen.

Vooraf in een natte periode kan het tweede punt van grote betekenis zijn. Op zandgronden en slompige zavel verdient het daarom zelfs aanbeveling de groenbemestingsgewassen pas in het voorjaar onder te ploegen.

Op zware gronden is het echter zaak een groenbemester tijdig onder te ploegen. Ploegt men daar namelijk bij ongunstige weersomstandigheden, dan kan de goede invloed van de groenbemesting op de structuur vrijwel geheel verloren gaan. Ook beweiden in een nat najaar heeft een bijzonder nadelig effect.

Het is gewenst, dat de groenbemester volledig wordt ondergewerkt. Anders krijgt men soms last van hinderlijke opslag, vooral na een zachte winter. Er dient voor gezorgd te worden, dat de groenbemester niet te diep wordt weggeploegd. Diep ondergeploegd materiaal heeft voor de structuur van de bouwvoor namelijk niet veel te betekenen. Bovendien verteert dit onder min of meer anaërobe omstandigheden betrekkelijk langzaam. Er kan zelfs reductie optreden (blauwkleuring), hetgeen nadelig is voor het volgende gewas. De beste verdeling van het organisch materiaal door de bouwvoor verkrijgt men door middel van frezen.

5.4.4 Voordelen van groenbemesting

Het effect van een groenbemesting is driedelig:

- 1 Structuurbehoud door grondbedekking.
- 2 Structuurverbetering door het organische materiaal. In dit opzicht zijn niet alleen de bovengrondse delen van het gewas van belang, maar ook het wortelstelsel. Dat vertegenwoordigt vaak een aanzienlijke hoeveelheid organisch materiaal, die bovendien goed door de grond is verdeeld. Hoe beter de grond doorworteld is, hoe meer weerstand deze heeft tegen verslemping na het omploegen van de groenbemester. Vooral het fijne, sterk vertakte wortelstelsel van de grassen werkt in dit opzicht gunstig (fig. 5.17).
- 3 Verrijking van de grond met stikstof. Dit is vooral het geval wanneer een vlinderbloemig gewas als groenbemester wordt gebruikt. Na het onderploegen van een niet-vlinderbloemig gewas kan men soms echter ook enigszins op stikstof bezuinigen.

De hoeveelheid stikstof die voor een volgend gewas beschikbaar komt na het onderploegen van een groenbemester, loopt sterk uiteen. Die is namelijk afhankelijk van de volgende factoren:

- 1 De totale hoeveelheid organische stof.
- 2 De C/N-verhouding van het materiaal (zie blz. 146).
- 3 De snelheid van vertering.

De hoeveelheid stikstof die men kan besparen met een vlinderbloemige groenbemester, is gemiddeld 20-60 kg N per ha. In het tweede jaar heeft men soms nog wat nawerking.

Niet-vlinderbloemigen leveren het eerste jaar 10-40 kg N per ha.

VRAGEN

- 107 Waarom is de zwaarte van de grond van invloed op de stikstofwerking van een groenbemester?
- 108 De opneembaarheid van het bodemfosfaat wordt door groenbemesting enigszins verbeterd. Hoe is dat te verklaren?

- 4 Verbetering van de doorlatendheid van de grond. Na het afsterven van de diepgaande wortels zorgen de wortelkanalen in de ondergrond voor de afvoer van water. Hierdoor is een perceel na een groenbemesting in het voorjaar vroeger droog.
- 5 Vergroting van het vochtverbruik. Een groenbemestingsgewas verdampt veel meer water dan de kale grond. Daardoor blijft de grond onder een groenbemester in het najaar droger, wat weer gunstig is voor de structuur. Op lichte zandgronden kan dit extra vochtgebruik bij toepassing van een winterhard gewas, zoals rogge, nadelig zijn. Het is dan zaak om vroeg in het voorjaar te ploegen.

5.4.5 Nadelen van groenbemesting

- 1 Vervuiling van het land. Op een perceel waar een groenbemester staat, is het vanzelfsprekend onmogelijk de stoppel te bewerken. Een intensieve toepassing van groenbemesting kan daarom gemakkelijk leiden tot uitbreiding van het onkruid. Vooral de z.g. wortelonkruiden, zoals kweek, distels, stekels en hoefblad, komen soms sterk naar voren. Onkruiden kunnen zich vooral goed ontwikkelen bij een dunne, schrale stand van het groenbemestingsgewas. Het is daarom van belang, dat men de ontwikkeling van de groenbesters zoveel mogelijk bevordert. In dit verband is het noodzakelijk, dat men de niet-vlinderbloemigen voldoende stikstof geeft. Op vuil land is onkruidbestrijding belangrijker dan groenbemesting. Overigens is een zwaar groenbemestingsgewas een uitstekende onkruidverdelger.
- 2 Optreden van vretelij en ziekten. Men kan na een groenbemesting wel eens extra last hebben van ritnaalden, emelten, bladrandkevers of slakken. Hiermee zal men dus rekening moeten houden. Kruisbloemige gewassen moet men liever niet voor groenbemesting gebruiken op land waar bietemoehheid voorkomt. Het optreden van het bietecysteeltje wordt er namelijk door in de hand gewerkt. Wikken zijn ongewenst op percelen die zijn besmet met het erwtecysteeltje. Grassen kunnen het optreden van de fritvlieg bevorderen.

- 3 Minder gelijkmatige gewassen. Na een groenbemesting is het gewas vaak minder gelijkmatig, doordat de groenbemester zelf een onregelmatige stand had.
- 4 Moeilijke schatting van de benodigde stikstof. De benodigde hoeveelheid stikstof voor het volgende gewas is moeilijk te schatten. De stikstofwerking van de groenbemesting kan immers vrij sterk variëren. Men loopt daardoor dus het risico, dat men in het ene geval te veel en in het andere te weinig stikstof geeft.

Aan groenbemesting zijn dus verschillende bezwaren verbonden. Deze zijn overigens óf te vermijden, óf praktisch van weinig betekenis. In het algemeen wegen de voordelen wel zeer duidelijk op tegen de nadelen. Groenbemesting moet dan ook als een belangrijk middel worden beschouwd om bouwland in een goede conditie te houden.

5.5 Compost

Compost is een produkt dat hoofdzakelijk bestaat uit organische afvalstoffen die volledig of ten dele hebben gebroeid.

Het doel van het composteren is uit volumineuze en vaak zeer heterogene materialen een uniform, aardachtig en humusrijk produkt te verkrijgen. Voor een goed verloop van het composteringsproces is voldoende vocht, lucht en stikstof nodig. Bij eiwitarme produkten moet extra stikstof worden toegevoegd. De C/N-verhouding van het materiaal dient bij het begin van het proces ongeveer 35 te zijn. Bij een gerijpte compost is deze gedaald tot beneden 20. Toevoeging van fosfaat en kalk kan in sommige gevallen de compostering bevorderen.

Vóór de invoering van kunstmest werd compost veel toegepast. Vrijwel elke stad had toen de beschikking over een 'vuilnisbelt', waarop de aangevoerde afvalstoffen (huisvuil, straatvuil, marktvuil, enz.) werden gedeponeerd. Door deze vuilnishopen werkte men gewoonlijk laagsgewijs menselijke faecaliën (beer) en bagger uit de grachten. Na een broeiproces van enkele maanden was de *belt-* of *stadscompost* geschikt om als meststof te worden gebruikt. De kwaliteit van de beltcompost hing grotendeels af van de hoeveelheid beer die erin was verwerkt.

In het midden van de vorige eeuw was de vraag naar stadscompost zeer groot. Zo heeft men bij de dalgrondontginningen in de Veenkoloniën veel gebruik gemaakt van compost uit de stad Groningen. In verschillende pachtcontracten uit die tijd werden de pachters zelfs verplicht om jaarlijks een zeker kwantum 'stratendrek' over het land te brengen.

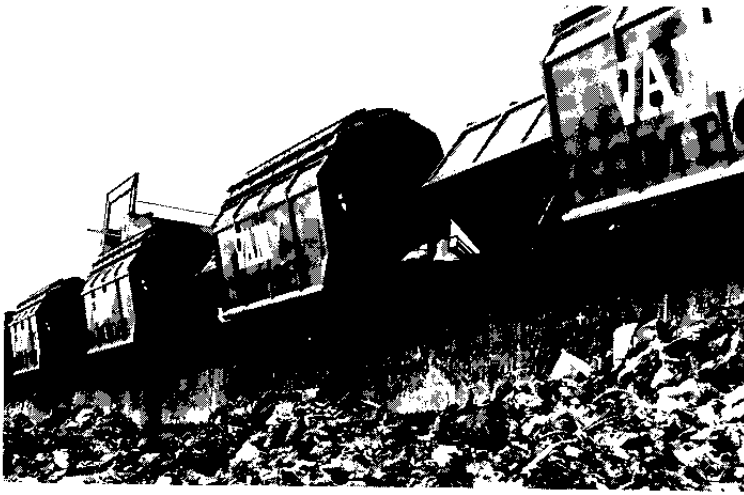


Fig. 5.18 Een speciale trein stort afval op het terrein van de V.A.M. te Wijster in Drenthe, het grootste compostbedrijf ter wereld.

De kunstmeststoffen hebben het gebruik van compost sterk doen teruglopen. Bovendien nam de kwaliteit van het produkt aanmerkelijk af door de invoering van waterclosets, waardoor de beer verloren ging. Sinds het begin van de dertiger jaren telt ons land echter enkele nieuwe, modern geoutilleerde compostbedrijven (zie fig. 5.18).

Productie

Compost wordt in hoofdzaak geproduceerd door de N.V. Vuilafvoer Maatschappij (V.A.M.) in Wijster (Dr.) en Mierlo (N.-Br.). De totale productie bedraagt ruim 120000 ton per jaar.

Van de globaal 4 miljoen ton afvalstoffen die in ons land jaarlijks wordt verzameld, wordt 18% verwerkt tot compost, 32% verbrand, 21% gecontroleerd gestort (begraven). De rest ($\pm 29\%$) komt terecht op ongeveer 800 vuilnisbelten.

5.5.1 Samenstelling en werking van compost

V.A.M.-compost heeft gemiddeld de volgende samenstelling:

vocht	35%	kali (K_2O)	0,2%
organische stof	18%	kalk (CaO)	1,5%
stikstof (N)	0,6%	magnesia (MgO)	0,3%
fosforzuur (P_2O_5)	0,5%		

De werking van stadsafvalcompost is zeer veelzijdig:

- 1 De organische stof is van belang voor de structuur van de grond.
- 2 De kalk is gunstig voor zure gronden. Aangezien het gehalte vrij hoog is, wordt met een normale gift compost (40 à 60 ton per ha) heel wat kalk in de grond gebracht.

VRAAG

109 Kan de betrekkelijk grote hoeveelheid kalk die men met compost in de grond brengt, ook wel eens bezwaren opleveren?

- 3 De magnesia is op zure zand- en dalgronden vaak nuttig.
- 4 De stikstof is maar voor een klein gedeelte (10%) direct opneembaar.
- 5 Het fosforzuur is eveneens moeilijk opneembaar. In het jaar van aanwending komt daarvan maar 10-15% tot werking. De nawerking in het tweede jaar is ongeveer even groot.
- 6 De kali is gemakkelijk opneembaar. Deze is vrijwel gelijkwaardig aan die in kunstmeststoffen. Het is zaak hierop vooral bedacht te zijn bij de teelt van fabrieksaardappelen op zand- en dalgronden. Een teveel aan kali kan daar gemakkelijk leiden tot een te laag zetmeelgehalte.
- 7 De spoorelementen in compost kunnen in bepaalde gevallen van belang zijn. Zo gebruikte men reeds stadscompost tegen de 'ontginningsziekte' lang voordat men wist dat dit verschijnsel veroorzaakt werd door een tekort aan opneembaar koper (zie blz. 129). De gehalten aan koper en andere z.g. zware metalen, zoals lood, zink en cadmium, kunnen echter wel eens zodanig zijn, dat dit bezwaar oplevert voor de gewassen en het vee.

5.5.2 Compostsoorten

De V.A.M. levert tegenwoordig compost in verschillende kwaliteiten. Zo onderscheidt men niet alleen de fijnere tuinbouwcompost en de extra fijne 'edelcompost', maar ook veencompost (een mengsel van tuinturf en tuinbouwcompost).

