



Landbouwkundige waarde mestbewerkingsproducten

Aanvoer van nutriënten en organische stof met geselecteerde product-markt-combinaties

W. van Dijk, R. Postma & J. Roefs



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Landbouwkundige waarde mestbewerkingsproducten

Aanvoer van nutriënten en organische stof met geselecteerde product-markt-combinaties

W. van Dijk¹, R. Postma² & J. Roefs³

1 Wageningen University & Research

2 Nutriënten Management Instituut

3 Stichting Nederlands Centrum voor Mestverwaarding

Dit onderzoek is uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), Wageningen Plant Research, in het kader van de publiek private samenwerking (PPS) NL Next Level Mestverwaarden (AF-18136).

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, augustus 2020

Rapport WPR-1012

Van Dijk, W., R. Postma & J. Roefs, 2020. *Landbouwkundige waarde mestbewerkingsproducten; Aanvoer van nutriënten en organische stof met geselecteerde product-markt-combinaties*. Wageningen Research, Rapport WPR-1012. 39 blz.; 4 fig.; 5 tab.; 15 ref.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/528799>

Trefwoorden: mestbewerkingsproducten, bemestende waarde, organische stof

© 2020 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Agrosysteemkunde, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-1012

Foto omslag: Jan Huijsmans, Wageningen UR

Inhoud

	Voorwoord	9
	Samenvatting	11
1	Inleiding	13
	1.1 Achtergrond en aanleiding	13
	1.2 Doel en afbakening	13
	1.3 Leeswijzer	14
2	Samenstelling producten	15
	2.1 Minerale producten	15
	2.2 Organische producten	16
3	Aanpak	21
	3.1 Berekeningsmethodiek	21
	3.1.1 Beschikbaarheid nutriënten	21
	3.1.2 Organische stof	22
	3.2 Toediening	22
	3.2.1 Minerale producten	22
	3.2.2 Organische stofproducten	24
4	Resultaten	25
	4.1 Minerale N-producten	25
	4.1.1 Nutriënten	25
	4.1.2 Toedieningsaspecten	26
	4.2 Minerale K-producten	26
	4.2.1 Nutriënten	26
	4.2.2 Organische stof	26
	4.2.3 Toedieningsaspecten	26
	4.3 Minerale P-product	26
	4.3.1 Nutriënten	26
	4.3.2 Organische stof	27
	4.3.3 Toedieningsaspecten	27
	4.4 P-rijke organische stofproducten	29
	4.4.1 Nutriënten	29
	4.4.2 Organische stof	29
	4.4.3 Toedieningsaspecten	29
	4.5 P-arme organische stofproduct	30
	4.5.1 Nutriënten	30
	4.5.2 Organische stof	30
	4.5.3 Toedieningsaspecten	30
	4.6 Korte en lange termijn werking stikstof	32
5	Discussie en conclusies	35
	5.1 Discussie	35
	5.1.1 Nauwkeurigheid gehalten in producten	35
	5.1.2 Bron samenstelling mestproducten	35
	5.1.3 Werkzaamheid N van minerale N-producten	35
	5.1.4 EOS-aanvoer met organische stofproducten	35

5.1.5	Zinkgehalten in organische stofproducten	36
5.2	Conclusies	37
5.2.1	Minerale producten	37
5.2.2	Organische stofproducten	37

Referenties	39
--------------------	-----------

Voorwoord

De Nederlandse veehouderij produceert niet alleen hoogstaande producten zoals vlees en zuivel, maar ook de waardevolle grondstof mest. Dierlijke mest van goede kwaliteit is met name van groot belang voor het sluiten van kringlopen, in een klimaatvriendelijke, circulaire voedselproductie. Zes bedrijven in de agrarische sector (Agrifirm, Darling Ingredients International, ForFarmers, Royal Friesland Campina, Van Drie Group en De Heus) hebben, samen met Wageningen University & Research, het Nederlands Centrum Mestverwaarding (NCM) en het ministerie van LNV, de handschoen opgepakt om tot een transitie rond mest en bemesting te komen. Deze transitie is gericht op het verwaarden van mest tot marktrijpe organische en anorganische bemestingsproducten voor afzet in de land- en tuinbouw in Nederland en daarbuiten.

Het onderzoeksprogramma NL Next Level Mest Verwaarden is een Publiek Private Samenwerking, waarbij het ministerie van LNV en de 6 bedrijven financieren. Het bestaat uit 4 werkpakketten:

1. Kwaliteitseisen specificeren voor marktwaardige, emissiearme bemestingsproducten,
2. Technologieën opschalen waarmee die producten kunnen worden geproduceerd,
3. Op boerderijniveau maatregelen nemen om gewenste grondstoffen voor mestverwaarden te leveren,
4. Komen tot een duurzame, transparante en betrouwbare 'mestketen'.

Het onderzoek dat hier gerapporteerd wordt behoort tot werkpakket 1 en is uitgevoerd door Wageningen Plant Research, het NCM en het Nutriënten Management Instituut (NMI). De auteurs danken de financiers voor hun deskundige en waardevolle bijdrage in het onderzoek. Ook danken ze de personen die voor dit rapport zijn geconsulteerd.

Namens het onderzoeksteam,

Nico Verdoes, projectleider

Samenvatting

Binnen het project Next Level Mestverwaarden zijn in 2019 op basis van de nutriënten- en organische stofbehoefte bij een aantal grondgebruik/gewas-situaties in Nederland en Europa een aantal perspectiefvolle PMC's (combinaties van mestproduct en toepassingsgebied/regio) vastgesteld. Op basis van de samenstelling van de gebruikte grondstoffen (varkensmest en dikke fractie van varkensmest) en de massabalansen van de benodigde mestbewerkingprocessen is een verwachte samenstelling (nutriënten en organische stof) afgeleid. Om draagvlak en markt te creëren voor deze deels nieuwe mestproducten is een modelmatige beoordeling uitgevoerd om een eerste indruk te krijgen van de potentiële landbouwkundige waarde van de producten.

Het doel van de modelmatige verkenning is om op basis van de samenstelling en producteigenschappen een beeld te geven van de landbouwkundige waarde van de mestproducten. Dit betreft de bemestende waarde, de aanvoer van effectieve organische stof en aspecten met betrekking tot de praktische toepasbaarheid op landbouwbedrijven.

Bij de bekeken mestproducten is varkensdrijfmest de basisgrondstof. Alle procesroutes hebben een scheiding in een dunne en dikke fractie als basis. Vervolgens is de dunne fractie opgewaardeerd tot minerale producten met stikstof (N) en kali (K) en is de dikke fractie opgewaardeerd tot een minerale fosfaat (P)-meststof (via extractie uit de dikke fractie) en korrel- en compostproducten al dan niet geblend met extra N en K.

Minerale producten

Er zijn een tweetal vloeibare minerale N-producten bekeken: een product met 5% N (ammoniumsulfaat) verkregen via strippen van de dunne fractie met zwavelzuur en een product met 17,5% N (ammoniumnitraat) verkregen met strippen van de dunne fractie met salpeterzuur. Beide producten hebben naar verwachting een goede N-werking, vergelijkbaar of beter dan gangbare (vloeibare) N-kunstmeststoffen bij toepassing op kalkarme gronden en/of bij toediening via injectie. Bij oppervlakkige toediening (bijvoorbeeld met veldspuit) op kalkrijke gronden is de N-werking lager door een hoger risico op ammoniakemissie.

Het 5% N-product heeft een hoog zwavelgehalte, waardoor bij gangbare N-doseringen van 70-100 kg N per ha fors meer zwavel wordt aangevoerd dan nodig voor de gewasproductie.

Het minerale K-product resteert na het strippen van de ammoniak t.b.v. de minerale N-producten. Met dit product wordt naast K, afhankelijk van het productieproces, ook 25-40 kg werkzame N aangevoerd. Bij gebruik in de aardappelteelt, een belangrijk doelgewas voor dit product, past de N die meekomt goed, omdat aanvullend op dierlijke mest vaak nog extra N nodig is.

Het minerale P-product kan kunstmest-P goed vervangen. Het product bevat tevens organische stof en andere nutriënten. Door het hoge P-gehalte is de dosering echter laag, waardoor de aanvoer van organische stof en overige nutriënten gering is m.u.v. zwavel dat voor een belangrijk deel afkomstig is van het zwavelzuur dat in het P-extractieproces wordt gebruikt. Bij een aanvoer van 50 kg P₂O₅ per ha is de zwavelaanvoer vergelijkbaar met de behoefte van zwavelbehoefte gewassen bij een laag zwavel leverend vermogen van de bodem.

Bij de vloeibare N- en K-producten moet er geschikte apparatuur beschikbaar zijn om doseringen van 0,5-3 ton per ha nauwkeurig te kunnen toedienen. Daarnaast zijn deze producten zuur en en/of corrosief, hetgeen hogere eisen stelt aan de apparatuur. Het minerale P-product heeft vergelijkbare eigenschappen als normale kunstmeststoffen en zal naar verwachting geen extra eisen stellen aan de toedieningsapparatuur.

Organische stofproducten

Bij de P-rijke organische stofproducten, waaraan naast K ook N is toegevoegd (blending) is bij een vergelijkbare P-aanvoer de NK-aanvoer globaal vergelijkbaar met onbewerkte rundveedrijfmest, terwijl in vergelijking met onbewerkte varkensdrijfmest er meer werkzame N en vooral meer K wordt aangevoerd.

Bij de organische stofproducten komt een deel van de aanwezige N pas na het jaar van toediening vrij. Bij een jaarlijkse dosering van 50 kg P₂O₅ per ha loopt deze nawerking uiteen van 5-35 kg N per ha.

De aanvoer van magnesium, zwavel en micronutriënten is bij het P-arme product hoog tot zeer hoog in vergelijking met de P-rijke OS-producten en de referentiemeststoffen. Doordat er P is verwijderd is de micronutriënt/P-verhouding gestegen en wordt er bij een gelijke P-dosering aanzienlijk meer van deze nutriënten aangevoerd.

De EOS-aanvoer bij de P-rijke producten enkel op basis van de dikke fractie van varkensdrijfmest bedraagt bij een dosering van 50 kg P₂O₅ per ha circa 250 kg per ha. Dit is laag t.o.v. rundveedrijfmest en compost (1500-2500 kg EOS per ha) bij eenzelfde P-dosering. Indien bij de productie van korrels en compost naast dikke fractie van varkensdrijfmest tevens dikke fractie van rundveedrijfmest en droge kippenmest wordt gebruikt als grondstof bedraagt de EOS-aanvoer bij een dosering van 50 kg P₂O₅ per ha 500-850 kg per ha.

Bij het P-arme product bedraagt de EOS-aanvoer ruim 1000 kg EOS per ha bij een dosering van 50 kg P₂O₅ per ha.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en aanleiding

In 2019 zijn op basis van de nutriënten- en organische stofbehoefte van een aantal grondgebruik/gewas-situaties in Nederland en Europa een aantal perspectievolle PMC's (combinaties van mestproduct en toepassingsgebied/regio) vastgesteld (Van Dijk *et al.*, 2020). Hierbij is uitgegaan van een ideale samenstelling van mestproducten op basis van nutriënten- en organische stofbehoefte voor verschillende situaties. In een ander traject/deelproject is nagegaan in hoeverre de producten ook daadwerkelijk kunnen worden gemaakt (Gollenbeek *et al.*, 2020). Op basis van de massabalansen van de benodigde mestbewerkingsprocessen is een verwachte samenstelling (NPK en organische stof) afgeleid. Hieruit bleek dat het niet altijd mogelijk was de gewenste samenstelling te realiseren.

Om draagvlak en markt te creëren voor deze deels nieuwe mestproducten is een goede toetsing nodig op landbouwkundige aspecten met betrekking tot aangevoerde nutriënten en organische stof. Daarom is in 2020 op basis van de verwachte samenstelling en producteigenschappen eerst een modelmatige beoordeling uitgevoerd om een eerste indruk te krijgen van de potentiële landbouwkundige waarde van de producten. Dit is, samen met evaluatie van andere aspecten als aanwezigheid contaminanten, beperkingen in wetgeving en kosten voor productie van de mestproducten, nodig voor de keuze van de uiteindelijke PMC-ontwikkeling.

1.2 Doel en afbakening

Doel

Het doel van de modelmatige verkenning is om op basis van de samenstelling en producteigenschappen een beeld te geven van de landbouwkundige waarde van de mestproducten. Subdoelen zijn:

- Vaststellen van de bemestende waarde bij verschillende gewassituaties (gras- en bouwland).
- Vaststellen van de aanvoer van (effectieve) organische stof bij een bepaalde gewenste aanvoer van stikstof of fosfaat.
- Een beoordeling geven van de praktische toepasbaarheid op landbouwbedrijven inclusief eventuele neveneffecten.

Afbakening

De verkenning van de bemestende waarde beperkt zich tot een modelmatige benadering op basis van de samenstelling van het product. De studie behelst geen experimenteel werk. Dit is, daar waar nodig, in de periode 2021-2022 voorzien.

De studie heeft een technische insteek. Er wordt niet gekeken naar economische effecten van toepassing van het product. Wel kan uit de bemestende waarde een beeld worden verkregen van de financiële besparing op kunstmest. Maar overige economische aspecten, zoals kosten voor het product, kosten voor opslag en toediening, e.d., worden buiten beschouwing gelaten. Het betreft ook geen marktonderzoek, dit wordt in een apart deelproject uitgevoerd.

Voor de geschatte kosten voor het produceren van de producten wordt verwezen naar betreffende rapportage uit het deelproject waarin gekeken is naar beschikbare technologieën waarmee de producten kunnen worden geproduceerd (Gollenbeek *et al.*, 2020).

De studie is wat betreft uitgangspunten (o.a. gehanteerde samenstelling mestproducten) afgestemd met de gelijktijdig lopende studie naar de aanwezigheid van contaminanten en belemmeringen in de huidige wetgeving (Postma *et al.*, 2020).

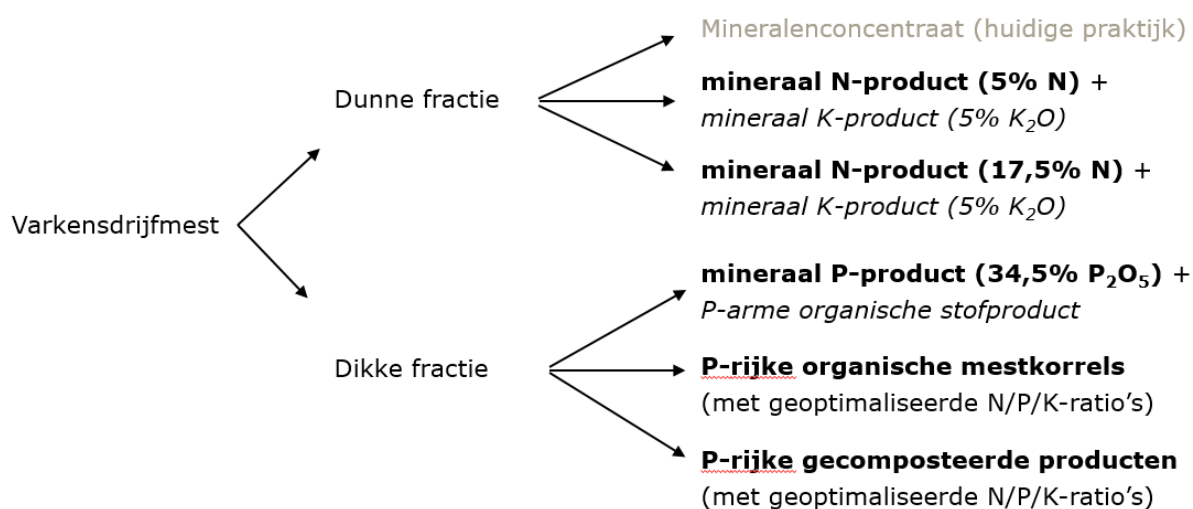
1.3 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de resultaten van de beoordeling van de landbouwkundige waarde van de in 2019 geselecteerde mestproducten. Eerst wordt de samenstelling van de bekeken producten besproken. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de aanpak beschreven, waarna in hoofdstuk 4 de resultaten worden weergegeven. Het rapport eindigt met een korte discussie en de belangrijkste conclusies.

2 Samenstelling producten

Bij de bekeken mestproducten is varkensdrijfmest de basisgrondstof (Figuur 1). Alle procesroutes hebben een scheiding in een dunne en dikke fractie als basis. Vervolgens is de dunne fractie opgewaardeerd tot minerale producten met stikstof (N) en kali (K) en is de dikke fractie opgewaardeerd tot een minerale fosfaat (P)-meststof (via extractie uit de dikke fractie) en korrel- en compostproducten al dan niet geblend met extra N en K.

De producten kunnen niet los van elkaar worden gezien. De minerale N- en P-producten en de korrel- en compostproducten kunnen worden gezien als hoofdproducten (vet gedrukt). Bij de productie van de minerale N-producten resteert een mineraal K-product en bij de productie van het minerale P-product resteert een P-arme dikke fractie. Deze producten kunnen worden gezien als bijproducten (cursief gedrukt).



Figuur 1 Schematische weergave productie mestproducten uit de grondstof varkensdrijfmest.

2.1 Minerale producten

Bij het maken van de minerale N-producten is uitgegaan van een stripproces, waarbij de ammoniak uit de dunne fractie is opgevangen. Bij het minerale N-product met 5% N is uitgegaan van strippen met zwavelzuur. De stikstof bestaat volledig uit NH₄-N en door het gebruik van zwavelzuur bevindt zich ook zwavel in het product. Bij het minerale N-product met 15-20% N is uitgegaan van strippen met behulp van salpeterzuur, omdat met zwavelzuur een N-gehalte van 15-20% niet te realiseren is. De aanwezige N bestaat uit NH₄-N en NO₃-N in een gelijke verhouding. Er komt geen zwavel mee. Aangenomen wordt dat er bij beide mineralen N-producten geen organisch materiaal meekomt en dat het gehalte C-organisch lager is dan 1%, maar in de praktijk kan er bij strippen toch organisch materiaal in het eindproduct terecht komen.

Het minerale K-product betreft de resterende dunne fractie na het strippen van de ammoniak. Er zijn drie soorten kali-producten onderscheiden (Gollenbeek *et al.*, 2020):

- 1) een concentraat na vergisting – scheiding – NH₃-strippen - omgekeerde osmose
- 2) een concentraat na scheiding – NH₃-strippen - omgekeerde osmose
- 3) een concentraat na scheiding – biologische afbraakstap - microfiltratie – omgekeerde osmose

Naast kali (50 kg K₂O/ton) bevat het product ook N en P₂O₅. De N is deels aanwezig in minerale vorm (NH₄-N) en deels als organische N. Het organische stofgehalte loopt uiteen van 2 tot 11%.

Product 3 wijkt qua samenstelling duidelijk af van product 1 en 2. Bij product 3 is het organische stof- en N/P-gehalte lager dan bij product 1 en 2. Voor organische stof en N is dit vooral een gevolg van biologische omzettingen waardoor een deel via gasvormige verliezen verloren gaat.

De grondstof voor het proces is varkensdrijfmest. Voor het gehalte aan organische stof, N, P₂O₅, K₂O en MgO is uitgegaan van het Handboek bodem bemesting ([www.handboekbodemenbemesting](http://www.handboekbodemenbemesting.nl)). Voor het SO₃gehalte, micronutriënten en zware metalen is uitgegaan van gegevens uit Hoeksma *et al.* (2011). In laatstgenoemde referentie worden geen waarden gegeven van de gehalten aan arseen, kwik en lood. Hiervoor zijn gegevens van Römken & Rietra (2008) gebruikt.

Het minerale P-product bevat naast P (circa 345 kg P₂O₅/ton) ook N, K₂O en SO₃. De aanwezigheid van zwavel is o.a. een gevolg van gebruik van zwavelzuur bij het productieproces. Voorafgaand aan de P-extractie wordt de dikke fractie eerst aangezuurd met zwavelzuur. De N is grotendeels aanwezig in de vorm van organische N. Het organische stofgehalte (circa 30%) is ruim te hoog om als een mineraal product te kunnen worden aangemerkt.

De grondstof is de dikke fractie van varkensmest. Voor de samenstelling hiervan is uitgegaan van Hoeksma *et al.* (2011), m.u.v. arseen, kwik en lood. Bij de laatste is het gehalte berekend op basis van de gehalten in ongescheiden varkensdrijfmest (Römken *et al.*, 2008) en een aangenomen scheidingsrendement voor metaal en massa van, respectievelijk, 90% en 20%.

Referentiemeststoffen

In de evaluatie zullen de minerale producten worden vergeleken met gangbare kunstmeststoffen:

- Stikstof
 - Kalkammonsalpeter
 - Ammoniumfosfaat
 - Ureum
 - Urean
- Kali
 - Kali-60
- Fosfaat
 - Tripelsuperfosfaat

Bij stikstof zijn meerdere kunstmeststoffen meegenomen, omdat deze verschillen in ammoniakemissie-verliezen (zie hoofdstuk 3) en dit een parameter is die wordt meegenomen in de beoordeling.

Aanvullend op de hierboven genoemde kunstmeststoffen wordt ook het mineralenconcentraat meegenomen als extra referentie voor de minerale N- en K-producten. Dit betreft een NK-concentraat dat in de Pilot Mineralenconcentraten wordt geproduceerd. De samenstelling, zoals weergegeven in Tabel 1A/B, is gebaseerd op Hoeksma *et al.* (2011).

2.2 Organische producten

Er is onderscheid gemaakt tussen P-rijke organische producten (gedroogde korrels en compost), bedoeld voor de exportmarkt, en een P-arm organische stofproduct, vooral bedoeld voor de binnenlandse markt. In Tabel 1A en 1B is de samenstelling van alle organische stofproducten weergegeven.

P-rijke organische stofproduct

Het P-rijke organische stof product betreft twee typen gedroogde en gepelleteerde dikke fractie (korrels) en een gecomposteerde dikke fractie. Bij de korrels is naast normaal gedroogde korrels ook een variant meegenomen, waarbij in het droogproces gebruik is gemaakt van een composteringstap (biologische droging). Dit levert in totaal drie typen hoofdproducten.

Bij alle drie hoofdproducten is nog weer onderscheid gemaakt tussen een product enkel op basis van de dikke fractie van varkensdrijfmest en een product van een mix van de dikke fractie van varkensdrijfmest, de dikke fractie van rundveedrijfmest en droge kippenmest. Dat laatste is gedaan om een product te krijgen met een hoger EOS-gehalte en een ruimere EOS/P₂O₅-verhouding. Bij de

gedroogde korrels is een mix gebruikt van 18% dikke fractie varkensmest, 57% dikke fractie rundveedrijfmest en 25% droge kippenmest. Bij het compostproduct bestond de mix uit 80% dikke fractie rundveedrijfmest en 20% droge kippenmest. De samenstelling van de mix werd gestuurd door een bepaalde gewenste EOS/nutriënten-verhouding.