Naast deze z.g. bulkproducten worden ook verschillende verpakte V.A.M.-

produkten in de handel gebracht, zoals siertuincompost, rozemest, biggecompost en Vamora-potaarde.

Champignonmest is een gecomposteerd mengsel van paardemest en/of stro, zeugemest, slachtkuikenmest, K.I.-stieremest, ureum en gips. In de champignonkwekerijen wordt dit afgedekt met een mengsel van zwartveen, turf-molm, mergel en scherp zand. Na de teelt van de champignons wordt het mengsel van compost en dekaarde verkocht als afgewerkte champignonmest. Voor bodemverbetering is deze uitstekend bruikbaar.

5.5.3 Toepassing van compost

De laatste jaren is de vraag naar de fijnere kwaliteiten sterk toegenomen. Verreweg het grootste deel van de produktie gaat nu naar gronden die voor recreatiedoeleinden (sportvelden, parken en tuinen) worden gebruikt. Verder wordt compost in de intensieve tuinbouw toegepast en nog maar zeer weinig in de landbouw.

5.6 Afvalwaterzuiveringsslib

Afvalwaterzuiveringsslib wordt gewonnen in inrichtingen voor de zuivering van rioolwater. De beschikbare hoeveelheid van dit produkt voor bemestingsdoeleinden is de laatste jaren aanzienlijk toegenomen door de uitbreiding van het aantal installaties na de inwerkingtreding van de Wet op de Verontreiniging van Oppervlaktewateren (1970).

Produktie

Op 31 december 1976 waren er in ons land 519 rioolwaterzuiveringsinrichtingen voor gemeentelijke kernen. Deze zuiverden niet alleen het afvalwater van ruim 10 miljoen mensen, maar bovendien nog een hoeveelheid industrieel afvalwater overeenkomende met ruim 6 miljoen z.g. inwonerequivalenten¹. Daarnaast waren er 198 inrichtingen voor de zuivering van een hoeveelheid rioolwater van niet-gemeentelijke kernen (fabrieken, kazernes, campings, enz.) van ruim 5 miljoen inwonerequivalenten.

¹ Een inwonerequivalent (i.e.) is de hoeveelheid afbreekbaar organisch materiaal die bij de biologische zuivering evenveel zuurstof vraagt als het afvalwater dat één persoon per etmaal levert.

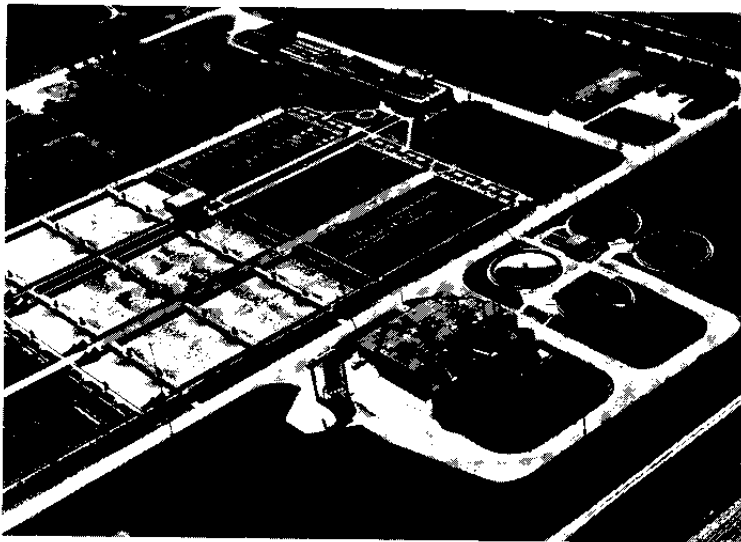


Fig. 5.19 De rioolwaterzuiveringsinrichting van Breda (*Aerophoto Teuge-Brummen*).

In 1976 produceerden deze bedrijven - zonder Den Haag (die stad brengt zijn rioolwater met een persleiding in de Noordzee) - ruim 2 miljoen m³ rioolslib, dat meer dan 200000 ton droge stof bevatte. Hiervan werd ongeveer 1/3 verbrand of afgevoerd naar het oppervlaktewater. De rest kreeg een andere bestemming.

5.6.1 Samenstelling van zuiveringsslib

De kwaliteit van zuiveringsslib kan sterk variëren. Deze is vooral afhankelijk van de herkomst van het afvalwater en het systeem van zuivering.

Nat zuiveringsslib bevat:

droge stof	3-6%
organische stof	2-5%
stikstof (N)	0,2-0,4%
fosforzuur (P ₂ O ₅)	0,1-0,3%
kali (K ₂ O)	0,01-0,03%
kalk (CaO)	0,1-0,4%
magnesia (MgO)	0,01-0,03%

Daarnaast komen er in zuiveringsslib diverse metalen voor, waaronder ook z.g. zware metalen. Vooral als het afvalwater afkomstig is van bepaalde fabrieken, kan het gehalte aan deze elementen soms bedenkelijk hoog zijn. In betrekkelijk kleine hoeveelheden zijn sommige van deze metalen, zoals koper (Cu) en zink (Zn), nuttige spoorelementen. Ze werken echter als gifstoffen als er te veel van beschikbaar is. Ook de elementen chroom (Cr), lood (Pb), cadmium (Cd) en nikkel (Ni) kunnen een giftige werking hebben. In 1980 zijn door de Unie van Waterschappen richtlijnen vastgesteld voor de *maximaal toelaatbare gehalten aan zware metalen* in zuiveringsslib dat voor bemesting is bestemd. Het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewas- onderzoek bepaalt de samenstelling van dit materiaal. Aangezien genoemde elementen via gras en andere voedergewassen in de voedselketen van dier en mens terecht kunnen komen is het zaak met de resultaten van dit onderzoek ernstig rekening te houden.

Werking

Zuiveringsslib blijkt in sommige gevallen een waardevolle meststof te zijn. Vooral de extra aanvoer van organische stof kan op bouwland van belang zijn. De directe werking berust voornamelijk op de levering van stikstof en fosforzuur. Van de stikstof in dit produkt komt in het eerste jaar 10-30% tot werking, van het fosforzuur 30-50%.

Op de kalktoestand van de grond heeft zuiveringsslib weinig invloed.

De zware metalen in het slib worden in de grond sterk vastgelegd. Dit kan bij regelmatig gebruik van zuiveringsslib een ongewenste ophoping in de bouwvoor of in de zodelaag tengevolge hebben.

5.6.2 Toepassing van zuiveringsslib

Nat zuiveringsslib kan met een mesttank voor gier en dunne mest uitstekend over het land worden gespreid. Het steekvaste produkt wordt meestal met een stalmestverspreider verdeeld.

In verband met de gevaren die de zware metalen kunnen opleveren heeft de Unie van Waterschappen de *maximaal toelaatbare hoeveelheden zuiveringsslib* vastgesteld. Deze bedragen:

- voor bouwland 2 ton droge stof per ha per jaar;
- voor grasland 1 ton droge stof per ha per jaar.

Het gebruik van zuiveringsslib wordt afgeraden voor consumptie-aardappelen, uien en groenten. Bij deze gewassen kan dit namelijk smaakbederf geven.

Zuiveringsslib wordt nogal eens toegepast voor de bemesting van mais. Op lichte gronden gaat nat slib het stuiven van de grond in het voorjaar tegen. Bij toepassing op grasland dient men er rekening mee te houden dat zuiveringsslib lintwormeieren en ziektekiemen, zoals paratyphus-bacteriën kan bevatten. Daarom moet men het op percelen die voor beweiding bestemd zijn, niet later dan in januari toedienen. In verband met de kans op het voorkomen van lintwormeieren is het gebruik van zuiveringsslib op percelen waar slachtvee wordt geweid, ongewenst.

Daar schapen bijzonder gevoelig zijn voor een teveel aan koper, is het beter schapenweiden niet met zuiveringsslib te bemesten.

5.7 Organische-stofvoorziening en humusgehalte van bouwland (*organische-stofbalans*)

Het humusgehalte van bouwland vertoont grote verschillen. Het loopt uiteen van enkele procenten bij de humusarme zand- en kleigronden tot meer dan 25% bij de veengronden.

Een zeer klein gedeelte van deze humus gaat jaarlijks verloren doordat het wordt afgebroken.

Afbraak van humus heeft plaats door aantasting door schimmels, straal-schimmels en bacteriën. Een deel van de humus kan op den duur zelfs volledig worden gemineraliseerd. Men noemt dit de *voedingshumus* of *actieve humus*. De rest is biologisch vrijwel onaantastbaar (inert); dat is de *stabiele* of *bestendige humus*.

Uit onderzoek is gebleken dat jaarlijks ongeveer 2% van de actieve humus wordt afgebroken. Tegenover dit verlies aan humus staat echter de vorming van humus uit de organische stof die regelmatig aan de grond wordt toegevoegd.

Humusvorming of *humificatie* heeft plaats bij de ontleding van de organische stof die met stalmest, compost, zuiveringsslib, groenbemesters en stoppel- en wortelresten van de gewassen in de grond terecht komt. Van deze organische stof wordt een gedeelte omgezet in humus.

De bijdrage van de verschillende organische materialen aan de humusvorming loopt overigens sterk uiteen. Deze wordt bepaald door de aantastbaarheid van de organische stof voor micro-organismen. Zo zal uit moeilijk verteerbare turfmoalm veel meer humus worden gevormd dan uit vers plantenmateriaal dat erg gemakkelijk wordt ontleed.

De *humificatie-coëfficiënt* is een maat voor de afbreekbaarheid van het organische materiaal (zie tabel 5.3). Deze geeft aan het gedeelte van de organische stof dat na een jaar nog in de bouwvoor aanwezig is. Dat is dus het vrij moeilijk aantastbare materiaal. Men noemt het ook wel de *effectieve organische stof*.

Het is deze effectieve organische stof die vooral bijdraagt tot de verhoging of instandhouding van het humusgehalte.

TABEL 5.3 Waarde voor de humusvorming van verschillende plantematerialen

<i>Plantemateriaal</i>	<i>Humificatie-coëfficiënt</i>	<i>Humusgehalte- verhoging in 10 jaar</i>
		%
Groen plantemateriaal	0,20	0,08
Groenbemesters, incl. wortels	0,25	0,12
Stro	0,30	0,15
Wortels	0,35	0,18
Stalmest	0,50	0,30
Strooisel van loofbomen	0,60	0,42
Strooisel van naaldbomen	0,65	0,48
Zaagsel	0,75	0,61
Turfmolm	0,85	0,75

De 'humificatiecoëfficiënt' geeft aan welk gedeelte van het aangevoerde organische materiaal na één jaar nog als organische stof in de grond aanwezig is (gehumificeerd is).

Onder 'humusgehalteverhoging in 10 jaar' wordt verstaan de stijging van het humusgehalte in procenten absoluut na 10 jaarlijkse giften organische stof ter grootte van 0,1% van het gewicht van de bouwvoor.

Onderzoek heeft uitgewezen dat de verhoging van het humusgehalte die men bereikt met extra aanvoer van organische stof nauw samenhangt met de humificatiecoëfficiënt van het materiaal (zie tabel 5.3).

Uit deze tabel valt tevens op te maken dat zelfs grote hoeveelheden organische stof (0,1% van het bouwvoorgewicht betekent ± 3000 kg organische stof bij een bouwvoor van 25 cm) toch nog maar een zeer geringe toename van het humusgehalte veroorzaakt.

Het humusgehalte van de grond blijkt geen invloed te hebben op de hoeveelheid organisch materiaal die nodig is om dit humusgehalte te handhaven. De hoeveelheid actieve humus die jaarlijks door afbraak verloren gaat is dus zichtbaar in alle gronden vrijwel gelijk.

Het Rijkslandbouwconsulentschap voor Bodemaangelegenheden gaat er bij

Alternatieve bemestingsmethoden

6.1 Inleiding

De voorstanders van de z.g. alternatieve landbouw hebben in het algemeen bezwaar tegen het intensieve gebruik van kunstmest, zoals dat zich vooral na de Tweede Wereldoorlog in ons land heeft ontwikkeld. Zij pleiten sterk voor de toepassing van natuurlijke meststoffen als stalmest, groenbemesters en compost. Met kunstmest zou namelijk wel een grote produktie te bereiken zijn, maar de bodemvruchtbaarheid en de 'innerlijke kwaliteit' van de voedingsmiddelen zouden erdoor worden aangetast. Onder deze 'innerlijke kwaliteit' verstaat men dan eigenschappen als voedingswaarde, smaak, houdbaarheid en afwezigheid van vreemde en mogelijk schadelijke stoffen.