Daarnaast zijn per hoofdproduct varianten meegenomen met een $P_2O_5:K_2O$ -verhouding van 1:2 en 1:1 (naast 1:3). Een verhouding van 1:3 past meer bij een gewas als aardappelen, terwijl een 1:2- en 1:1-verhouding meer bij graan past. Bij alle P-rijke organische stofproducten is sprake van bijmenging met N- en/of K-kunstmest om de verhoudingen tussen N, P en K te variëren.

Zodoende zijn er twaalf verschillende producten die zich onderscheiden in NPK-samenstelling en (effectieve) organische stofgehalte (Tabel 1A).

P-arm product

Dit betreft de resterende dikke fractie na extractie van P.

De grondstof voor de organische stofproducten (zowel P-rijk als P-arm) is de dikke fractie van varkensmest. De samenstelling hiervan is gebaseerd op monitoringsgegevens van de pilot mineralenconcentraten (Hoeksma *et al.*, 2011). Hierbij is het gemiddelde genomen van drie installaties met een proces vergelijkbaar met dat van de Next-level producten. Vervolgens is op basis van de massabalansen de samenstelling afgeleid van de organische stofproducten.

Voor het product met een mix van grondstoffen is voor de dikke fractie van rundveedrijfmest voor het OS-, N-, P_2O_5 -, K_2O -gehalte uitgegaan van Schröder *et al.* (2009) en voor droge kippenmest van het Handboek bodem en bemesting (www.handboekbodemenbemesting.nl). Voor MgO , SO_3 , micronutriënten en zware metalen is voor de dikke fractie van rundveedrijfmest uitgegaan van gehalten uit ongescheiden rundveedrijfmest volgens Römken & Rietra (2008), waarna het gehalte in de dikke fractie is berekend op basis van een scheidingsrendement van 90% en een massaverdeling van 20% dikke fractie en 80% dunne fractie. Bij die elementen waarbij geen informatie over gehalten bekend was is dit open gelaten (is aangegeven in Tabel 1).

Referentiemeststoffen

Als dierlijke mestproducten worden gangbare soorten als rundvee- en varkensdrijfmest meegenomen als referentie. Naast de genoemde dierlijke mestsoorten wordt ook GFT-compost meegenomen.

De samenstelling is voor (semi)macro-elementen gebaseerd op Handboek bodem en bemesting (www.handboekbodemenbemesting.nl) en voor micronutriënten en zware metalen op Römken & Rietra (2008) voor wat betreft de dierlijke mesten en Driessen & Roos (1996) voor wat betreft de GFT-compost.

Tabel 1A Samenstelling beoordeelde producten en referentiemeststoffen: Organische stof en (semi)macronutriënten (kg/ton).

	Vorm	DS	OS	HC	EOS	N-totaal	NH ₄ -N	NO ₃ -N	N-org	P ₂ O ₅	K ₂ O	SO ₃	MgO
Minerale producten													
Mineraal N-product (5%)	Vloeibaar	236				50	50					142	
Mineraal N-product (15-20%)	Vloeibaar	500				175	87,5	87,5					
Mineraal K-product, vergisting + RO/ind	Vloeibaar	153	67	0,53	35	13,57	5,15		8,42	1,03	50,00	2,1	2,0
Mineraal K-product, pyrolyse + RO/ind	Vloeibaar	253	108	0,33	36	26,81	3,54		23,3	1,07	50,00	2,2	2,1
Mineraal K-product, UF + RO/ind	Vloeibaar	100	24	0,33	8	1,04	0,78		0,26	0,41	50,00	2,2	2,1
Mineraal P-product	Vast	850	295	0,33	98	10,6	1,3		9,3	343	23	148	10,6
Referentiemeststoffen 'Minerale producten'													
Kalkammonsalpeter	Vast					270	135	135					
Ammoniumsulfaat	Vast					210	210					600	
Ureum	Vast					460	460						
Urean	Vloeibaar					300	225	75					
Kali-60	Vast										600		
Tripelsuperfosfaat	Vast									450			
Mineralenconcentraat	Vloeibaar	35	14	0,33		6,9	6,6		0,3	0,4	9,2	0,8	0,2
Organische stofproducten													
Gedroogde dikke fractie, vark P:K=1:3	Vast	900	396	0,33	131	64,2	23,8	23,8	16,6	29	86	17	14,3
Gedroogde dikke fractie, mix P:K=1:3	Vast	900	442	0,48	212	54,3	14,7	14,7	24,9	21	64	14	12
Gedroogde dikke fractie, vark P:K=1:2	Vast	900	549	0,33	181	21,6	0,7		20,9	40	80	23	19,8
Gedroogde dikke fractie, vark P:K=1:1	Vast	900	622	0,33	205	22,0	0,7		21,3	45	45	26	22,4
Gedroogde gecomposteerde dikke fractie, vark P:K=1:3	Vast	900	310	0,50	155	74,1	29,8	29,8	14,5	34,2	102,6	20	16,9
Gedroogde gecomposteerde dikke fractie, mix P:K=1:3	Vast	900	407	0,62	252	59,0	18,9	18,9	21,2	25	76	16	14
Gedroogde gecomposteerde dikke fractie, vark P:K=1:2	Vast	900	472	0,50	236	20,8	1,2		19,6	52	104	30	25,8
Gedroogde gecomposteerde dikke fractie, vark P:K=1:1	Vast	900	556	0,50	278	21,3	1,5		19,8	61	61	35	30,3
Gecomposteerde dikke fractie, vark P:K=1:3	Vast	673	232	0,50	116	55,6	22,3	22,3	11,0	26	77	15	12,6
Gecomposteerde dikke fractie, mix P:K=1:3	Vast	585	270	0,78	211	34,1	9,9	9,9	14,2	14	43	12	10
Gecomposteerde dikke fractie, vark P:K=1:2	Vast	575	301	0,50	151	13,3	0,8		12,5	33	66	19	16,2
Gecomposteerde dikke fractie, vark P:K=1:1	Vast	535	330	0,50	165	12,6	0,9		11,8	36	36	21	17,8
P-arme dikke fractie	Vast	323	228	0,33	76	11,8	4,6		7,2	3,5	3,9	33,1	8,2
Referentiemeststoffen 'Organische stofproducten'													
Rundveedrijfmest	Vloeibaar	92	71	0,7	50	4,0	1,9		2,1	1,5	5,4	1,4	1,2
Varkendrijfmest	Vloeibaar	107	79	0,33	26	7,0	3,7		3,3	3,9	4,7	1,6	1,5
GFT-compost	Vast	696	242	0,9	218	8,9	0,8		8,1	4,4	7,9	- ¹	3,3

1 geen informatie beschikbaar over gehalte

Tabel 1B Samenstelling beoordeelde producten en referentiemeststoffen: Micronutriënten en zware metalen (g/ton).

	Vorm	B	Cu	Zn	Mn	Co	Mo	Fe	Cd	Cr	Ni	As	Hg	Pb
Minerale producten														
Mineraal N-product (5%)	Vloeibaar													
Mineraal N-product (15-20%)	Vloeibaar													
Mineraal K-product, vergisting + RO/ind	Vloeibaar	7	31	134	42	0,05	0,25	234	0,02	0,46	0,78	0,18	0,01	0,54
Mineraal K-product, pyrolyse + RO/ind	Vloeibaar	7	32	140	44	0,05	0,26	243	0,02	0,48	0,81	0,19	0,01	0,56
Mineraal K-product, UF + RO/ind	Vloeibaar	7	33	143	45	0,05	0,27	249	0,02	0,49	0,83	0,20	0,01	0,58
Mineraal P-product	Vast	32	152	686	277	0,67	1,97	1146	0,01	2,35	3,19	0,82	0,06	2,43
Referentiemeststoffen 'Minerale producten'														
Kalkammonsalpeter	Vast													
Ammoniumsulfaat	Vast													
Ureum	Vast													
Urean	Vloeibaar													
Kali-60	Vast													
Tripelsuperfosfaat	Vast		37						24	164	48	0,10	0,03	6
Mineralenconcentraat	Vloeibaar	3	1	7	2	0,08	0,03	27	0,01	0,24	0,54			
Organische stofproducten														
Gedroogde dikke fractie, vark P:K=1:3	Vast	43	204	921	373	0,90	2,65	1539	0,02	3,15	4,29	1,11	0,08	3,26
Gedroogde dikke fractie, mix P:K=1:3	Vast	- ¹	113	323	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹	0,16	4,26	3,54	1,16	0,07	4,39
Gedroogde dikke fractie, vark P:K=1:2	Vast	59	282	1277	516	1,24	3,67	2133	0,02	4,37	5,94	1,53	0,11	4,52
Gedroogde dikke fractie, vark P:K=1:1	Vast	67	319	1446	585	1,41	4,15	2414	0,03	4,95	6,73	1,74	0,13	5,11
Gedroogde gecomposteerde dikke fractie, vark P:K=1:3	Vast	50,6	241	1092	442	1,1	3,1	1824	0,02	3,7	5,1	1,31	0,10	3,86
Gedroogde gecomposteerde dikke fractie, mix P:K=1:3	Vast	- ¹	127	362	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹	0,18	4,8	4,0	1,30	0,08	4,93
Gedroogde gecomposteerde dikke fractie, vark P:K=1:2	Vast	77,1	368	1663	673	1,6	4,8	2778	0,03	5,7	7,7	2,00	0,15	5,88
Gedroogde gecomposteerde dikke fractie, vark P:K=1:1	Vast	90,5	432	1953	790	1,9	5,6	3262	0,04	6,7	9,1	2,34	0,17	6,91
Gecomposteerde dikke fractie, vark P:K=1:3	Vast	38	180	815	330	0,79	2,34	1361	0,02	2,79	3,79	0,98	0,07	2,88
Gecomposteerde dikke fractie, mix P:K=1:3	Vast	- ¹	84	158	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹	0,17	4,0	3,0	1,04	0,07	3,79
Gecomposteerde dikke fractie, vark P:K=1:2	Vast	49	231	1047	424	1,02	3,01	1749	0,02	3,58	4,87	1,26	0,09	3,70
Gecomposteerde dikke fractie, vark P:K=1:1	Vast	53	253	1146	464	1,12	3,29	1914	0,02	3,92	5,33	1,38	0,10	4,05
P-arme dikke fractie	Vast	25	117	530	215	0,52	1,52	886	0,01	1,82	2,47	0,64	0,05	1,88
Referentiemeststoffen 'Organische stofproducten'														
Rundveedrijfmest	Vloeibaar	3	11	17	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹	0,02	0,54	0,38	0,13	0,01	0,40
Varkendrijfmest	Vloeibaar	5	29	69	32	- ¹	0,19	176	0,03	0,59	0,67	0,14	0,01	0,41
GFT-compost	Vast	- ¹	19	142	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹	0,33	11,14	6,96	2,64	0,09	54,29

1 geen informatie beschikbaar over gehalte

3 Aanpak

Op basis van de samenstelling en producteigenschappen van de producten wordt de aanvoer en beschikbaarheid van nutriënten en de aanvoer van (effectieve) organische stof bepaald en wordt een beeld gegeven van de praktische toepasbaarheid en eventuele nevenaspecten o.a. met betrekking tot toediening op het veld.

Er vindt een vergelijking plaats met gangbare producten. Voor de minerale producten zijn dat gangbare kunstmestsoorten en mineralenconcentraat en voor de organische producten gangbare organische mestsoorten (o.a. rundvee- en varkensmest, GFT-compost).

Met behulp van bestaande rekenregels is voor verschillende situaties de bemestende waarde (nutriënten) en de aanvoer van (effectieve) organische stof bepaald. Bij de nutriënten ligt de focus op stikstof, fosfaat en kali. Zover daar informatie over beschikbaar is, is ook de aanvoer met andere nutriënten meegenomen. Dit betreft de aanvoer met SO_3 en MgO en micro-elementen (o.a. Mn, B, Cu, Zn, Co).

Speciale aandacht is er voor nutriënten die via het toegepaste proces worden toegevoegd zoals zwavel (o.a. bij strippen van ammoniak). Van belang hierbij is om bij het vaststellen van de meststofgift rekening te houden met alle aanwezige nutriënten, inclusief de verhouding en hoe dit zich verhoudt tot de gewasbehoeften. Een overdosering van nutriënten moet worden voorkomen.

Bij organische stof zal de aanvoer van totale en effectieve organische stof in kaart worden gebracht (zie verder paragraaf 3.1).

Bij de beoordeling van de producten maakt het uit bij welk gewas een product wordt toegepast. Er wordt onderscheid gemaakt tussen gebruik op grasland en bouwland. Bij de laatste wordt nog onderscheid gemaakt tussen toepassing op beteeld land (in de wintertarwe) en toepassing op onbeteeld land (bijvoorbeeld voorafgaand aan de teelt van mais of aardappelen).

3.1 Berekeningsmethodiek

3.1.1 Beschikbaarheid nutriënten

Stikstof

De beschikbaarheid van de aanwezige N in organische meststoffen wordt berekend als de som van de beschikbaarheid van de aanwezige minerale N (N_{min}) en organische N (N_{org}):

$$(N_{bs,N_{min}} * \text{gehalte}_{N_{min}} + N_{bs,N_{org}} * \text{gehalte}_{N_{org}}) / N_{totaal}$$

Waarbij:

$N_{bs,N_{min}}$ = beschikbare N_{min}

$N_{bs,N_{org}}$ = beschikbare N_{org}

Minerale N

De minerale N bestaat uit NH_4 -N en NO_3 -N. De beschikbare minerale N wordt berekend als:

$$N_{bs,N_{min}} = NH_3\text{-N} * (1 - EF\text{-}NH_3/100) + NO_3\text{-N}$$

De $N_{bs,N_{min}}$ wordt dus bepaald door de berekende ammoniakvervluchtiging van de meststof. Hierbij wordt uitgegaan van de emissiefactoren voor NH_3 ($EF\text{-}NH_3$) zoals die ook worden gehanteerd in NEMA (National Emission Model for Agriculture; van Bruggen *et al.*, 2019).

Bij de $EF\text{-}NH_3$ speelt de toedieningstechniek een belangrijke rol. De hierbij gehanteerde uitgangspunten worden beschreven in de paragraaf "Toediening" (zie verderop).

Organische N

Bij de organische N wordt onderscheid gemaakt tussen de N die in het eerste jaar vrijkomt (Ne, korte termijn) en de N die mede op termijn vrijkomt (Nr, lange termijn).

De eerstejaars mineralisatie wordt berekend met het model Minip (Janssen, 1984). Minip berekent de N-mineralisatie op basis van de humificatiecoëfficiënt van de organische stof en de C/N-verhouding in de organische stof. Alleen de N die vrijkomt in de periode dat het gewas actief N opneemt wordt als beschikbaar verondersteld. Er wordt uitgegaan van toediening in het voorjaar (begin april) en een actieve N-opname tot begin augustus (bij aardappel als voorbeeldgewas). Alleen de Ne die vrijkomt in de periode tussen toediening van het mestproduct en 1 augustus wordt gezien als beschikbaar voor gewasopname.

Bij de berekening van de hoeveelheid Nr wordt uitgegaan van een evenwichtssituatie, dat wil zeggen dat er evenveel organische N wordt aangevoerd als er wordt afgebroken. De organische producten worden alleen bekeken voor bouwlandsituaties. Er is vanuit gegaan dat 60% van de Nr beschikbaar komt voor een bouwlandgewas.

Fosfaat en kali

Er wordt uitgegaan van een 100% werking van de in de meststof aanwezige fosfaat en kali. Kali is in anorganische vorm aanwezig en, indien niet onmiddellijk toegediend, kan worden uitgegaan van een beschikbaarheid van 100%. Voor fosfaat ligt dat anders, omdat niet alle fosfaat gelijk beschikbaar is. Echter, omdat fosfaat vrijwel niet uitspoelt zal op de langere termijn de fosfaat voor 100% beschikbaar komen voor het gewas.

Overige nutriënten

Naast NPK wordt ook de aanvoer met de semi-macronutriënten (MgO, SO₃) en micronutriënten in beeld gebracht. Er wordt vanuit gegaan dat deze nutriënten op korte of lange termijn volledig beschikbaar zijn voor gewasopname.

3.1.2 Organische stof

Voor de organische stofproducten wordt berekend hoeveel OS en EOS bij de gewenste NPK-dosering wordt aangevoerd. Voor de berekening van de EOS wordt uitgegaan van een bepaalde humificatiecoëfficiënt (HC) van de organische stof in het product. Deze geeft aan welk deel van de oorspronkelijke organische stof na een jaar nog aanwezig is. De EOS wordt berekend als het product van het organische stofgehalte en de HC. Voor de HC-waarden van de ingaande dierlijke mesten wordt uitgegaan van vuistgetallen zoals die worden gegeven in het handboek bodem en bemesting (www.handboekbodemenbemesting.nl). Voor de gecomposteerde producten is de volgende werkwijze gehanteerd. Uitgangspunt is dat de hoeveelheid EOS tijdens compostering niet verandert, alleen het niet-EOS-deel wordt deels afgebroken. Op basis van de resterende hoeveelheid massa na compostering (door gewichtsafname via vooral vochtverlies en afbraak organische stof) is het EOS-gehalte berekend.

3.2 Toediening

In Tabel 2 is aangegeven hoe het product is toegediend (gewassen, dosering en toedieningstechniek) en hoe de ammoniakemissie is ingeschat.

3.2.1 Minerale producten

Bij het minerale N-product wordt onderscheid gemaakt tussen toediening in gras en wintertarwe. Dit zijn gewassen, waarbij relatief veel kunstmest-N wordt gebruikt.

Bij gras is uitgegaan van toediening in de eerste snede, omdat bij een vroege toediening een ammoniummeststof beter past. Bij het 5%-product zou er bovendien zeer veel zwavel worden toegediend indien het product naast de eerste snede ook in latere snedes wordt ingezet (zie

paragraaf 4.1). Toepassing in meerdere snedes is bij het 20%-product wel een optie, omdat zich hierin geen zwavel bevindt.

Bij wintertarwe is bij de beide minerale N-producten uitgegaan van toediening bij de eerste bemesting. Bij het 5%-N-product zou bij gebruik bij meerdere bemestingen een overdosering met zwavel plaatsvinden. Bovendien wordt bij de tweede gift, bij goede bodemgesteldheid, vaak dierlijke mest gebruikt. Toediening bij latere bemestingen is bij het 20%-N-product wel een optie.

Omdat het product ammonium bevat is er een risico van NH₃-emissie. Daarom is gekozen voor een ondiepe injectie (< 10 cm). Omdat er in staande gewassen wordt toegediend is diepe injectie niet mogelijk. Toediening is bijvoorbeeld mogelijk met een spaakwielbemester of andere injectieapparatuur waarmee relatief lage doseringen kunnen worden toegediend (o.a. de injectieapparatuur die binnen Vruchtbare Kringloop Achterhoek is ontwikkeld).

Qua samenstelling zijn de minerale N-producten vergelijkbaar met spuiloo, met name het 5%-product. Hiervoor wordt in Van Bruggen *et al.* (2019) een EF-waarde afgeleid van 1,8%. Dit betreft een gemiddelde waarde voor gebruik op landbouwgrond in Nederland (mix van grondsoort en toedieningstechniek). Aangegeven wordt dat het een zuur product betreft dat op kalkarme en neutrale gronden geen NH₃-emissie geeft. Op kalkrijke grond wordt uitgegaan van een EF van 7,5% (mix van bovengrondse toedieningen en direct inwerken). Bij een verdeling driekwart kalkarm en een kwart kalkrijk wordt dan een gemiddelde EF voor Nederland van 1,8% verkregen. In de voorliggende studie wordt o.a. ondiepe injectie toegepast, waardoor de emissie op kalkrijke gronden naar verwachting lager zal zijn. Voor injectie van vloeibare ureum wordt in Van Bruggen *et al.* (2019) uitgegaan van een EF van 1,5 %. Omdat deze situatie beter aansluit bij de ondiepe injectie in deze studie wordt deze EF gehanteerd voor de schatting van de NH₃-verliezen van de minerale N-producten. Ter vergelijking is bij toepassing in wintertarwe ook een toediening met de veldspuit meegenomen. Dit is gedaan voor een situatie op kalkrijke gronden, omdat daar de risico's van ammoniakemissie het grootst zijn. Er is daarbij uitgegaan van een EF-waarde van 7,5%. Deze waarde wordt ook gehanteerd voor oppervlakkige toediening van vloeibare ureum (Van Bruggen *et al.*, 2019).

Bij het minerale K-product is gekozen voor toediening in de aardappelteelt vanwege de relatief hoge kalibehoeftte. Er is uitgegaan van toediening via diepe injectie (> 10 cm, EF-NH₃ 2%) voorafgaand aan het poten. Bij de bespreking van de resultaten zal ook worden ingegaan op de situatie op kleibouland, waar vaak een zodenbemester (ondiepe injectie < 10 cm) wordt gebruikt met een hogere NH₃-emissie (EF-NH₃ = 24%).

Het product heeft een mest-matrix en zal ook als zodanig (emissiearm) moeten worden toegediend. Indien wordt gewerkt met gangbare landbouwinjecteurs zal het product moeten worden gemengd met dierlijke mest, omdat bij enkel het K-product de dosering anders te laag wordt voor een nauwkeurige dosering. Indien wordt gewerkt met aangepaste apparatuur, waarmee lagere doseringen voldoende nauwkeurig kunnen worden toegediend, kan het product ook apart worden toegediend.

Het minerale P-product kan ter vervanging van kunstmestfosfaat in het algemeen gewasonafhankelijk worden ingezet, daar waar er behoefte is aan fosfaat. Het kan met een kunstmeststrooier worden toegediend. Voor de emissie van de aanwezige NH₃-N is uitgegaan van de EF-factor voor NP-kunstmeststoffen (4,5%; Van Bruggen *et al.*, 2019).

Bij de referentiekunstmeststoffen is uitgegaan van toediening met een kunstmeststrooier, m.u.v. urean dat wordt toegediend met een veldspuit. Overigens kunnen meststoffen als ammoniumfosfaat en ureum ook worden ingewerkt, waardoor de NH₃-emissie lager is. Ook urean kan worden geïnjecteerd met geschikte apparatuur, waardoor de NH₃-emissies lager zal zijn. Anderzijds geeft oppervlakkige toediening wel zo ongeveer de bandbreedte aan van de NH₃-emissie bij diverse kunstmeststoffen. De gehanteerde EF-NH₃-factoren zijn afkomstig uit Van Bruggen *et al.* (2019).

Voor het mineralenconcentraat is uitgegaan van een EF-NH₃ van 8% en 3% bij ondiepe toediening op, respectievelijk, grasland en wintertarweland. Deze waarden zijn gebaseerd op emissie-onderzoek bij toediening van mineralenconcentraten (Huijsmans & Hol., 2011).