Daartegenover stellen de verdedigers van de gangbare landbouw, dat de voedselproduktie zonder kunstmest geen gelijke tred zal kunnen houden met de sterke groei van de wereldbevolking. Met andere woorden: het niet-toepassen van kunstmest zou leiden tot ernstige tekorten aan voedsel en zelfs tot hongersnood. Bovendien schaaft volgens hen een doelmatige toepassing van kunstmest noch de bodemvruchtbaarheid noch de innerlijke kwaliteit van de produkten.

Deze tegengestelde opvattingen gaven in 1971 de Minister van Landbouw en Visserij aanleiding de Commissie Onderzoek Biologische Landbouwmethoden in te stellen. Deze commissie kreeg tot opdracht de vraag te beantwoorden of het zinvol is onderzoek over de 'biologische landbouw' aan te vangen en zo ja, wat dit onderzoek zou moeten inhouden.

In 1977 verscheen een lijvig rapport van deze commissie, getiteld: 'Alternatieve Landbouwmethoden, inventarisatie, evaluatie en aanbevelingen voor onderzoek'. In dit rapport worden een achttal van deze methoden behandeld.

Voor ons land zijn daarvan de belangrijkste:

- de biologisch-dynamische landbouw;

- de organische-biologische landbouw;
- de macrobiotische landbouw;
- de Anog-landbouw.

6.2 Biologisch-dynamische landbouw

Van de genoemde methoden vindt de biologisch-dynamische in ons land de meeste toepassing. Deze wordt hier op bijna 100 bedrijven meer of minder consequent toegepast.

Het '*biologische*' van de b.d.-methode slaat op het ondersteunen van levensprocessen in de natuur door het gebruik van organische meststoffen, met name van compost en koemest.

Het '*dynamische*' houdt in het hanteren van op de natuur inwerkende kosmische krachten (etherkrachten, astrale krachten en geestelijke krachten). Deze krachten zijn afkomstig van de planeten en sterren.

De inwerking van de kosmische krachten op bodem, mest en plant kan worden versterkt met behulp van z.g. *preparaten*. Men onderscheidt hierbij twee groepen:

1 *Bodem- en gewaspreparaten*. Hiertoe behoren het koemest- en het kwarts-kiezelpreparaat. Het koemestpreparaat wordt bereid uit verse koemest die in het najaar in een koehoorn wordt gestopt en tot het voorjaar in de grond wordt bewaard. Dit materiaal wordt dan met water verdund tot zeer geringe concentraties (ca. 1:1000). Hiervan gebruikt men hoogstens 500 g per ha. Dit bevordert microbiologische bodemprocessen, wortelvorming en de kieming van zaden.

Het kwartskiezelpreparaat wordt gewonnen door fijngemalen bergkristal (SiO_2) in een koehoorn gedurende de zomermaanden in de grond te bewaren. Een sterk verdunde oplossing hiervan wordt gebruikt voor bespuiting van het gewas. Dit stimuleert groei- en rijpingsprocessen in blad, bloem en vrucht.

2 *Compostpreparaten*. Hiervoor gebruikt men materiaal, meestal bloemen, van verschillende planten, zoals duizendblad, kamille, brandnetel, paardabloem en valeriaan. Dit wordt op een speciale wijze bewerkt. Van deze geprepareerde plantesubstanties brengt men minimale hoeveelheden (2 à 3 g per ton) in de composthoop. Hierdoor bevordert men een optimaal verloop van het composteringsproces.

Van de kunstmeststoffen gebruikt men bij de b.d.-methode soms chilisalpeter (in beperkte mate), thomasmeel, natuurlijk fosfaat, patentkali en kalkmeststoffen.

6.3 Organisch-biologische landbouw

Bij deze landbouwmethode streeft men er naar de grond zoveel mogelijk bedekt te houden met een mulchlaag (van dierlijke uitwerpselen, plantaardig afval, hoornmeel of beendermeel) of een groenbemester. Men noemt dit ook wel vlakcompostering.

Gesteentemeel en kwartspoeder worden regelmatig over de gewassen gestoven ter vermindering van de aantasting door ziekten en plagen. Men spuit cultures van melkzuurbacteriën op de grond ter bevordering van de ontwikkeling van een goed bodemleven.

Van de kunstmeststoffen gebruikt men alleen thomasmeel en patentkali, maar uitsluitend ter correctie van een te lage of een te hoge pH van de grond.

6.4 Macrobiotische landbouw

Ook in de macrobiotische landbouw tracht men de grond zoveel mogelijk bedekt te houden. Men gebruikt daarvoor bij voorkeur compost, maar ook wel halfverteerd of vers plantaardig afval.

Door de compost werkt men z.g. 'Biogruis'. Dat is fijngemalen puimsteen waaraan meer dan 70 spoorelementen 'in met levensenergie geladen toestand' voorkomen. Aan de compost wordt bovendien koolzure magnesiakalk toegevoegd.

Men gebruikt in het geheel geen kunstmest, behalve in de omschakelingsperiode van een gangbaar naar een macrobiotisch bedrijf.

6.5 Anog-landbouw

Anog is de afkorting van 'Arbeitsgemeinschaft für naturgemässen Qualitätsanbau von Obst und Gemüse'. Deze methode staat nog het dichtst bij de gangbare landbouw.

Voor de organische bemesting gebruikt men vooral handelsprodukten als bloedmeel, beendermeel, ricinusschroot en gedroogde kippemest. Varkensmest wordt ongewenst geacht in verband met het gevaar van ophoping van koper in de grond bij regelmatige toepassing. Drijfmest en gier dienen enigszins verteerd te zijn.

Men strooit wel stikstofmeststoffen (chilisalpeter en kalksalpeter), maar in geringe hoeveelheden. Het gebruik van thomasmeel, superfosfaat, patentkali,

zwavelzure kali, kiesriet en koolzure magnesiakalk is eveneens toegestaan. Spoorelementen worden toegediend in de vorm van gesteentemeel, zeewier-extracten en koraalalgenkalk.

6.6 Onderzoek naar de bedrijfsresultaten

Naar aanleiding van het rapport van de Commissie Biologische Landbouwmethoden heeft de Stuurgroep Alternatieve landbouw een aantal vragen opgesteld, o.a.:

- Is er sprake van objectief aantoonbare kwaliteitsverschillen tussen gangbare en 'alternatieve' landbouwproducten?
- Zijn de preparaten die in de 'alternatieve' landbouw worden toegepast geschikt voor het doel waarvoor ze worden gebruikt?
- Hoe zijn de bedrijfsresultaten van de 'alternatieve' landbouwmethoden?

Door middel van onderzoek zal men proberen antwoord op deze vragen te krijgen.

Voor het onderzoek naar de bedrijfsresultaten van de alternatieve landbouwmethoden heeft men de bekende organische-stofbedrijven (zie blz. 140) in de Noordoostpolder ingeschakeld. Dit is een drietal volkomen gelijkwaardige bedrijven van ± 24 ha. Voor de vernieuwde proefopzet is uitgegaan van:

- 1 een biologisch-dynamisch gemengd bedrijf (heette vroeger het 'Klaverland');
- 2 een gangbaar akkerbouwbedrijf ('Kunstmestakker');
- 3 een gangbaar gemengd bedrijf ('Wisselweide'), waar geïntegreerde bestrijding van ziekten en plagen wordt toegepast.

Het is duidelijk dat pas na verloop van jaren conclusies uit deze bedrijfsvergelijking te trekken zullen zijn.

Bemesting en milieu

De toepassing van meststoffen kan leiden tot verontreiniging van het milieu, doordat:

- 1 hinderlijke of giftige bestanddelen soms vervluchtigen en in de atmosfeer terechtkomen: *luchtverontreiniging*;
- 2 deze soms voor planten schadelijke stoffen bevatten die in de grond in onoplosbare vorm worden vastgelegd, hetgeen leidt tot een ophoping die op den duur nadelig kan zijn: *bodemverontreiniging*;
- 3 de meststof wegspoelt of gemakkelijk uitspoelt en ten slotte in het grondwater en in de sloot terechtkomt met soms ongewenste gevolgen: *waterverontreiniging*.

VRAAG

110 Onder welke omstandigheden kan een meststof over het oppervlak van de grond wegspoelen?

7.1 Bemesting en luchtverontreiniging

Gier en *dunne mest* verspreiden bij de verwerking een voor velen onaangename stank. Dat is een gevolg van het feit dat de omstandigheden tijdens de bewaring van deze produkten sterk anaëroob zijn. Er worden dan behalve het kwalijk riekende waterstofsulfide (H_2S) ook nog verschillende andere onaangenaam ruikende stoffen gevormd. Men kan deze stank op de volgende manieren tegengaan.

- 1 Biologische zuivering. Daarbij wordt de organische stof door bacteriën en andere micro-organismen afgebroken. Deze afbraak is volledig als er vol-

doende zuurstof aanwezig is. De eindprodukten zijn dan CO_2 en H_2O en er worden geen stinkende stoffen gevormd. Dit is echter alleen mogelijk met materiaal dat betrekkelijk weinig organische stof bevat, zoals gier en dunne kalvermest. Bovendien wordt deze methode al gauw te duur.

- 2 Beluchten. Dit wordt wel toegepast bij dunne mest. Met behulp van een drijvende oppervlaktebeluchter (zie fig. 7.1) brengt men dan zuurstof in de mest. Hierdoor wordt de vorming van stinkende stoffen tegengegaan. Een nadeel van het beluchten is echter dat er een aanzienlijk verlies van stikstof optreedt.

VRAAG

111 In welke vorm gaat de stikstof bij het beluchten van dunne mest verloren?

- 3 Anaërobe vergisting. Door de mest afgesloten van de lucht te bewaren kan men de afbraak van de organische stof tegenwoordig zodanig sturen, dat er in hoofdzaak koolzuurgas (CO_2) en methaan (CH_4) ontstaan. Dit laatste gas (ook wel *biogas* genoemd) heeft een verbrandingswaarde die ongeveer gelijk is aan die van aardgas. Op enkele bedrijven in ons land heeft men

Fig. 7.1 Beluchten van dunne mest met drijvende oppervlaktebeluchter (Imag)



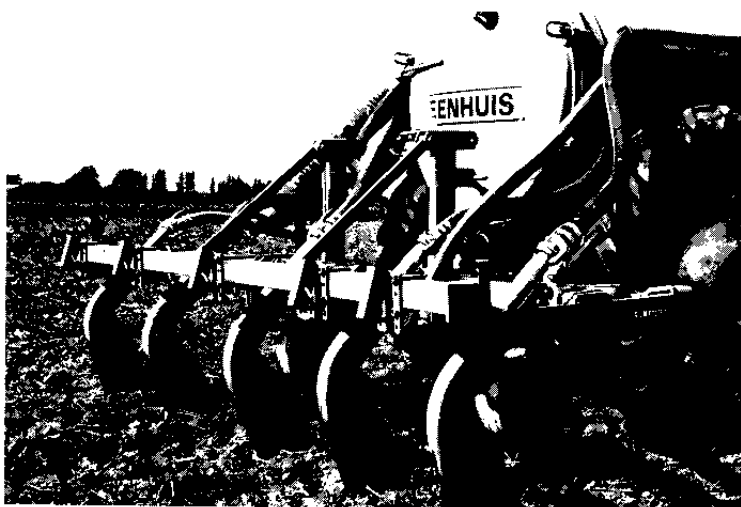
al biogas-installaties gebouwd. Het geproduceerde gas wordt daar gebruikt voor verwarming en verlichting.

Het stikstofverlies is bij deze methode veel minder dan bij het beluchten van mest. Fosforzuur en kali blijven volledig behouden. De aldus behandelde mest is dus nog goed bruikbaar en stinkt aanmerkelijk minder dan het oorspronkelijk produkt.