3.2.2 Organische stofproducten

De gedroogde korrels worden ingezet als basisbemesting bij aardappelen. De dosering is gebaseerd op een fosfaataanvoer van 50 kg P₂O₅ per ha. Ze worden toegediend met een kunstmeststrooier.

De minerale N betreft toegevoegde kunstmest-N in de vorm van kalkammonsalpeter (KAS); bij de NH₃-emissiefactor is daarbij uitgegaan van de EF die hoort bij deze meststof (2,5% van aanwezige totaal N = 5% van NH₄-N). Aanname hierbij is dat het blenden geen effect heeft op de ammoniakemissie van KAS.

Bij de gecomposteerde producten is ook uitgegaan van toediening als basisbemesting met als doeldosering 50 kg P₂O₅ per ha. Voor de toediening is uitgegaan van een mestverspreider. Ook hier is voor de EF-NH₃ uitgegaan van die van de toegevoegde kalkammonsalpeter (5% van de aanwezige NH₄-N).

De P-arme dikke fractie wordt toegediend met een mestverspreider en wordt direct ingewerkt. Voor de emissie van de hierin aanwezige NH₃-N wordt uitgegaan van een EF van 22% (behorende bij dierlijke mest die direct na toediening wordt ondergewerkt). Deze EF geldt echter voor een situatie dat het mestproduct direct wordt ingewerkt. Indien dat niet gebeurt bedraagt de EF 46%.

Bij de referentiemeststoffen rundvee- en varkensdrijfmest wordt uitgegaan van zowel diepe injectie (gebruikelijk op zandgrond) en ondiepe injectie (gebruikelijker op kleigrond).

Tabel 2 *Uitgangspunten toediening mestproducten en referentiemeststoffen (cursief).*

Product	Gewas	Doeldosering ¹ o.b.v. (kg/ha)			Toedienings-techniek	EF-NH ₃ % van NH ₃ -N
		Werkzame N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Minerale producten						
Mineraal N (5%)	Gras, 1 ^e snede	70			Ondiepe injectie	1,5
	Wintertarwe, 1 ^e gift	100			Ondiepe injectie	1,5
	Wintertarwe, 1 ^e gift (kalkrijke grond)	100			Veldspuit	7,5
Mineraal N (15-20%)	Gras, 1 ^e snede	70			Ondiepe injectie	1,5
	Wintertarwe, 1 ^e gift	100			Ondiepe injectie	1,5
	Wintertarwe, 1 ^e gift (kalkrijke grond)	100			Veldspuit	7,5
Mineralenconcentraat	Gras, 1 ^e snede	70			Ondiepe injectie	8
	Wintertarwe, 1 ^e gift	100			Ondiepe injectie	3
<i>KAS</i>				<i>Kunstmeststrooier</i>	<i>5</i>	
<i>Ammoniumsulfaat</i>				<i>Kunstmeststrooier</i>	<i>11</i>	
<i>Ureum</i>				<i>Kunstmeststrooier</i>	<i>14</i>	
<i>Urean</i>				<i>Veldspuit</i>	<i>7</i>	
Mineraal K-product	Aardappel			150	Diepe/ondiepe injectie	2/24 ²
<i>K-60</i>	<i>Aardappel</i>			<i>150</i>	<i>Kunstmeststrooier</i>	
Mineraal P-product	Aardappel		50		Kunstmeststrooier	4,5
<i>Tripelsuperfosfaat</i>	<i>Aardappel</i>		<i>50</i>		<i>Kunstmeststrooier</i>	
Organische producten						
Gedroogde korrels	Aardappel		50		Kunstmeststrooier	5
	Wintertarwe		50		Kunstmeststrooier	5
Gecomposteerde dikke fractie	Aardappel		50		Mestverspreider+inw	5
P-arme dikke fractie	Aardappel		50		Mestverspreider+inw	22
<i>Rundvedrijfmest</i>	<i>Aardappel</i>		<i>50</i>		<i>Diepe/ondiepe injectie</i>	<i>2/24²</i>
<i>Varkensdrijfmest</i>	<i>Aardappel</i>		<i>50</i>		<i>Diepe/ondiepe injectie</i>	<i>2/24²</i>
<i>GFT-compost</i>	<i>Aardappel</i>		<i>50</i>		<i>Mestverspreider+inw</i>	<i>22</i>

1 dit betreft de doeldosering met het nutriënt waarop deze dosering is gebaseerd, bij veel producten wordt ook N en K₂O toegediend, dat is hier niet weergegeven.

2 EF-NH₃ bij diepe (> 10 cm)/ondiepe injectie (< 10 cm)

4 Resultaten

4.1 Minerale N-producten

4.1.1 Nutriënten

De minerale N-producten hebben, indien geïnjecteerd, een hoge werkzaamheid, die hoger is dan bij gangbare vaste kunstmeststoffen die via een kunstmeststrooier oppervlakkig worden toegediend (Tabel 3A). Zoals eerder aangegeven is ervan uitgegaan dat het zure producten betreft met geringe risico's van NH₃-emissie. Bij een neutrale pH van het product zal het risico van NH₃-emissie wat hoger zijn met name op kalkrijke gronden en met name bij oppervlakkige toediening. In geval van injectie zal dat effect naar verwachting gering zijn.

Indien de minerale N-producten met een veldspuit worden toegediend op kalkrijke gronden is, als gevolg van de hogere ammoniakemissie, de werkzaamheid lager dan van KAS.

Bij de referentiekunstmeststoffen is bij de vaste meststoffen uitgegaan van oppervlakkige toediening. Indien deze meststoffen zouden worden ingewerkt, waar geen verplichting voor geldt, is de NH₃-emissie lager en zal het verschil met de minerale N-producten geringer zijn. Dit geldt met name voor ammoniumsulfaat en ureum.

Er is tevens een vergelijking gemaakt met mineralenconcentraat. Naast N wordt hiermee vooral ook kali toegediend (100-150 kg K₂O per ha) en een relatief geringe hoeveelheid MgO, SO₃ en micronutriënten. De kali is voor graan niet echt nodig vanwege de lage kalibehoeftes. Bij gras hangt het af van de hoogte van de dierlijke mestgift en de onttrekking door het gewas.

Zwavelaanvoer

Gras

Bij het 5%-product wordt er ook zwavel aangevoerd. Dat is bij gras 200 kg SO₃ per ha en bij wintertarwe 290 kg SO₃ per ha. Indien ammoniumsulfaat (zwavelzure ammoniak) zou worden gebruikt is de zwavelaanvoer van dezelfde grootteorde.

Het bemestingsadvies voor gras geeft aan dat zwavelbemesting vooral zinvol is op zandgronden. Hierbij wordt het volgende advies gehanteerd dat afhangt van het zwavel leverend vermogen (SLV) van de bodem:

- SLV zeer laag: 100 kg SO₃ per ha (gelijkelijk verdeeld over 1^e en 2^e snede)
- SLV laag: 75 kg SO₃ per ha (gelijkelijk verdeeld over 1^e en 2^e snede)
- SLV vrij laag: 38 kg SO₃ per ha (toe te dienen in 1^e of 2^e snede)

Uit Tabel 3 blijkt dat de SO₃-aanvoer met de minerale 5% N-producten al circa twee keer zo hoog is dan het hoogste advies bij zeer lage SLV (som van 1^e en 2^e snede). Daarbij moet worden bedacht dat er ook met dierlijke mest zwavel wordt aangevoerd; bij een gift van 25 m³ rundveedrijfmest per ha circa 40 kg SO₃ per ha. Daarvan wordt in het bemestingsadvies weliswaar maar circa een vijfde tot een kwart ingerekend als werkzaam in de eerste en tweede snede, maar deze aanvoer zal bijdragen aan de SLV, waardoor de bemestingsbehoefte op termijn wat zou kunnen dalen.

Wintertarwe

Wintertarwe wordt aangemerkt als een gewas met een matige zwavelbehoefte. Onder gemiddelde omstandigheden wordt er alleen op zandgronden en op de noordelijke klei een bemesting geadviseerd met 25 kg SO₃ per ha. Deze hoeveelheid bedraagt slechts een fractie van de aangevoerde zwavel met het 5%-product, waardoor de bemesting met dit product tot een forse overschrijding van de zwavelbehoefte leidt.

4.1.2 Toedieningsaspecten

De doseringen lopen, afhankelijk van het N-gehalte van het product en het gewas, uiteen van 0,5 tot 2 ton per ha. Bij injectie is hiervoor specifieke apparatuur nodig waarmee dergelijke lage doseringen nauwkeurig kunnen worden toegediend. Eventueel zou het product ook met een veldspuit kunnen worden toegediend; het is een relatief schoon product met weinig tot geen zwevende delen. Dit leidt mogelijk tot iets meer NH₃-emissies, met name op kalkrijke gronden.

De producten zijn doorgaans zuur en corrosief. Dit stelt hogere eisen aan de apparatuur.

4.2 Minerale K-producten

4.2.1 Nutriënten

Uit Tabel 3A blijkt dat er met de minerale K-producten vooral veel kali wordt aangevoerd. Bij de eerste twee producten wordt ook nog een substantiële hoeveelheid stikstof aangevoerd: bij een dosering van 150 kg K₂O per ha komt 25-40 kg werkzame N per ha mee. Bij toepassing in aardappelen past dat goed, omdat bovenop de dierlijke mest doorgaans ook nog extra kunstmest-N nodig is. Deze kan dan deels worden gedekt door het K-concentraat. Bij het derde K-product heeft in het productieproces een biologische processtap plaatsgevonden, waardoor een groot deel van de organische stof en N zijn omgezet en via gasvormige verliezen uit het systeem zijn verdwenen. Hierdoor is de aanvoer met stikstof aanzienlijk lager.

Met het product worden ook Mg, S en micronutriënten toegediend.

De meegenomen referentiemeststoffen betreffen de kunstmeststof Kali-60 en het mineralenconcentraat. Bij het mineralenconcentraat wordt er meer werkzame N toegediend dan bij de minerale K-producten. Het hangt af van het aardappelras en de dierlijke mestgift of de hogere aanvoer van werkzame N beter aansluit aan de gewasbehoefte dan in geval van gebruik van de K-concentraten.

4.2.2 Organische stof

Bij een dosering van 150 kg K₂O per ha wordt bij de eerste twee producten circa 100 kg EOS per ha aangevoerd. Bij het derde product is dat verwaarloosbaar. Dit komt omdat in het productieproces van dat product organische stof wordt afgebroken.

4.2.3 Toedieningsaspecten

Evenals bij de minerale N-producten zijn de producten corrosief, hetgeen eisen stelt aan de toedieningsapparatuur. Daarnaast bevat het product zwevende delen. De gebruikte apparatuur moet zodanig zijn dat hierdoor geen verstoppingen ontstaan.

De doseringen bedragen circa 3 ton per ha. Hiervoor is specifieke apparatuur nodig waarmee dergelijke relatief lage doseringen (in vergelijking met mestapparatuur) nauwkeurig kunnen worden toegediend. De dosering is aanzienlijk lager dan de dosering bij mineralenconcentraten.

4.3 Minerale P-product

4.3.1 Nutriënten

Bij de toepassing van het minerale P-product is uitgegaan van een dosering van 50 kg P₂O₅ per ha. Dit product kan min of meer gewasonafhankelijk worden toegediend. Bij deze P₂O₅-dosering komt er vrijwel geen N en K₂O mee (Tabel 3A). Ook de aanvoer van MgO en micronutriënten is relatief laag. In vergelijking met de referentiemeststof tripelsuperfosfaat wordt er wat meer koper aangevoerd.

Het product heeft een hoog zwavelgehalte. Door de lage dosering is de aangevoerde hoeveelheid (ruim 20 kg SO₃ per ha) lager of van dezelfde grootteorde als het advies bij zwavelbehoeftige gewassen. Hierbij moet wel worden benadrukt dat dit geldt voor de toevoer met dit product. In een bemestingsplan zal meestal ook met andere bemestingsproducten zwavel worden aangevoerd.

4.3.2 Organische stof

De hoeveelheid organische stof die bij deze dosering wordt aangevoerd is laag als gevolg van de lage dosering.

4.3.3 Toedieningsaspecten

Het product heeft vergelijkbare eigenschappen als normale kunstmeststoffen. Naar verwachting zal het geen extra eisen stellen aan de toedieningsapparatuur.

Tabel 3A Aanvoer van (effectieve) organische stof en nutriënten bij gebruik van minerale mestproducten en referentiemeststoffen (cursief).

Product	Gewas	Dosering (ton/ha)	OS (kg/ha)	EOS	Ntot	Nwz	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O	SO ₃	MgO	B	Cu	Zn	Mn	Co	Mo
		(g/ha)														
N-producten																
Mineraal 5% N-product	Gras, 1 ^e snede	1,4			71	70			202							
	Wintertarwe, 1 ^e gift	2,0			102	100			289							
	Wintertarwe, 1 ^e gift (veldspuit, kalkr grond)	2.2			108	100			307							
Mineraal 20% N-product	Gras, 1 ^e snede	0,40			71	70										
	Wintertarwe, 1 ^e gift	0,58			101	100										
	Wintertarwe, 1 ^e gift (veldspuit, kalkr grond)	0,59			104	100										
Referentiemeststoffen 'N-producten'																
KAS	Gras, 1 ^e snede	0,27			72	70										
	Wintertarwe, 1 ^e gift	0,38			103	100										
Ammoniumsulfaat	Gras, 1 ^e snede	0,38			79	70			225							
	Wintertarwe, 1 ^e gift	0,54			113	100			322							
Ureum	Gras, 1 ^e snede	0,18			82	70										
	Wintertarwe, 1 ^e gift	0,25			117	100										
Urean	Gras, 1 ^e snede	0,25			76	70										
	Wintertarwe, 1 ^e gift	0,36			108	100										
Mineralenconcentraat	Gras, 1 ^e snede	11,3	156	52	78	70	5	104	9	2	30	12	80	24	0,9	0,3
	Wintertarwe, 1 ^e gift	16,2	223	74	112	100	7	149	13	3	43	17	114	34	1,3	0,5
K-producten																
Mineraal K-product 1	Aardappel	3,0	200	106	41	26	3	150	6	6	20	93	403	126	0,2	0,7
Mineraal K-product 2	Aardappel	3,0	324	108	80	41	3	150	7	6	21	97	419	131	0,2	0,8
Mineraal K-product 3	Aardappel	3,0	71	24	3	3	1	150	7	6	21	99	429	135	0,2	0,8
Referentiemeststoffen 'K-producten'																
Kali-60	Aardappel	0,25						150								
Mineralenconcentraat	Aardappel	16,3	225	74	112	107	7	150	13	3	44	18	115	34	1,3	0,5
P-producten																
Mineraal P-product		0,15	43	14	2	1	50	3	21	2	5	22	100	40	0,1	0,3
Referentiemeststoffen 'P-producten'																
Tripelsuperfosfaat		0,11					50	5			4					

4.4 P-rijke organische stofproducten

4.4.1 Nutriënten

In Tabel 3B is de aanvoer weergegeven van OS en nutriënten. Er is uitgegaan van een aanvoer van 50 kg P₂O₅ per ha. Bij de referentiemeststof GFT-compost zijn twee doseringen gegeven, een dosering waarbij alle P wordt meegeteld en een dosering waarbij de helft van de P meetelt. Dat laatste is conform de huidige wetgeving.

Bij de werkzame N is uitgegaan van de eerstejaarswerking van de organische N. Later in dit hoofdstuk zal nog worden ingegaan op de lange termijn werking.

Bij de producten, waaraan naast K ook N is toegevoegd (producten met P₂O₅:K₂O = 1:3), bedraagt de aanvoer van werkzame N 75-95 kg N per ha (Tabel 3B). De NPK-aanvoer is globaal vergelijkbaar met rundveedrijfmest. In vergelijking met varkensdrijfmest wordt er meer werkzame N en K aangevoerd.

Als er geen extra N is toegevoegd (producten met P₂O₅:K₂O = 1:2 en 1:1), is de aanvoer van werkzame N laag en vergelijkbaar met GFT-compost.

De MgO- en SO₃-aanvoer van de OS-producten is, bij een aanvoer van 50 kg P₂O₅ per ha, globaal van dezelfde grootteorde als bij varkens- en rundveedrijfmest, iets hoger dan bij varkensdrijfmest en iets lager dan bij rundveedrijfmest. De aanvoer van magnesium verhoudt zich ook redelijk tot de afvoer met geoogst product bij aardappelen en wintertarwe (20-25 kg MgO per ha). Op zandgronden met een laag organisch stofgehalte kan de behoefte hoger zijn dan de onttrekking met het gewas (www.handboekbodembemesting.nl). Het gemiddelde advies bij een bodemtoestand voldoende bedraagt voor deze situatie 40-50 kg MgO per ha.

In vergelijking met GFT-compost wordt er minder MgO aangevoerd, met name bij de hoge dosering GFT-compost.

Wat betreft de micronutriënten is, bij een aanvoer van 50 kg P₂O₅ per ha, de aanvoer met borium, koper en mangaan van dezelfde grootteorde als de aanvoer met onbewerkte dierlijke mest. Voor zink lijkt de aanvoer met de PMC-producten hoger. Met GFT-compost wordt bij de lage dosering een vergelijkbare hoeveelheid zink aangevoerd.

Bij alle producten op basis van alleen de dikke fractie van varkensmest is de aanvoer van MgO, SO₃ en micronutriënten gelijk. Dit is een gevolg van het feit dat er in het productieproces bij de genoemde nutriënten geen verliezen plaatsvinden en omdat dit ook voor P geldt, is bij een gelijke P-aanvoer ook de aanvoer met de micronutriënten gelijk (verhouding micronutriënt/P is gelijk).

4.4.2 Organische stof

Bij producten enkel op basis van dikke fractie van varkensmest wordt bij een dosering van 50 kg P₂O₅ per ha circa 225 kg EOS per ha aangevoerd. Deze is voor zowel de niet als wel gecomposteerde producten gelijk, omdat de hoeveelheid EOS niet verandert gedurende de compostering.

Indien als basis een mix wordt gebruikt van dikke fractie van varkensmest, dikke fractie van rundveemest en droge kippenmest wordt bij een dosering van 50 kg P₂O₅ per ha 500-750 kg EOS per ha toegediend. Deze hogere aanvoer is een gevolg van een hogere EOS/P₂O₅-verhouding van met name de dikke fractie van rundveemest in vergelijking met dikke fractie van varkensmest.

Met rundveedrijfmest en compost wordt bij eenzelfde P-aanvoer aanzienlijk meer EOS aangevoerd.

4.4.3 Toedieningsaspecten

Bij de droge korrels met alleen dikke fractie van varkensmest als grondstof loopt de dosering uiteen van 1-1,5 ton per ha. Dat is waarschijnlijk nog redelijk goed met een kunstmeststrooier toe te dienen. Bij de droge korrels met een mix van grondstoffen is de dosering hoger, 2-2,5 ton product per ha. Mogelijk is deze dosering aan de hoge kant voor toediening met een kunstmeststrooier.

Bij de compostproducten loopt de dosering uiteen van 1,5 tot 3,5 ton per ha. Deze doseringen zijn mogelijk aan de lage kant om met bijvoorbeeld een mestverspreider toe te dienen.

4.5 P-arme organische stofproduct

Het P-arme organische stofproduct was oorspronkelijk bedoeld om aanvullend op gangbare mestproducten (varkensmest, dunne fractie van varkensmest) toe te dienen, waarbij maximaal 5-10 kg P₂O₅ per ha als P-bemestingsruimte zou worden gebruikt en het product vooral zou dienen als bron van OS en nog wat aanvullende N en K.

Door het relatief hoge P-gehalte van het product (3,5 kg P₂O₅/ton) is dit geen realistische optie. Er zou dan maar 1-2 ton per ha van het product worden toegediend, waardoor de EOS/N/K-aanvoer erg laag is. Daarom is evenals bij de P-houdende OS-producten nagegaan hoeveel nutriënten en organische stof er wordt aangevoerd bij een dosering van 50 kg P₂O₅ per ha en hoe dit verschilt met andere mestproducten.

4.5.1 Nutriënten

Bij een gift van 50 kg P₂O₅ per ha wordt ruim 90 kg werkzame N per ha en circa 55 kg K₂O per ha aangevoerd. Voor aardappelen is de hoeveelheid kali aan de lage kant. Rundveedrijfmest is met betrekking tot kaliaanvoer gunstiger. Bij de werkzame N-aanvoer is ervan uitgegaan dat het product direct wordt ingewerkt, waardoor de ammoniakemissie beperkt blijft tot ruim 20%.

De aanvoer van MgO, SO₃ en micronutriënten is hoog tot zeer hoog in vergelijking met de P-rijke OS-producten en de referentiemeststoffen. Doordat er P is verwijderd is de micronutriënt/P-verhouding gestegen en wordt er bij een gelijke P-dosering aanzienlijk meer van deze nutriënten aangevoerd. Bij SO₃ is de hoge aanvoer tevens een gevolg van het gebruikte zwavelzuur bij de P-extractie.

4.5.2 Organische stof

Met dit product wordt, bij een aanvoer van 50 kg P₂O₅ per ha, ruim 1000 kg EOS per ha aangevoerd. Dit is meer dan met de P-houdende OS-producten (korrels en compost). Dit is een gevolg van de gunstiger EOS/P-verhouding in het product (er is P verwijderd). In vergelijking met rundveemest en met name compost wordt er minder EOS aangevoerd.

4.5.3 Toedieningsaspecten

Bij de hier gehanteerde dosering (50 kg P₂O₅ per ha) kan het product met de mestverspreider worden toegediend.

Tabel 3B Aanvoer van (effectieve) organische stof (OS en EOS) en nutriënten bij gebruik van organische stofproducten en referentiemeststoffen (cursief).