- 4 Injecteren van de mest in de grond. Met een op de vacuümtank aangebrachte injecteur (zie fig. 7.2) is het mogelijk gier en dunne mest vrijwel zonder stankoverlast in de grond te brengen. Hiermee vermindert men bovendien het verlies van ammoniak bij het uitrijden van de mest in belangrijke mate. Een bezwaar is dat deze methode veel trekkracht vraagt.

Men dient er rekening mee te houden dat er bij het roeren in dunne mest om deze te mengen diverse gassen ontsnappen, zoals koolzuurgas (CO_2), methaan (CH_4), ammoniak (NH_3) en waterstofsulfide (H_2S). Vooral dit laatste gas kan leiden tot vergiftigingsverschijnselen bij mens en dier en kan soms zelfs de dood ten gevolge hebben. Het is dus zaak er voor te zorgen dat deze gassen zich niet in de stal kunnen ophopen.

Fig. 7.2 Injecteur voor dunne mest (Imag)



7.2 Bemesting en bodemverontreiniging

Met *compost* en *afvalwaterzuiveringsslib* worden soms belangrijke hoeveelheden z.g. *zware metalen* in de grond gebracht (zie ook blz. 170 en 173). De voornaamste daarvan zijn Cd, Pb, Ni, Cr, Cu, As, Hg en Zn. De mest van slachtvarkens bevat tegenwoordig veelal Cu daar men extra koper aan het varkensvoer toevoegt.

Van deze zware metalen wordt door het gewas maar weinig opgenomen. Bovendien worden ze in de grond gemakkelijk vastgelegd, zodat ze niet uitspoelen. Dit leidt tot *ophoping* of *accumulatie*. Bij regelmatig gebruik van genoemde meststoffen kunnen er op den duur dan ook schadelijke concentraties van deze zware metalen ontstaan.

Volgens Henkens treedt er bij een kopergehalte van bouwland (Cu-HNO₃-getal) van meer dan 50 mg per kg grond reeds een opbrengstvermindering op van enkele procenten. Met 40 ton varkensmest per jaar bereikt men dit binnen 40 jaar.

Via gras en voedergewassen kunnen de zware metalen in de voedselketen van dier en mens terecht komen. Dat kan leiden tot vergiftigingsverschijnselen.

Ook *fosfaat* hoopt zich gemakkelijk in de grond op. Vooral bij veelvuldig gebruik van grote hoeveelheden kippemest kan de grond daaraan zeer rijk worden. Tot nu toe heeft men echter niet geconstateerd dat dit bezwaren oplevert voor de gewassen of voor dieren.

VRAGEN

- 112 Hoe is de accumulatie van zware metalen in de grond te verklaren?
- 113 Hoe komt het dat fosfaat in de grond wordt vastgelegd?

Bij toepassing van afvalwaterzuiveringsslib op grasland kan besmetting optreden met lintwormeieren en ziektekiemen zoals paratyphusbacteriën (zie ook blz. 174).

7.3 Bemesting en waterverontreiniging

Verontreiniging van oppervlaktewater (water in greppels, sloten, tochten, vaarten, kanalen, rivieren, enz.) kan worden veroorzaakt door *organische stof*, *stikstof* en *fosfaat*.

Bevat het water te veel *organische stof* dan wordt dit zuurstofarm. De zuurstof wordt namelijk verbruikt bij de microbiologische afbraak van de organische stof. Het water wordt ten slotte zwart en gaat stinken. Voor vissen en andere

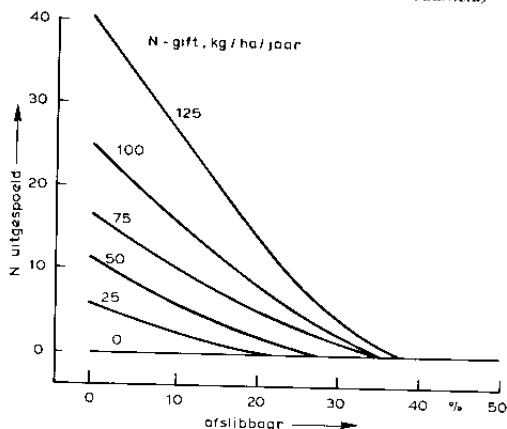
dieren is leven in een dergelijk anaëroob milieu onmogelijk.

Vroeger kwam soms veel organische stof in het oppervlaktewater terecht als men gier en mestwater op een sloot loosde. Door de Wet op de Verontreiniging van Oppervlaktewater (1970) is daaraan echter paal en perk gesteld. Voor overtreding van de bepalingen van deze wet kan een boete en een extra heffing worden opgelegd, waarvan de hoogte afhankelijk is van de grootte van de veestapel.

Verrijking van het water met *stikstof* of *fosfaat* (z.g. eutrofiëring = voedselrijk maken) bevordert de ontwikkeling van algen. Dit leidt ten slotte tot massaal optreden van deze één- of meercellige groene planten (z.g. algenbloei), die 's nachts veel zuurstof verbruiken. Bovendien is er veel zuurstof nodig voor de mineralisatie van het afgestorven plantemateriaal. Het eindresultaat is dat het water ook dan anaëroob wordt, wat dierlijk leven onmogelijk maakt. Aangezien *stikstof* gemakkelijk uitspoelt, komt er altijd wel een gedeelte van de toegediende stikstofmeststof in het grond- en oppervlaktewater terecht. De mate waarin de stikstof uitspoelt, is afhankelijk van de volgende factoren:

- 1 De grootte van de gift. Hoe meer stikstof er wordt gegeven, hoe meer daarvan in de sloot terecht komt (zie fig. 7.3).
- 2 De grondsoort. Naarmate de grond beter doorlatend is, zal er meer stikstof door uitspoeling verloren gaan. Vandaar dat dit verlies op zandgronden het grootst is en op kleigronden vrijwel geen rol speelt (zie fig. 7.3).
- 3 De vorm waarin de stikstof wordt gegeven. Van de stikstof die als *kunstmest* vlak voor of tijdens de groei van het gewas wordt gestrooid, spoelt

Fig. 7.3 Verband tussen de uitspoeling van stikstof op bouwland, de stikstofgift en de zwaarte van de grond (*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid*)



betrekkelijk weinig uit. Het gewas neemt deze immers gemakkelijk op, zodat er na de oogst niet veel meer van over is. Op grasland is dat nog minder dan op bouwland vanwege de zeer intensieve doorworteling van de zodelaag. Een uitzondering vormen zeer intensieve veehouderijbedrijven op lichte grond waar behalve veel dierlijke mest ook nog grote hoeveelheden stikstof als kunstmest worden toegediend.

VRAAG

114 Waarom zal het voor de uitspoeling van stikstof geen verschil maken of deze in nitraatvorm dan wel in ammoniakvorm is gegeven?

Van de stikstof uit *organische meststoffen* spoelt gewoonlijk meer uit dan van de stikstof die is gegeven in de vorm van kunstmest. Dat is een gevolg van het feit dat de omzetting van onoplosbare organische stikstofverbindingen in oplosbare anorganische (mineralisatie) regelmatig doorgaat zolang de temperatuur van de grond daarvoor niet te laag is (niet tot beneden het vriespunt daalt). Daardoor komen dus ook oplosbare stikstofverbindingen vrij in de tijd dat er geen gewas op het veld staat. Deze kunnen dan uitspoelen.

Vooraf op lichte gronden gaat van de stikstof in dunne mest veel door uitspoeling verloren als deze wordt uitgereden in de wintermaanden, wat in de praktijk vaak gebeurt. In die tijd is de opname van stikstof ook op grasland zeer gering door de lage temperatuur van de grond.

De zeer grote hoeveelheden drijfmest die men soms aan mais geeft, kunnen gemakkelijk leiden tot een aanzienlijke verrijking van grond- en oppervlaktewater met stikstof.

Niet alle stikstof die door uitspoeling in de sloot terecht komt, is overigens van de bemesting afkomstig. Ook in onbemeste grond heeft namelijk uitspoeling van stikstof plaats (zie tabel 7.1).

VRAAG

115 Hoe is het te verklaren, dat ook bij een onbemeste grond door uitspoeling stikstof verloren gaat?

TABEL 7.1 Jaarlijkse uitspoeling van stikstof bij een drainwaterproductie van 350 mm per jaar (naar gegevens van ir. G. J. Kolenbrander).

	<i>Kunstmest</i>	<i>Totale uitspoeling</i>	<i>Uitspoeling van gestrooide stikstof</i>	
	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha	%
Bouwland:				
zand	0	60	–	
150	150	90	30	20
klei	0	25	–	
150	150	32.5	7.5	5
Grasland:				
zand	0	7	–	–
200	200	9	2	1
klei	0	7	–	–
200	200	9	2	1

De jaarlijkse uitspoeling van *fosfaat* is gewoonlijk minder dan 1 kg P₂O₅ per ha. Deze is dus praktisch te verwaarlozen. Dat komt doordat het toegediende fosfaat in de meeste gronden gemakkelijk wordt gebonden. Een uitzondering vormen de jonge dalgronden, die echter slechts een betrekkelijk geringe oppervlakte beslaan.

Het bemestingsfosfaat heeft dus nauwelijks enige invloed op de kwaliteit van het oppervlaktewater. Of de grond de grote overmaat aan fosfaat die soms met dierlijke mest wordt toegediend, op den duur zal kunnen verwerken, is echter de vraag.

Kali spoelt bijna even gemakkelijk uit als stikstof, althans op lichte gronden. Daarvan zal dus ook een deel in het slootwater terechtkomen. Vooral bij de aanwending van dierlijke mest in najaar en winter is de uitspoeling van kali op zandgronden aanzienlijk. Voor zover men weet heeft kali echter geen nadelige invloed op de kwaliteit van het oppervlaktewater.

Bijlagen

A Richtlijnen voor stikstofbemesting

Granen op klei, löss en zand

Gewas	Bemesting met N			
	Eerste gift ²	Tweede gift		
		Voorraad in het profiel ¹		
	<170	170-200	>200	
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Wintertarwe	140-voorraad	60	30	0
Zomertarwe	120-voorraad	50	30	0
Haver	100-voorraad	30	0	0
Wintergerst	120-voorraad	60	30	0
Zomergerst	110-voorraad	0	0	0
Rogge	100-voorraad	50	30	0

Aardappelen op klei en löss	330-1,5 × voorraad
Pootaardappelen op klei en löss	140-0,6 × voorraad
Suikerbieten op klei, löss en zand	220-1,7 × voorraad
	30 bij voorraad tussen 112 en 160
	0 bij voorraad >160

¹ bepaald door middel van grondonderzoek (zie blz. 64).

² Voor wintertarwe maximaal 100 kg.

Voor zomertarwe, haver en wintergerst maximaal 80 kg.

Opmerkingen t.a.v. de N-bemesting van granen:

- 1 Blijft het gewas na de eerste bemesting te schraal, dan de tweede gift vroeger geven. Nog beter is een extra tussengift van ± 30 kg N.
Bij een royale stand de tweede gift zo laat mogelijk geven.
- 2 Bij een slechte structuur kan de eerste gift iets hoger worden gesteld.
- 3 Bij een door bladziekte (meeldauw, roest, septoria) aangetast gewas kan het nodig zijn de tweede gift te beperken.
- 4 Wanneer een goede vlinderbloemige groenbemester is ondergeploegd, kan de eerste gift wat lager zijn, ± 30 kg. Is bietblad ondergeploegd, dan kan men bij de tweede gift hiermee rekening houden.
- 5 Bij éénmalige toediening moet de gift lager zijn dan de eerste en tweede gift samen.

B Adviesschema's voor fosfaatbemesting

1 Bouwland op zeeklei en holocene zandgrond

Waardering	Pw-getal	Bemesting met P_2O_5			
		Gewasgroep ¹			
		1	2	3	4
		kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Zeer laag	< 11	200	180	140	100
Laag	11-20	160	140	100	70
Voldoende	21-30	120	100	60	40
Ruim voldoende	31-45	90	70	30	0
Vrij hoog	46-60	60	40	0	0
Hoog	> 60	30	20	0	0

¹ Zie noot blz. 190

2 Bouwland op pleistocene zandgrond, dalgrond, rivierklei en löss

Waardering	Pw-getal	Bemesting met P_2O_5			
		Gewasgroep ¹			
		1	2	3	4
		kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Zeer laag	< 11	240	220	180	140
Laag	11-20	180	160	130	90
Voldoende	21-30	140	120	90	60
Ruim voldoende	31-45	100	80	60	30
Vrij hoog	46-60	60	50	30	0
Hoog	> 60	30	20	0	0

Opmerkingen:

- 1 Pootaardappelen kunnen zwaarder met fosfaat worden bemest dan consumptie-aardappelen.
Stoppelknollen hebben na granen geen extra fosfaat nodig, behalve bij lage fosfaattoestand.
Granen met klaver als ondervrucht hebben iets meer fosfaat nodig dan granen alleen.
- 2 Na een hakvrucht is fosfaatbemesting voor een graan meestal niet nodig als de hakvrucht zoveel fosfaat extra heeft gekregen als het graan volgens het schema moest hebben. Dit systeem kan niet worden toegepast op fosfaatfixerende grond of als de fosfaattoestand zeer laag is.

¹ Gewasgroep 1: consumptie-aardappelen, fabrieksaardappelen, mais, uien, spruiten, spinazie, wortelen, aardbeien

Gewasgroep 2: suikerbieten, voederbieten, zaadbieten, vlas, karwij

Gewasgroep 3: vlinderbloemigen, 1- en 2-jarig grasland, gerst, witlof

Gewasgroep 4: granen (behalve gerst), kanariezaad, blauwmaanzaad, graszaad, spinaziezaad en andere zaadgewassen

3 Grasland op alle grondsoorten

Waardering	P-AL			Bemesting met P ₂ O ₅		
	veen, zand, zeeklei, dalgrond	rivierklei	löss	alleen weiden	1 x maaien, daarna weiden	per snede extra maaien
				kg/ha	kg/ha	kg/ha
Laag	< 18	< 15	< 13	70	90	30
Vrij laag	18-29	15-24	13-19	50	70	30
Voldoende	30-39	25-34	20-29	25	45	30
Ruim voldoende	40-55	35-55	30-45	10	25	30
Hoog	> 55	> 55	> 45	0	0	0

Opmerkingen:

- 1 Op percelen met een hoog P-AL-getal, waarvoor geen fosfaat wordt geadviseerd, kan een kleine gift in water oplosbaar fosfaat de grasgroei in het voorjaar stimuleren. Een lichte stalmestbemesting voorziet ook in deze behoefte.
- 2 Op fosfaatfixerende gronden blijft het P-AL-getal meestal laag, ondanks flinke fosfaatgiften. Grasland op deze gronden dient men jaarlijks ± 110 kg P₂O₅ per ha te geven.

C Adviesschema's voor kalibemesting

1 Bouwland op pleistocene zand-, dal- en veengrond

Waardering	K-getal	Bemesting met K ₂ O			
		Gewasgroep ¹			
		1	2	3	4
		kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Zeer laag	< 7	300	250	400	200
Laag	7-9	250	200	350	160
Voldoende	10-12	200	150	300	120
Ruim voldoende	13-17	150	100	250	80
Vrij hoog	18-25	100	50	150	40
Hoog	> 25	50	0	50	0

Opmerkingen:

1 Stamslabonen

K-getal < 13: 100 kg K₂O

K-getal > 13: geen K₂O

2 Stoppelknollen na granen 80 kg K₂O

Suikerbieten: naast geadviseerde kaligift nog 200 kg Na₂O. Indien N-gift in de vorm van chilisalpeteer wordt gegeven, dan is geen Na₂O nodig.

4 Granen in bouwplan met fabrieksaardappelen

K-getal < 13: evenveel K₂O als fabrieksaardappelen

K-getal > 13: bemesten als gewasgroep 4

5 Volgende jaren

K-advies geldt voor 1 à 2 jaren; daarna bemesten als voor klasse 'voldoende'.

¹ Gewasgroep 1: consumptie-aardappelen, pootaardappelen, suikerbieten, zaadbieten, vlin-
derbloemigen (met uitzondering van stamslabonen), uien, spinazie, wortelen,
aardbeien, witlof, spruiten

Gewasgroep 2: fabrieksaardappelen

Gewasgroep 3: voederbieten

Gewasgroep 4: granen, graszaad, spinaziezaad, mais

2 Bouwland op zeeklei en rivierklei met minder dan 10% organische stof

Waardering	K-getal	Bemesting met K ₂ O					
		Gewasgroep ¹					
		1	2	3	4	5	6
		kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Zeer laag	< 11	380	200	160	280	110	1000
Laag	11-12	330	180	140	220	80	870
Voldoende	13-15	280	160	120	170	50	700
Ruim voldoende	16-20	230	120	80	120	20	500
Vrij hoog	21-26	170	70	40	70	0	310
Hoog	27-34	110	20	0	20	0	160
Zeer hoog	> 34	60	0	0	0	0	110

Opmerkingen:

- 1 Op kalificerende gronden wordt aan aardappelen een toeslag gegeven van 150 kg K₂O per ha. Als kalificerend beschouwt men hierbij gronden met een K-HCl < 15 en een percentage afslibbaar van > 60.
- 2 Pootaardappelen moeten zwaarder met kali worden bemest dan consumptie-aardappelen. Stoppelknollen na granen vragen ±80 kg K₂O. Wintergranen zijn iets meer kalibehoefstig dan zomergranen.

¹ Gewasgroep 1: consumptie-aardappelen, uien, spinazie, wortelen, aardbeien
 Gewasgroep 2: voederbieten, kanariezaad, fabriksaardappelen
 Gewasgroep 3: suikerbieten, zaadbieten, vlas, karwij
 Gewasgroep 4: vlinderbloemigen, 1- en 2-jarig grasland, witlof, spruiten
 Gewasgroep 5: granen, blauwmaanzaad, graszaad, spinaziezaad, mais
 Gewasgroep 6: consumptie-aardappelen (tevens voor de volgende gewassen - 2 x granen en 1 x bieten - z.g. bouwplanbemesting met een extra toeslag tegen stootblauw)

3 Grasland op zand- en dalgrond

Waardering	K-getal	Bemesting met K ₂ O		
		alleen weiden	1 x maaien, daarna weiden	per snede extra maaien
		kg/ha	kg/ha	kg/ha
Laag	< 16	100	180	80
Voldoende	16-25	60	140	80
Ruim voldoende	26-35	0	80	60
Hoog	36-45	0	40	40
Zeer hoog	> 45	0	0	0

Opmerkingen:

- 1 Bij weiden en daarna maaien strooit men vóór de weideperiode de in het schema onder 'alleen weiden' opgegeven hoeveelheid. Na het weiden moet dan de hoeveelheid worden gegeven die in de kolom 'per snede extra maaien' voorkomt.
- 2 Het advies voor zandgrond is slechts voor korte tijd geldig. Vooral bij lage humusgehalten zal men al spoedig de giften behorende bij een 'voldoende' kalitoestand moeten aanhouden.

4 Grasland op zeeklei, rivierklei, veengrond en löss

Waardering	K-getal	Bemesting met K ₂ O		
		alleen weiden	1 x maaien, daarna weiden	per snede extra maaien
		kg/ha	kg/ha	kg/ha
Laag	< 13	80	160	80
Voldoende	13-20	20	100	60
Ruim voldoende	21-28	0	60	30
Hoog	29-36	0	30	0
Zeer hoog	> 36	0	0	0

Opmerkingen:

- 1 Bij weiden en daarna maaien strooit men vóór de weideperiode de in het schema onder 'alleen weiden' opgegeven hoeveelheid. Na het weiden moet

dan de hoeveelheid worden gegeven die in de kolom 'per snede extra maaien' voorkomt.

- 2 Bij veengronden met weinig kali geldt dit advies maar voor korte tijd. Men dient dan spoedig over te gaan op de giften die geadviseerd worden voor een 'voldoende' kalitoestand.

D Adviesschema's voor magnesiumbemesting

1 Bouwland op pleistocene zand- en dalgrond en löss

Waardering	MgO-gehalte	Bemesting met MgO	
		rooivruchten	andere gewassen
		kg/ha	kg/ha
Zeer laag	< 20	150	75
Laag	20-29	125	50
Voldoende	30-39	100	25
Ruim voldoende	40-49	75	0
Vrij hoog	50-59	50	0
Hoog	60-79	25	0
Zeer hoog	> 79	0	0

Opmerking:

Deze hoeveelheden gelden voor het eerste jaar na het onderzoek. Daarna heeft men voor onderhoudsbemesting nodig:

bij \leq 8% humus - 50 kg MgO.

bij > 8% humus - 25 kg MgO.

2 Grasland op zand- en dalgrond en löss

Waardering	MgO-gehalte	Bemesting met MgO
		kg/ha
Laag	< 75	200
Vrij laag	75-150	100
Voldoende	151-250	50 (onderhoudsbemesting)
Hoog	> 250	0

E Waardering van de pH en de pH waartoe bekalkt moet worden

1 Bouwland op zand- en veenkoloniale grond

Waardering	Percentage organische stof < 5%				Percentage organische stof 5-7,9%			
	<i>bouwpl.</i> A	<i>bouwpl.</i> B	<i>bouwpl.</i> C	<i>bouwpl.</i> D	<i>bouwpl.</i> A	<i>bouwpl.</i> B	<i>bouwpl.</i> C	<i>bouwpl.</i> D
Te laag	< 4,3	< 4,4	< 4,7	< 4,7	< 4,1	< 4,3	< 4,6	< 4,7
Vrij laag	4,3-5,0	4,4-5,3	4,7-5,6	4,7-5,6	4,1-4,8	4,3-5,1	4,6-5,5	4,7-5,6
Goed	5,1-5,5	5,4-5,8	5,7-5,9	5,7-5,9	4,9-5,3	5,2-5,6	5,6-5,9	5,7-5,9
Hoog	> 5,5	> 5,8	> 5,9	> 5,9	> 5,3	> 5,6	> 5,9	> 5,9
Bekalken tot pH	5,1	5,4	5,7	5,7	4,9	5,2	5,6	5,7

Waardering	Percentage organische stof 8,0-14,9%				Percentage organische stof \geq 15,0%			
	<i>bouwpl.</i> A	<i>bouwpl.</i> B	<i>bouwpl.</i> C	<i>bouwpl.</i> D	<i>bouwpl.</i> A	<i>bouwpl.</i> B	<i>bouwpl.</i> C	<i>bouwpl.</i> D
Te laag	< 4,0	< 4,2	< 4,4	< 4,7	< 3,9	< 4,1	< 4,4	< 4,7
Vrij laag	4,0-4,6	4,2-4,9	4,4-5,3	4,7-5,6	3,9-4,5	4,1-4,8	4,4-5,2	4,7-5,6
Goed	4,7-5,1	5,0-5,4	5,4-5,8	5,7-5,9	4,6-5,0	4,9-5,3	5,3-5,7	5,7-5,9
Hoog	> 5,1	> 5,4	> 5,8	> 5,9	> 5,0	> 5,3	> 5,7	> 5,9
Bekalken tot pH	4,7	5,0	5,4	5,7	4,6	4,9	5,3	5,7

Bouwplan A: 50% aardappelen¹+ 50% granen

Bouwplan B: 1 50% aardappelen + 10% bieten + 40% granen

2 25% aardappelen + 75% granen

3 100% granen

4 100% mais

5 kunstweide

6 50% cons.- of pootaardappelen + 25% bieten + 25% granen

Bouwplan C: 1 50% fabriksaardappelen + 25% bieten + 25% granen

¹ Wanneer in dit overzicht van aardappelen wordt gesproken, geldt dit voor consumptie-, poot- en fabriksaardappelen.

- 2 25% aardappelen + 25% bieten + 50% granen
 3 10% bieten + 90% granen
 Bouwplan D: 25% bieten + 75% granen

Opmerking:

Bij kans op schurft bij de teelt van pootaardappelen is het verstandig te bekalken tot de pH die voor bouwplan A is aangegeven.