<i>Product</i>	<i>Gewas</i>	<i>Dosering</i> (ton/ha)	<i>OS</i> (kg/ha)	<i>EOS</i>	<i>Ntot</i>	<i>Nwz</i> ¹	<i>P₂O₅</i> (kg/ha)	<i>K₂O</i>	<i>SO₃</i>	<i>MgO</i>	<i>B</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i> (g/ha)	<i>Mn</i>	<i>Co</i>	<i>Mo</i>
Organische stofproducten																
Gedroogde dikke fractie, vark P:K=1:3	Aard	1,74	688	227	112	93	50	150	29	25	74	353	1600	647	1,6	4,6
Gedroogde dikke fractie, mix ² P:K=1:3	Aard	2,36	1042	500	128	88	50	150	33	29		267	762			
Gedroogde dikke fractie, vark P:K=1:2	Aard	1,25	688	227	27	12	50	100	29	25	74	353	1600	647	1,6	4,6
Gedroogde dikke fractie, vark P:K=1:1	Aard	1,11	688	227	24	10	50	50	29	25	74	353	1600	647	1,6	4,6
Gedr gecomp dikke fractie, vark P:K=1:3	Aard	1,46	453	227	108	91	50	150	29	25	74	353	1600	647	1,6	4,6
Gedr gecomp dikke fractie, mix ² P:K=1:3	Aard	1,98	805	500	117	82	50	150	33	29		267	762			
Gedr gecomp dikke fractie, vark P:K=1:2	Aard	0,96	453	227	20	6	50	100	29	25	74	353	1600	647	1,6	4,6
Gedr gecomp dikke fractie, vark P:K=1:1	Aard	0,82	453	227	17	5	50	50	29	25	74	353	1600	647	1,6	4,6
Gecomp dikke fractie, vark P:K=1:3	Aard	1,95	453	227	109	91	50	150	29	25	74	353	1600	647	1,6	4,6
Gecomp dikke fractie, mix ² P:K=1:3	Aard	3,52	952	743	120	74	50	150	42	35		298	557			
Gecomp dikke fractie, vark P:K=1:2	Aard	1,50	453	227	20	6	50	100	29	25	74	353	1600	647	1,6	4,6
Gecomp dikke fractie, vark P:K=1:1	Aard	1,37	453	227	17	5	50	50	29	25	74	353	1600	647	1,6	4,6
P-arme dikke fractie	Aard	14,3	3268	1089	169	91	50	56	474	118	352	1679	7598	3073	7,4	21,8
Referentiemeststoffen 'Organische stofproducten'																
<i>Rundveedrijfmest, diepe injectie</i>	<i>Aard</i>	<i>33,3</i>	<i>2367</i>	<i>1657</i>	<i>133</i>	<i>70</i>	<i>50</i>	<i>180</i>	<i>48</i>	<i>40</i>	<i>98</i>	<i>378</i>	<i>554</i>			
<i>Rundveedrijfmest, ondiepe injectie</i>	<i>Aard</i>	<i>33,3</i>	<i>2367</i>	<i>1657</i>	<i>133</i>	<i>56</i>	<i>50</i>	<i>180</i>	<i>48</i>	<i>40</i>	<i>98</i>	<i>378</i>	<i>554</i>			
<i>Varkendrijfmest, diepe injectie</i>	<i>Aard</i>	<i>12,8</i>	<i>1013</i>	<i>338</i>	<i>90</i>	<i>65</i>	<i>50</i>	<i>60</i>	<i>20</i>	<i>19</i>	<i>63</i>	<i>378</i>	<i>891</i>	<i>406</i>		<i>2,4</i>
<i>Varkendrijfmest, ondiepe injectie</i>	<i>Aard</i>	<i>12,8</i>	<i>1013</i>	<i>338</i>	<i>90</i>	<i>55</i>	<i>50</i>	<i>60</i>	<i>20</i>	<i>19</i>	<i>63</i>	<i>378</i>	<i>891</i>	<i>406</i>		<i>2,4</i>
<i>GFT-compost, alle P telt mee</i>	<i>Aard</i>	<i>11,4</i>	<i>2750</i>	<i>2475</i>	<i>101</i>	<i>11</i>	<i>50</i>	<i>90</i>		<i>38</i>		<i>214</i>	<i>1613</i>			
<i>GFT-compost, 50% P telt mee</i>	<i>Aard</i>	<i>22,7</i>	<i>5500</i>	<i>4950</i>	<i>202</i>	<i>22</i>	<i>100</i>	<i>180</i>		<i>75</i>		<i>427</i>	<i>3227</i>			

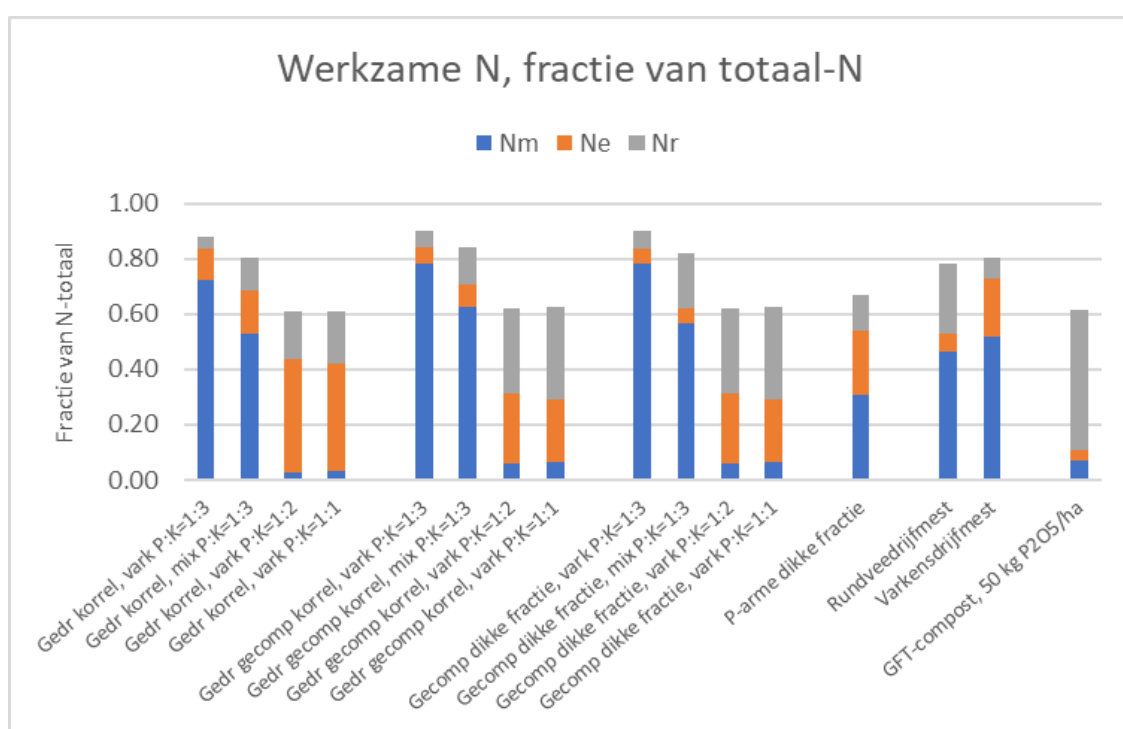
1 Nwz = N werkzaam eerstejaars

2 mix van dikke fractie van varkensmest, dikke fractie van rundveemest en droge kippenmest als grondstof

4.6 Korte en lange termijn werking stikstof

In de voorgaande paragrafen is voor de aanvoer van werkzame N met de OS-producten uitgegaan van de eerstejaars werking. Omdat een deel van de N aanwezig is in organische vorm, zal bij aanhoudend gebruik nawerking optreden. Dat komt omdat niet alle aangevoerde organische N in één jaar vrijkomt. Afhankelijk van de stabiliteit van de organische stof zal een kleiner of groter deel pas na het eerste jaar vrijkomen, de nawerking.

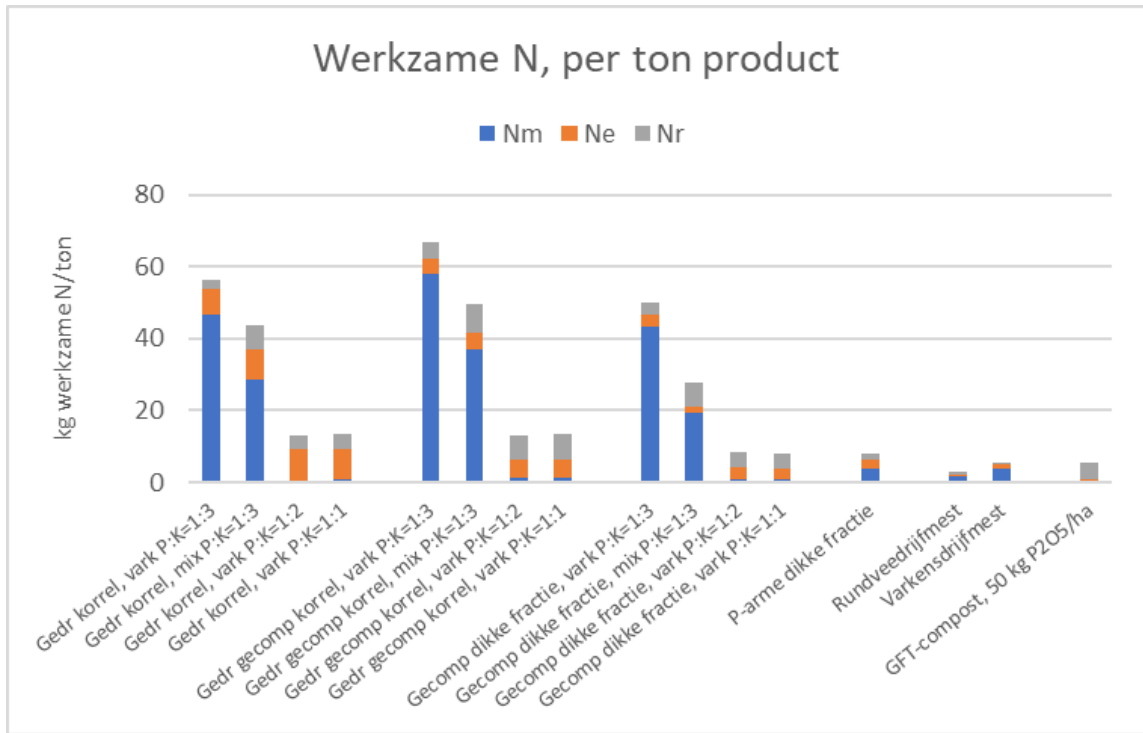
In Figuur 2 is de fractie werkzame N weergegeven van de OS-producten, onderverdeeld naar minerale N (Nm), organische N die in het eerste jaar vrijkomt (Ne) en de organische die na het eerste jaar vrijkomt (Nr). Bij de met kunstmest-N geblende producten (P:K=1:3) bepaalt vooral de aanwezige Nm de werkzaamheid. Bij de niet gecomposteerde producten is het aandeel van de Ne veel hoger dan van de Nr, terwijl bij de gecomposteerde producten het omgekeerde het geval is. Dat komt, omdat bij de gecomposteerde producten de organische stof en daarmee de organische N minder snel afbreekt en een veel groter deel pas na het eerste jaar vrijkomt.



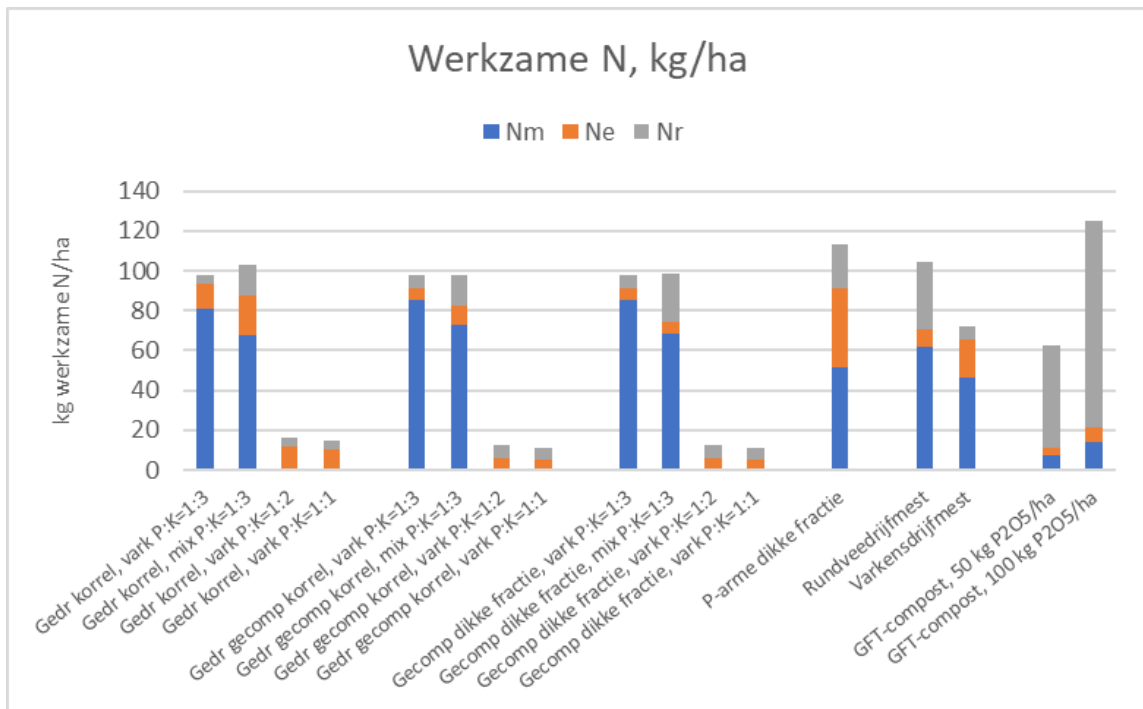
Figuur 2 Aandeel werkzame minerale N (Nm), werkzame organische N die in het eerste jaar van toediening vrijkomt (Ne) en werkzame organische N die na het eerste jaar van toediening vrijkomt (Nr) in de totale N van de organische stofproducten.