2 Bouwland op zeeklei

Waardering	Percentage organische stof				
	1,0-1,9	2,0-2,9	3,0-4,9	5,0-7,4	7,5-9,9
Slibgeh. 11-14%					
Zeer laag	< 5,6	< 5,1	< 4,9	< 4,6	< 4,4
Laag	5,6-6,2	5,1-5,7	4,9-5,4	4,6-5,1	4,4-4,9
Vrij laag	6,3-6,6	5,8-6,1	5,5-5,8	5,2-5,5	5,0-5,3
Goed	> 6,6	> 6,1	> 5,8	> 5,5	> 5,3
Bekalken tot pH	6,7	6,2	5,9	5,6	5,4
Slibgeh. 15-19%					
Zeer laag	< 5,6	< 5,2	< 5,0	< 4,8	< 4,6
Laag	5,6-6,2	5,2-5,8	5,0-5,5	4,8-5,3	4,6-5,1
Vrij laag	6,3-6,6	5,9-6,2	5,6-5,9	5,4-5,7	5,2-5,5
Goed	> 6,6	> 6,2	> 5,9	> 5,7	> 5,5
Bekalken tot pH	6,7	6,3	6,0	5,8	5,6
Slibgeh. 20-24%					
Zeer laag	< 5,6	< 5,3	< 5,1	< 5,0	< 4,8
Laag	5,6-6,2	5,3-5,9	5,1-5,7	5,0-5,5	4,8-5,3
Vrij laag	6,3-6,6	6,0-6,3	5,8-6,1	5,6-5,9	5,4-5,7
Goed	> 6,6	> 6,3	> 6,1	> 5,9	> 5,7
Bekalken tot pH	6,7	6,4	6,2	6,0	5,8
Slibgeh. 25-34%					
Zeer laag	< 5,7	< 5,5	< 5,3	< 5,1	< 5,0
Laag	5,7-6,3	5,5-6,1	5,3-5,9	5,1-5,7	5,0-5,5
Vrij laag	6,4-6,7	6,2-6,5	6,0-6,3	5,8-6,1	5,6-5,9
Goed	> 6,7	> 6,5	> 6,3	> 6,1	> 5,9
Bekalken tot pH	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0

Waardering	Percentage organische stof				
	1,0-1,9	2,0-2,9	3,0-4,9	5,0-7,4	7,5-9,9
Slibgeh. 35-44%					
Zeër laag	< 5,9	< 5,8	< 5,6	< 5,4	< 5,2
Laag	5,9-6,5	5,8-6,4	5,6-6,2	5,4-6,0	5,2-5,8
Vrij laag	6,6-7,0	6,5-6,8	6,3-6,6	6,1-6,4	5,9-6,2
Goed	> 7,0	> 6,8	> 6,6	> 6,4	> 6,2
Bekalken tot pH	7,1	6,9	6,7	6,5	6,3
Slibgeh. 45-54%					
Zeër laag	< 6,0	< 5,9	< 5,9	< 5,6	< 5,4
Laag	6,0-6,6	5,9-6,5	5,9-6,4	5,6-6,2	5,4-6,0
Vrij laag	6,7-7,1	6,6-7,0	6,5-6,9	6,3-6,6	6,1-6,4
Goed	> 7,1	> 7,0	> 6,9	> 6,6	> 6,4
Bekalken tot pH	7,2	7,1	7,0	6,7	6,5
Slibgeh. > 54%					
Zeër laag	< 6,0	< 6,0	< 5,9	< 5,8	< 5,6
Laag	6,0-6,6	6,0-6,6	5,9-6,5	5,8-6,4	5,6-6,2
Vrij laag	6,7-7,1	6,7-7,1	6,6-7,0	6,5-6,8	6,3-6,6
Goed	> 7,1	> 7,1	> 7,0	> 6,8	> 6,6
Bekalken tot pH	7,2	7,2	7,1	6,9	6,7

Opmerking:

Bij meer dan 2% CaCO₃ is geen bekalking nodig.

3 Bouwland op rivierklei

Waardering	Percentage afslibbaar		
	11-14	15-19	≥ 20
Te laag	< 4,9	< 5,0	< 5,0
Vrij laag	4,9-5,9	5,0-6,1	5,0-5,7
Vrij goed	-	-	5,8-6,3
Goed	6,0-6,3	6,2-6,5	6,4-6,7
Hoog	> 6,3	> 6,5	> 6,7 en < 1% CaCO ₃
Zeër hoog	-	-	> 6,7 en > 1% CaCO ₃
Bekalken tot pH	6,0	6,2	6,4

4 Bouwland op lössgrond

Waardering	Percentage afslibbaar					
	11-20			> 20		
	<i>bouwpl.</i> A	<i>bouwpl.</i> B	<i>bouwpl.</i> C	<i>bouwpl.</i> A	<i>bouwpl.</i> B	<i>bouwpl.</i> C
Te laag	< 4,5	< 4,9	< 5,1	< 4,7	< 5,2	< 5,5
Vrij laag	4,5-5,4	4,9-5,8	5,1-6,2	4,7-5,7	5,2-6,1	5,5-6,5
Goed	5,5-6,1	5,9-6,7	6,3-7,0	5,8-6,4	6,2-7,0	6,6-7,5
Hoog	> 6,1	> 6,7	> 7,0	> 6,4	> 7,0	> 7,5
Bekalken tot pH	5,5	5,9	6,3	5,8	6,2	6,6

Bouwplan A: geen bieten en groentegewassen; uitsluitend aardappelen en granen

Bouwplan B: 25-50% bieten, 25% aardappelen, verder granen resp. groentegewassen

Bouwplan C: 50% bieten, geen aardappelen, verder granen resp. groentegewassen

5 Grasland op alle grondsoorten

Waardering	pH-KCl	Advies
Te laag	< 4,4	bekalken tot 5,0
Vrij laag	4,4-4,7	bekalken tot 5,0
Goed	4,8-5,5	niet bekalken
Vrij hoog	5,6-6,1	{ geen kalk en geen alkalisch werkende meststoffen gebruiken
Hoog	> 6,1	

F Berekening van de benodigde hoeveelheid kalk

1 Kalkfactor voor zand- en veengronden (zie blz. 109)

<i>Humus</i>	<i>Kalkfactor</i>	<i>Humus</i>	<i>Kalkfactor</i>	<i>Humus</i>	<i>Kalkfactor</i>
%		%		%	
2	67	14	234	32	354
4	104	16	252	36	371
6	136	18	269	40	386
8	165	20	284	50	417
10	190	24	311	60	441
12	214	28	333	70	460

2 Kilogrammen z.b.w. per 10 cm bouwvoor nodig op kleigronden

– Bij verhoging van de pH tot hoogstens 6,4: $b \times X \times \text{kleihumus}$

X = aantal tienden dat de pH lager is dan de gewenste pH (tot 6,4 of lager);

kleihumus = $\frac{1}{4}$ van het percentage afslibbaar + het percentage humus;

b is af te lezen uit de volgende tabel.

<i>Humus</i>	<i>b</i>	<i>Humus</i>	<i>b</i>	<i>Humus</i>	<i>b</i>
%		%		%	
1	14,7	8	11,6	16	10,3
2	14,0	10	11,2	18	10,0
4	12,8	12	10,8	20	9,0
6	12,1	14	10,5		

- Bij verhoging van de pH van 6,4 tot de gewenste pH:

Uitgangs- pH	Percentage organische stof 1,0-1,9								Percentage organische stof 2,0-2,9			
	Percentage afslibbaar								Percentage afslibbaar			
	11-14	15-19	20-24	25-34	35-44	45-54	> 54	25-34	35-44	45-54	> 54	
6,4	340	430	520	1000	3400	7300	8600	410	1800	4100	8400	
6,5	260	320	390	820	3200	7000	8300	240	1600	3800	8100	
6,6	140	170	210	600	2900	6700	7900	-	1300	3500	7700	
6,7	-	-	-	330	2600	6200	7400	-	950	3100	7200	
6,8	-	-	-	-	2100	5700	6800	-	500	2600	6600	
6,9	-	-	-	-	1600	5100	6000	-	-	1900	5900	
7,0	-	-	-	-	1000	4400	5200	-	-	1200	5000	
7,1	-	-	-	-	-	3100	3700	-	-	-	3600	
7,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Gewenste pH	6,7	6,7	6,7	6,8	7,1	7,2	7,2	6,6	6,9	7,1	7,2	

Uitgangs- pH	Percentage organische stof 3,0-4,9						Percentage organische stof 5,0-7,4			Percentage organische stof 7,5-9,9	
	Percentage afslibbaar						Percentage afslibbaar			Percentage afslibbaar	
	35-44	45-54	> 54	35-44	45-54	> 54	45-54	> 54			
6,4	880	2900	4800	240	1100	2600	310	1400			
6,5	660	2600	4500	-	830	2300	-	1000			
6,6	350	2300	4100	-	440	1900	-	550			
6,7	-	1900	3600	-	-	1400	-	-			
6,8	-	1300	3000	-	-	760	-	-			
6,9	-	720	2300	-	-	-	-	-			
7,0	-	-	1400	-	-	-	-	-			
7,1	-	-	-	-	-	-	-	-			
7,2	-	-	-	-	-	-	-	-			
Gewenste pH	6,7	7,0	7,1	6,5	6,7	6,9	6,5	6,7			

G Hoeveelheden organische stof die van de diverse gewassen op het land achterblijven en de hoeveelheden die na 1 jaar nog in de bouwvoor aanwezig zijn (in kg droge organische stof per ha).

<i>Gewas</i>	<i>Bij het oogsten van het stro</i>				<i>Met al het stro onderploegen</i>	
	<i>Wortel-resten</i>	<i>Halm-resten</i>	<i>Kaf en stro</i>	<i>Totaal</i>	<i>Na 1 jaar nog in de bouwvoor</i>	<i>Na 1 jaar nog in de bouwvoor</i>
Wintertarwe	1600	2100	1500	5200	1640	8500
Zomertarwe	1400	2100	1700	5200	1630	8400
Wintergerst	1400	2100	1500	5000	1570	7600
Zomergerst	1000	1900	1300	4200	1310	6300
Haver	1400	2100	1500	5000	1570	8000
Rogge	1200	2100	1500	4800	1500	8200
Snijmais	1500	500	—	2000	675	—

<i>Gewas</i>	<i>Wortel-resten</i>	<i>Blad-resten</i>	<i>Oogst-resten</i>	<i>Totaal</i>	<i>Na 1 jaar nog in de bouwvoor</i>
Aardappelen	500	2700	800 ¹	4000	875
Suikerbieten	500	700	300	1500	375
Suikerbieten incl. kop en blad	500	700	4800	6000	1275

<i>Gewas</i>	<i>Onder-grondse delen</i>	<i>Boven-grondse delen</i>	<i>Totaal</i>	<i>Na 1 jaar nog in de bouwvoor</i>
Kool	1000	4000	5000	1150
Spruitkool	1000	500	1500	450
Vlas	200	100	300	100
Erwten	400	100	500	170
Erwten incl. loof	400	1600	2000	470
Stamslabonen	400	100	500	170
Stamslabonen incl. loof	400	1600	2000	470
Karwij	1500	2500	4000	1275
Koolzaad	1500	1500	3000	975
Witlof	500	1000	1500	375
Uien	300	200	500	145

¹ Inclusief 500 kg org. stof van kriel.

<i>Gewas</i>	<i>Wortels</i>	<i>Stoppel</i>	<i>Totaal</i>	<i>Na 1 jaar nog aanwezig</i>
1-jarig gras en klaver	2500	1500	4000	1175
1-jarige witte klaver	2000	1000	3000	900
1-jarige rode klaver	1700	1000	2700	795
Overjarige luzerne (jaar van inzaai + volgend jaar)	3000	1500	4500	1350
3-jarige luzerne	5000	1500	6500	2050

<i>Gewas</i>	<i>Onder- grondse delen</i>	<i>Boven- grondse delen</i>	<i>Totaal</i>	<i>Na 1 jaar nog in de bouwvoor</i>
Kunstweide + graszaad				
Jaar van inzaai (aug.-sept.)	1000	500	1500	450
Eerste jaar	2500	1500	4000	1175
Tweede jaar	6500	1500	8000	2575
Derde jaar en volgende	10500	1500	12000	3975
Onder dekvrucht ingezaaid				
Italiaans en Westerwolds raaigras	1700	3300	5000	1255
Engels raaigras	1700	2800	4500	1155
Rode klaver	1500	3200	4700	1165
Hopperrups	600	2900	3500	790
Witte klaver	1000	2500	3500	850
In de stoppel gezaaid				
Italiaans en Westerwolds raaigras	1200	3300	4500	1080
Wikken	300	2700	3000	645
Bladkool	800	2800	3600	840
Bladramenas	600	3200	3800	850
Zomerkoolzaad	600	2800	3400	770
Stoppelknollen	200	3800	4000	830

(Rijkslandbouwconsulentschap voor Bodemaangelegenheden in de landbouw)

H Kunstmeststoffen

204

Meststof	Hoofbestanddeel	Gehalte	kg z.b.w. of basenequivalent ¹ per 100 kg meststof		Prijs ² per 100 kg
			grasland	bouwland	
Stikstofmeststoffen					
Chilisaalpeter	NaNO ₃	16 % N	+20	+17	f 40,00
Kalksaalpeter	Ca(NO ₃) ₂	15½% N	+16	+12	f 31,50
Zwavelzure ammoniak	(NH ₄) ₂ SO ₄	21 % N	-57	-61	f 35,40
Kalkammonisalpeter	NH ₄ NO ₃	26 % N	- 7	-12	f 41,70
Magnesium	NH ₄ NO ₃	22 % N	+ 4	- 0	f 39,00
Ureum	CO(NH ₂) ₂	46 % N	-37	-46	f 66,10
Ammoniak	NH ₃	82 % N	-66	-82	f 94,60 ³
Urean	CO(NH ₂) ₂ + NH ₄ NO ₃	30 % N	-24	-30	f 52,00 ⁴
Fosfaatmeststoffen					
Superfosfaat	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	20% P ₂ O ₅ (amm. citr.)	0	0	f 39,00
Tripelsuperfosfaat	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	46% P ₂ O ₅ (amm. citr.)	0	0	f 58,90
Thomasmeel	diverse fosfiaten	14-18% P ₂ O ₅ (2% citr. z.)	+30	+30	f 1,42
Gloeifosfaat (Rhenaniasfosfaat)	CaNaPO ₄	27½% P ₂ O ₅ (amm. citr.)	zwak basisch	zwak basisch	per % P ₂ O ₅ f -
Zacht natuurfosfaat	Ca ₃ (PO ₄) ₂	25-35% P ₂ O ₅ (min. zuur)	+20	+20	f 34,65

Voor de noten 1 t.e.m. 4 zie pag. 206

Meststof	Hoofbestanddeel	Gehalte	Nevenbestanddelen	kg z.b.w. of basenequivalent ¹ per 100 kg meststof		Prijs ² per 100 kg
				grasland	boonland	
Kalimestoffen						
Nakamag	KCl	10% K ₂ O	20% Na ₂ O; 5% MgO	0	0	f 18,40
Ruw kaliumnatriumzout	KCl	15% K ₂ O	10% Na ₂ O	0	0	f -
Kalozout 40	KCl	40% K ₂ O	10% Na ₂ O	0	0	f 30,20
Kalozout 60	KCl	60% K ₂ O	-	0	0	f 39,40
Patentkali	K ₂ SO ₄	30% K ₂ O	10% MgO als MgSO ₄	0	0	f 34,00
Zwavelzure kali	K ₂ SO ₄	50% K ₂ O	-	0	0	f 52,60
Kalkmeststoffen						
Gemalen ongebl. kalk	CaO	z.b.w. 80	-	+80	+80	f -
Landbouwpoederkalk	Ca(OH) ₂	z.b.w. 60	-	+60	+60	f 21,20
Magnesiapoederkalk	Ca(OH) ₂ en CaCO ₃	z.b.w. 60	6% MgO	+60	+60	f -
Kalkmergel	CaCO ₃	z.b.w. 35	-	+35	+35	f 4,30
Koolzure landbouwkalk	CaCO ₃	z.b.w. 53	-	+53	+53	f 12,90
Koolzure magnesiakalk	CaCO ₃	z.b.w. 54	5-20% MgO als MgCO ₃	+54	+54	f 11,90-14,20
Schuimaarde						
	CaCO ₃	z.b.w. 20	5-10% org. stof 1/2% N (werk. fact.: 20-50%) 1% P ₂ O ₅ (werk. fact.: 50%) 0,1-0,3% K ₂ O 1% MgO (werk. fact.: 50%)	+20	+20	f 17,80 ⁵ (los per ton)
Kencica-producten						
	CaSiO ₃	zie blz. 103	zie blz. 103	+25/50	+25/50	-
Magnesiummeststoffen						
Kieseriet	MgSO ₄ ·H ₂ O	27% MgO	-	0	0	f 25,40
Bitterzout	MgSO ₄ ·7H ₂ O	16% MgO	-	0	0	f 31,00

Voor noten 1, 2 en 5 zie pag. 206.

Meststof	Hoofbestanddeel	Gehalte	Nevenbestanddelen	kg z.b.w. of basenequivalent ¹ per 100 kg meststof		Prijs ² per 100 kg
				grasland	bouwland	
Natriummeststoffen						
Landbouwsout	NaCl	50% Na ₂ O	—	0	0	f 23,30
Chilispeter	NaNO ₃	35% Na ₂ O	0,05% B	+20	+17	f 40,00
Nakamag	KCl	20% Na ₂ O	5% MgO	0	0	f 18,40
Ruw kaliumnatriumsout	KCl	10% Na ₂ O	—	0	0	f —
Kaliumsout 40	KCl	10% Na ₂ O	—	0	0	f 30,20
Stima-Kencica	CaSiO ₃	10% Na ₂ O	—	+40	+40	f —
Spoorelementenmeststoffen						
Mangansulfaat	MnSO ₄	20% Mn	—	0	0	f 140,00
Kopersulfaat	CuSO ₄	24% Cu	—	0	0	f 182,50
Koperslakkenbloem	—	1½% Cu	0,1% Co	0	0	f 29,10
Borax	Na ₂ B ₄ O ₇	10% B	—	0	0	f 145,00
Boriummeststof:						
kieseriethoudend	Na ₂ B ₄ O ₇	2% B	80% kieseriet	0	0	f —
Kobaltsulfaat	CoSO ₄	20% Co	—	0	0	f —
Sporumix	diverse spoor- elementen	zie blz. 136	zie blz. 136	0	0	f 67,50

¹ *Zuurbindende waarde* (z.b.w.) is de gehalte-aanduiding van de kalkmeststoffen. Z.b.w. is het getal dat aangeeft het aantal milliliters 0,357n zoutzuur, dat geneutraliseerd wordt door 1 gram van de meststof.

Basenequivalent is het getal, berekend in kilogram calciumoxide per 100 kg meststof, dat de waarde van de uiteindelijke reactie van de meststof na toevoeging aan de bodem aangeeft, rekening houdend met alle bestanddelen van die meststof, is de waarde van dit getal lager dan -5, dan is de meststof 'zuurwerkend', is het hoger dan +5, dan is zij 'basischwerkend'; in de overige gevallen is zij 'neutraalwerkend'.

² Verbruikersprijzen, franco boerderij inclusief zakken en btw (jan. '81: in hoofdzaak volgens gegevens van het L.E.I.).

³ In de grond gebracht.

⁴ Per 100 l bevattende 39 kg N.

⁵ Perschuimaarde met 65-70% droge stof, laagste prijs geldt voor z.w. Nederland, hoogste voor Groningen.

I Assortiment NPK-, NP en PK-meststoffen voor het bemestingsjaar 1980/1981

Samenstelling	Stikstof waarvan		Van het fosforzuur in water oplosbaar	Prijs ³ per 100 kg
	als nitraat	als ammoniak		
<i>Chloorhoudend</i>				
NPK 20 + 10 + 10	9	11	9/10	f 56,10
NPK 18 + 7 + 7 ¹	8	10	9/10	f 52,30
NPK 17 + 17 + 17	6,5	10,5	9/10	f 62,10
NPK 15 + 12 + 24	6	9	9/10	f 58,10
PK 0 + 25 + 25	-	-	9/10	f 53,40
PK 0 + 15 + 30	-	-	9/10	f 44,80
PK 0 + 15 + 25	-	-	9/10	f 42,60
<i>Chloorarm</i>				
NPK 16 + 10 + 20	6,5	9,5	9/10	f 62,80
NPK 16 + 8 + 14 ²	6,5	9,5	9/10	f 53,80
NPK 15 + 15 + 15	6	9	9/10	f 63,60
NPK 14 + 14 + 14	6,5	7,5	5/10	f 55,10
NPK 12 + 10 + 18	5	7	9/10	f 54,20
NPK 10 + 12 + 24	2,5	7,5	9/10	f 59,20
NPK 7 + 14 + 28	-	7	9/10	f 62,30
<i>Chloorvrij</i>				
NP 26 + 14 + 0	11	15	9/10	f 59,80
NP 23 + 23 + 0	9	14	9/10	f 67,10
NP 20 + 34 + 0	6,5	13,5	9/10	f 79,60
NP 20 + 20 + 0	9	11	5/10	f 54,90
NP 17 + 50 + 0	-	17	9/10	f 94,15
NP 12 + 55 + 0	-	12	9/10	f 93,10
NP 11 + 52 + 0	-	11	9/10	f 88,60

¹ Bevat 7% MgO

² Bevat 4% MgO

³ Verbruikersprijzen franco boerderij, inclusief zakken en btw. (jan. '81; in hoofdzaak volgens gegevens van het L.E.I.)

Voor NP-oplossingen zie blz. 92

Voor Rhe-Ka-Phos en thomasmeel-kali zie blz. 93

Voor diverse Kencica-soorten zie blz. 103

**J Samenstelling organische meststoffen van dierlijke oorsprong
in kg per 1000 kg mest**

Mestsoort	Kg per 180 dagen	Droge stof	Org. stof	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	Cl
<i>Rundvee</i>										
Grupstalment	5 000	215	140	5,4	3,8	3,5	4,0	1,5	1,-	2,-
Loopstalment										
Dunne mest	10 000	95	60	4,4	2,0	5,-	2,0	1,-	1,-	3,-
Gier	4 000	26	10	4,-	0,2	8,-	0,1	0,2	1,-	4,-
Kg per 365 dagen										
<i>Varkens¹</i>										
Vaste mest	700	230	160	7,5	9,0	3,5	9,-	2,5	1,-	2,-
Dunne mest	1 600	80	63	7,-	4,7	4,-	3,5	1,0	1,-	1,5
Gier	900	20	5	6,5	0,9	4,5	0,6	0,2	1,-	4,-
<i>Kippen</i>										
Vaste mest	40	322	230	12,5	18,7	9,0	23,5	2,5	2,-	3,5
Dunne mest	80	110	80	8,-	6,5	5,0	11,0	1,4	1,1	1,4
Strooiselmest	-	530	350	15,8	20,0	11,-	28,6	4,4	3,5	5,4
<i>Diversen</i>										
Vleeskalverenmest	3 000 ²	20	15	3,-	1,3	2,4	1,4	1,3	0,6	2,5
Afgedragen champignonmest	-	380	190	6,5	5,9	8,5	25,0	2,3	2,6	2,9
Slachtkuikemest	7,0 ³	580	460	26,0	24,0	21,5	20,5	6,0	4,0	6,5
Paardemest	-	310	250	5,0	3,0	5,6	3,1	1,8	-	-

(Instituut voor Bodemvruchtbaarheid 1979)

Met de stikstof die uit de vaste en dunne mest beschikbaar komt, heeft bij de aardappelen geen rekening te worden gehouden. Voor de bieten moet deze stikstof voor de helft en voor de granen en stoppelknollen volledig in rekening worden gebracht.

¹ Berekend voor varkens die op een gewicht van 110 kg worden afgeleverd. Voor zeugen zal de mest- en gierhoeveelheid ongeveer het dubbele bedragen. Vaste en dunne mest van slachtvarkens bevat resp. 0,18 en 0,08‰ Cu.

² Bij afmesten van 3 kalveren per jaar.

³ Bij 5 ½ toom per jaar.

Werkingscoëfficiënt van N in dierlijke mest in %

	Jaargetijde	Bouwland	Grasland
Vaste mest van rundvee en varkens	voorjaar	40	20
	najaar	20	10
Dunne mest van rundvee en varkens	voorjaar	50	35
	najaar	25	20
Gier	voorjaar	80	70
	najaar	40	35
Kippemest	voorjaar	65	40
	najaar	35	20

K Normen voor de meststoffenbalans

Omrekeningsfactoren tot grootvee i.v.m. de mestproductie

Melk- en kalfkoeien, volwassen vleesvee	1,0
drachtige pinken en jonge stieren (ca. 2 jaar)	0,7
pinken (ca. 1 jaar)	0,5
kalveren (0-6 maanden)	0,2
paarden	1,0

Productie in kilogrammen	P ₂ O ₅	K ₂ O
Grootvee (per stuk)	20 ¹	50 ¹
Vleeskalveren: per afgeleverd kalf	1,3	2,4
per plaats (2,2 afleveringen)	2,9	5,3
Slachtvarkens: per plaats	7,5	6,4
per aanwezig varken	8,5	7,3
Zeugen (per stuk; geen uitloop)	20	17
Opfokzeugen (per stuk)	9,4	8,0
Legkippen (per 100 stuks; vastzittend)	75	36
Slachtkuikens: per 100 stuks	19	14
per 100 plaatsen	15	11

¹ De normen voor grootvee gelden voor een stalperiode van 180 dagen.
De productie van 50 kg K₂O geldt als per stuk grootvee 40 are wordt gemaaid. Bij 50, 60 of 70 are maaien is de norm resp. 55, 61 en 67 kg K₂O.
Worden ook andere produkten dan kuilgras en hooi gevoerd, dan moet de gemaaide oppervlakte worden verhoogd met:
4 × de oppervlakte voederbieten.
2 × de oppervlakte suikerbietenkoppen + blad.
1½ × de oppervlakte stoppelknollen.
2 × de oppervlakte snijmais.
Van de berekende hoeveelheden P₂O₅ en K₂O wordt 10% afgetrokken voor verliezen.
Bij uitrijden van de mest in het najaar en in de winter kunnen de verliezen aan kali op zandgronden echter aanmerkelijk groter zijn. Deze kunnen wel oplopen tot 50% en meer bij toediening in november of december.

L Onttrekking van voedingsstoffen door landbouwgewassen

Gewas	Opbrengst bij een goede oogst		Gemiddelde onttrekking per oogst				
	K ¹	L ¹	stikstof (N)	fosfaat (P ₂ O ₅)	kali (K ₂ O)	kalk (CaO)	magnesia (MgO)
<i>Granen</i>							
Tarwe	5 500	5 000	131	56	77	16	16
Rogge	3 500	5 000	65	32	63	11	10
Gerst	5 000	3 500	85	44	83	15	13
Haver	4 500	4 000	92	48	108	18	11
Mais	5 500	2)	70	31	17	3	8
<i>Peulvruchten</i>							
Veldbonen	2 700	2 500	140	40	75	30	15
Stambonen	2 500	1 500	122	33	57	18	11
Erwten	4 000	2 500	183	41	79	57	18
<i>Knol- en wortelgewassen</i>							
Consumptie-aardappelen	40 000	2)	120	55	221	9	18
Fabrieksaardappelen	40 000	2)	120	55	184	9	18
Suikerbieten	50 000	35 000	266	102	339	119	91
Voederbieten	80 000	15 000	156	76	378	78	48
Stoppelknollen	40 000	40 000	117	51	176	44	18
Koolrapen	40 000	8 000	112	47	199	38	14
<i>Handelsgewassen</i>							
Vezelvlas	1 000	6 500	70	44	95	49	18
Kanariezaad	2 500	7 000	48	34	63	12	9
Blauwmaanzaad	1 400	1 400	63	28	42	70	15
Mosterdzaad	1 300	2 800	60	45	45	-	10
Karwijzaad	1 900	4 300	81	36	147	92	19
<i>Groenvoedergewassen</i>							
Klaver (1ste snede) hooi	-	4 000	102	24	85	75	24
Luzerne (1ste snede) hooi	-	5 000	128	30	149	106	13
Grasland (1ste snede) hooi	-	5 000	108	32	128	28	10
Snijmais		50 000	188	81	232	50	31

(Uit: Handboek voor de Akkerbouw)

¹ K heeft betrekking op de korrel, resp. knol; L op het stro of het loof.

² Het loof komt voor het grootste deel op het land terug.

Orde van grootte der ont- trekking van spoorelementen door één oogst ³				Percent. droge stof	Gehalte in kg per 100 kg droge stof ⁵									
borium (Mn)	koper (B)	koper (Cu)	molybd. (Mo)		K + L ⁴	stikstof (N)		fosfaat (P ₂ O ₅)		kali (K ₂ O)		kalk (CaO)		magnesia (MgO)
g/ha	g/ha	g/ha	g/ha		K	L	K	L	K	L	K	L	K	L
250	11	27	3	85	2,25	0,60	1,00	0,20	0,60	1,15	0,08	0,30	0,20	0,15
240	11	26	3	85	1,60	0,40	0,80	0,20	0,70	1,00	0,08	0,20	0,20	0,10
190	8	21	2	85	1,70	0,45	0,90	0,20	0,70	1,80	0,08	0,40	0,20	0,15
220	10	25	2	85	2,00	0,45	0,95	0,35	0,60	2,50	0,12	0,40	0,20	0,10
41	8	21	1	85	1,50	—	0,66	—	0,37	—	0,07	—	0,18	—
90	37	39	22	85	5,00	1,20	1,40	0,25	1,60	1,80	0,15	1,20	0,22	0,50
60	24	30	19	85	5,00	1,20	1,40	0,25	1,60	1,80	0,15	1,20	0,22	0,50
80	33	37	22	85	4,20	1,90	1,00	0,35	1,40	1,50	0,12	2,50	0,22	0,50
40	60	40	6	23	1,30	—	0,60	—	2,40	—	0,10	—	0,20	—
50	65	45	7	23	1,30	—	0,60	—	2,40	—	0,10	—	0,20	—
400	300	100	11	23	0,90	2,90	0,40	0,80	1,00	4,00	0,30	1,50	0,30	1,00
300	200	80	9	13	1,10	2,50	0,60	0,80	3,00	4,00	0,35	2,50	0,30	1,00
10	40	15	—	11	—	2,65	—	1,15	—	4,00	—	1,00	—	0,40
50	84	23	—	10	2,00	3,60	0,90	1,30	3,80	5,30	0,30	3,00	0,20	0,70
—	—	—	—	88	4,00	0,60	1,80	0,50	1,10	1,50	0,35	0,80	0,75	0,20
—	—	—	—	85	2,20	0,50	1,10	0,30	0,55	1,50	0,08	0,30	0,27	0,10
—	—	—	—	88	3,60	1,50	1,90	0,40	1,10	2,30	2,20	3,50	0,75	0,50
—	—	—	—	88	4,50	0,30	2,00	0,90	1,10	1,40	—	—	0,50	0,10
—	—	—	—	88	3,50	0,60	1,50	0,30	2,00	3,00	1,00	2,00	0,60	0,25
150	40	35	24	85	—	3,00	—	0,70	—	2,50	—	2,20	—	0,70
—	—	46	—	85	—	3,00	—	0,80	—	3,50	—	2,50	—	0,30
—	—	—	—	80	—	2,70	—	0,80	—	3,20	—	0,70	—	0,25
—	—	—	—	25	—	1,5	—	0,65	—	1,80	—	0,40	—	0,25

³ De onttrekking van zink komt in orde van grootte overeen met die van mangaan, terwijl de ijzeronttrekking ongeveer 5 tot 10 maal zo groot is.

⁴ Gelden alleen voor een oogst onder normale weersomstandigheden, dus niet bij zeer vochtig weer.

⁵ Gehalten ongewijzigd volgens het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid.

Trefwoordenregister

absoluut tekort	39, 128	Emkal	102
adsorptie	20, 37	entaarde	163
adviesbasis	23	enten van zaaizaad	163
aluminium	18, 28, 72	fosfaatammonsalpeter	92
ammoniaksynthese	50	fosfaatfixatie	36, 73, 191
ammoniumfosfaten	91, 92	Fosma-Kencica	103
analyseverslag	26	gedeelde stikstofgiften	64
antagonismen	39, 116	gemengde mestbewaring	143
basenequivalent	206	gescheiden mestwinning	143
beluchten van dunne mest	182	gips	35, 71
biogas	182	gloeifosfaat	75
Biogruis	179	grastetanie	40, 114
biologische binding van plantevoedsel	37	grondonderzoek	22
bitterzout	116	hoofdelementen	16
bladvoeding	93	humustheorie	13
borax	132	hypomagnesemie	40, 114, 116
Borium-Kencica	103, 133	ijzer	17, 28
boriummeststof- kieseriethoudend	133	injectie van meststoffen	54, 183
bouwplanbemesting	89, 116	ionenantagonismen	39, 116
buffering van zuren	33	ionenuitwisseling	14
champignonmest	171	jodium	17, 121
chilisalpeter	50, 120, 133	kalifixatie	37, 81, 88, 193
chloor	18, 84	kalikiezelkalk	103
chloorschade	84	kaliumchloride	84
C/N-verhouding	146, 168	kaliumsulfaat	87
complexe meststoffen	91	kali-40	84, 121
Deltaspray	93	kali-60	84
denitrificatie	49, 56	kalkammonsalpeter	55
Dolokal	104	kalkbalans	111
druppelbevloeiing	93	kalkfactor	109, 200
drijfmest	152		

kalkmergel	102	onderhoudsbekalking	110
kalkmijdende gewassen	30	opname van water	14
kalksalpeter	51	opname van zouten	14
Kencica	103	optimale pH	30
keuzevermogen	15	organische reserve	20
kieseriet	116	organische-stofbalans	174
kluitkalk	101	organische-stofbedrijven	140, 180
knolletjesbacteriën	61, 135, 162	osmose	14
koolzure landbouwkalk	102	oude kracht	149
koolzure magnesiakalk	103	overbemesting	57, 65, 118
Koper-Kencica	103		
koperslakkenbloem	129	patentkali	86
kopersulfaat	128	prillen	50
kopziekte	40, 80, 114, 116	primair tekort	39, 128
Kristalon	93		
kunstmestwaarde	149	rentabiliteitsgrens	42
kwarts	20	reparatiebekalking	108
		Rhe-Ka-Phos	92
landbouwpoederkalk	102	Rhenaniafosfaat	75
landbouwzout	120	Rhizobium radicum	162
Liebig, Justus von	41, 44	ruwe kalizouten	83
Luxan Borium spuitpoeder	133	ruw fosfaat	75
luxe-consumptie	80	ruw kalinatriumzout	83, 121
Lijst van Meststoffen	46	rijenbemesting	78, 97
macro-elementen	16	scheikundig grondonderzoek	22
Maërl	104	schuimaarde	104
Magnesium	56, 118	secundair tekort	39, 128
magnesiapoederkalk	103	silicium	18
Maneltra-borium	133	Solubor	133
mangaansulfaat	124	spoorelementen	17, 18, 121
mestbanken	141, 156	Sporumix	133, 136
Meststoffenbeschikking	46	sputen van meststoffen	57, 90, 97, 98
Meststoffenbesluit	46	Stima-Kencica	103, 121
Meststoffenwet	45	superfosfaat	71
meststofoplossingen	97	synergismen	39
micro-elementen	17, 18	synthetische stikstof- meststoffen	49
minerale reserve	20, 81		
mineralisatie	21, 146, 186	temperatuursom	66
minimumfactor	41	thomasmeel	73
mobilisatie van plantevoedsel	100	thomasmeel-kali	92
		tripelsuperfosfaat	71
Nakamag	83, 121		
natuurfosfaat	75	Urean	57
nitrietvergiftiging	49	ureum	56, 142, 151
nitricatie	32, 53, 95		
nitricerende bacteriën	32	verwering	20, 81, 115
N-mineraal	64	vloeibare ammoniak	54
Nutrifol	93		

voorwaardelijk tekort	39, 128
watercultuur	16
Werkboek Bemestingsleer	24
werkingscoëfficiënt	149, 209
werkingsfactor	
(zie werkingscoëfficiënt)	
Wet van de afnemende meeropbrengsten	42
Wet van de werking der groeifactoren	41
Wet van het minimum	41
Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren	171, 185
Winterswijkse dolomiet	103
wortelknolletjesbacteriën	61, 135, 162
zaai-bedbalking	111
zandcultuur	16
zink	17, 18, 70, 121
zoutschade	90, 85, 98
zuurbindende waarde (z.b.w.)	95, 206
zware metalen	170, 173, 184
zwavel	19
zwavelzure ammoniak	52
zwavelzure kali	87