In Figuur 3 zijn de hoeveelheden Nm, Ne en Nr weergegeven per ton product en in Figuur 4 is de aanvoer per ha weergegeven bij een dosering van 50 kg P₂O₅ per ha.

De meeste werkzame N wordt aangevoerd met de met kunstmest-N geblende OS-producten en de P-arme dikke fractie. Deze zijn qua grootteorde vergelijkbaar met rundvee- en varkensdrijfmest. Het grijze deel van de staafjes geeft de omvang van de nawerking aan. Deze loopt uiteen van 5 tot 35 kg N per ha en is in het algemeen bij de gecomposteerde producten hoger dan bij de niet-gecomposteerde producten.



Figuur 3 Hoeveelheid werkzame minerale N (Nm), werkzame organische N die in het eerste jaar van toediening vrijkomt (Ne) en werkzame organische N die na het eerste jaar van toediening vrijkomt (Nr) per ton OS-product.



Figuur 4 Aanvoer van de hoeveelheid werkzame minerale N (Nm), werkzame organische N die in het eerste jaar van toediening vrijkomt (Ne) en werkzame organische N die na het eerste jaar van toediening vrijkomt (Nr) met de aanvoer van de OS-producten bij een aanvoer van 50 kg P₂O₅ per ha.

5 Discussie en conclusies

5.1 Discussie

5.1.1 Nauwkeurigheid gehalten in producten

Voor de berekening van de gehalten aan nutriënten en organische stof moesten diverse aannames worden gemaakt. Dit betrof o.a. de verdeling van met name semi-macro en micro-elementen over de verschillende mestfracties in het productieproces. Ook was soms beperkte informatie beschikbaar over gehalten in de gebruikte grondstoffen voor de productie van de mestproducten. Het zij daarom nogmaals benadrukt dat de waarden slechts als indicatief moeten worden beschouwd.

5.1.2 Bron samenstelling mestproducten

Zoals eerder aangegeven is voor de samenstelling van de grondstoffen voor PMC-producten deels uitgegaan van gegevens uit Hoeksma *et al.* (2011). Inmiddels is er een nieuwe rapportage op komst rond de pilot mineralenconcentraten (2019-2020 meetserie, Hoeksma *et al.* (in voorbereiding)). Deze cijfers laten zien dat de samenstelling van de ingaande varkensdrijfmest (mix van vleesvarkens- en zeugendrijfmest) bij de nieuwe meetserie wat betreft N-gehalte meer overeen komt met die van zeugendrijfmest dan met die van vleesvarkensdrijfmest. In de oude meetserie, waarop de gehalten in deze studie zijn gebaseerd, lagen de gehalten dichter bij vleesvarkensdrijfmest. Bij het opzetten van de processchema's is doelbewust gekozen voor vleesvarkensdrijfmest, omdat deze meer organische stof bevat. Dit is ook gunstiger voor een eventuele vergistingsstap. Daarom is besloten te blijven uitgaan van de informatie uit Hoeksma *et al.* (2011).

Overigens komt de samenstelling van de ingaande varkensdrijfmest en de dikke fractie uit de meetserie 2019/2020 bij de meeste elementen (m.u.v. organische stof en N in de ingaande varkensmest) redelijk overeen met de eerdere meetserie (Hoeksma *et al.*, 2011). Een punt van aandacht is het zinkgehalte. Dat is bij de ingaande varkensmest en de dikke fractie uit 2011 hoger dan bij de dikke fractie in de 2019-2020 meetserie (zie ook verderop in deze discussie).

5.1.3 Werkzaamheid N van minerale N-producten

De berekende werkzaamheid van de minerale N-producten is hoog. Benadrukt moet worden dat aangenomen is dat het zure producten betreft, waardoor de risico's van ammoniakemissie sterk worden beperkt. Bij een neutrale pH zijn de risico's groter. Anderzijds, als het product wordt geïnjecteerd zal het verhoogde emissierisico naar verwachting meevallen.

5.1.4 EOS-aanvoer met organische stofproducten

De organische stofproducten ontleen o.a. hun waarde aan de aanwezige organische stof. Bij een gelijke P-dosering was er geen verschil in EOS-aanvoer tussen de wel en niet gecomposteerde producten. Dit komt doordat de hoeveelheid EOS niet verandert gedurende het composteringproces. Hierbij wordt een deel van het niet-EOS-deel van de organische stof afgebroken. Doordat het aandeel EOS in de totale organische stof bij varkensdrijfmest relatief laag is, wordt met de producten veel minder EOS aangevoerd dan met rundveedrijfmest en compost.

Het verwijderen van P uit de dikke fractie van de varkensmest leidt ertoe dat er per eenheid aangevoerde P beduidend kan worden aangevoerd. Dit is wel minder dan met producten als rundveedrijfmest en compost. Omdat laatstgenoemde producten niet onbeperkt beschikbaar zijn kan de P-arme dikke fractie van varkensmest wel nuttig zijn in aanvulling op de andere genoemde producten.

In deze studie ligt de aandacht bij de aanvoer van EOS. Deze is vooral van belang voor onderhoud en opbouw van humus in de bodem. Benadrukt moet worden dat het niet-stabiele deel van de organische stof ook zijn waarde heeft voor de bodem. Deze dient namelijk als voedsel voor het bodemleven en heeft daardoor effect op de biologische bodemkwaliteit.

5.1.5 Zinkgehalten in organische stofproducten

Uit de analyse bleek dat, bij een aanvoer van 50 kg P₂O₅ per ha, de aanvoer met zink relatief hoog is bij gebruik van de organische stofproducten. Hierbij moet de volgende kanttekening worden gemaakt. De grondstof voor deze producten is de dikke fractie van varkensmest. Voor de gehalten aan micronutriënten, w.o. zink, is voor de dikke fractie uitgegaan van gegevens uit Hoeksma *et al.* (2011). De varkensmest, waaruit deze dikke fractie is geproduceerd, had een relatief hoog zinkgehalte vergeleken met studies van Römken & Rietra (2008) en Klein & Roskam (2018) (Tabel 4). Ook in de nieuwe meetserie van de pilot mineralenconcentraten (Hoeksma *et al.*, in voorbereiding) was het zinkgehalte in de ingaande varkensmest lager dan in de eerdere meetserie. Het kopergehalte in de varkensmest was bij alle vier bronnen van dezelfde grootteorde.

Enige voorzichtigheid met de hier gehanteerde zinkgehalten in de dikke fractie van varkensmest, en daarmee in de PMC-producten, moet daarom in acht worden genomen.

Tabel 4 Zink- en kopergehalten varkensdrijfmest.

	Zink		Koper	
	mg/kg vers	mg/kg ds	mg/kg vers	mg/kg ds
Hoeksma <i>et al.</i> (2011)	101	1661	23	385
Römken & Rietra (2008)	69	952	29	404
Klein & Roskam (2018)		992		325
Hoeksma <i>et al.</i> (in voorbereiding)	65	1066	22	361

Bij de P-arme dikke fractie was de aanvoer met micronutriënten, w.o. koper en zink, aanzienlijk hoger dan bij de P-rijke organische stofproducten (Tabel 5). De gehalten in onderhavige studie waren afgeleid van de gehalten in de dikke fractie van varkensmest volgens Hoeksma *et al.* (2011) en een aangenomen verdeling over de minerale P-fractie en de na de P-extractie resterende P-arme dikke fractie (cfm. verdeling organische stof). In het Horizon 2020-project Systemic zijn metingen verricht aan de samenstelling van de na P-extractie resterende dikke fractie. Deze gehalten waren voor zowel zink als koper aanzienlijk lager dan afgeleid in onderhavige studie. Hantering van meetwaarden uit het Systemic project leidt tot een aanzienlijk lagere aanvoer van zink en koper bij een dosering van 50 kg P₂O₅ per ha (Tabel 5). Wat hierbij kan meespelen is dat na de P-extractie de dikke fractie nog wordt gewassen (verwijdering van het zuur). Hiermee wordt mogelijk ook een deel van de nutriënten verwijderd. Bij de berekening van de gehalten in de P-arme dikke fractie in dit rapport is hiermee geen rekening gehouden.

Tabel 5 Zink- en koperaanvoer (g/ha) met de organische stofproducten bij een dosering van 50 kg P₂O₅ per ha.

	P-rijke producten	P-arm product	
		O.b.v. gehalten afgeleid van Hoeksma <i>et al.</i> (2011) en massabalans proces	O.b.v. gemeten gehalten in Systemic-project
Zink	1680	7600	1915
Koper	350	1600	630

5.2 Conclusies

5.2.1 Minerale producten

De vloeibare minerale N-producten (5% en 17,5%) hebben naar verwachting een goede N-werking, vergelijkbaar of beter dan gangbare N-kunstmeststoffen bij toepassing op kalkarme gronden en/of bij toediening via injectie. Bij oppervlakkige toediening (bijvoorbeeld met veldspuit) op kalkrijke gronden is de N-werking lager door een hoger risico op ammoniakemissie.

Het 5% N-product op basis van NH_3 -strippen met zwavelzuur heeft een hoog zwavelgehalte, waardoor bij gangbare N-doseringen van 70-100 kg N per ha fors meer zwavel wordt aangevoerd dan nodig voor de gewasproductie.

Met het minerale K-product wordt naast K, afhankelijk van het productieproces, ook 25-40 kg werkzame N aangevoerd. Bij gebruik in de aardappelteelt, een belangrijk doelgewas voor dit product, past de N die meekomt goed, omdat aanvullend op dierlijke mest vaak nog extra N nodig is.

Het minerale P-product kan kunstmest-P goed vervangen. Het product bevat tevens organische stof en andere nutriënten. Door het hoge P-gehalte is de dosering echter laag en is de aanvoer van organische stof en overige nutriënten gering m.u.v. zwavel dat voor een belangrijk deel afkomstig is van het zwavelzuur dat in het P-extractieproces wordt gebruikt. Bij een aanvoer van 50 kg P_2O_5 per ha is de zwavelaanvoer vergelijkbaar met de behoefte van zwavelbehoefteige gewassen bij een laag zwavel leverend vermogen van de bodem.

Bij de vloeibare N- en K-producten moet er geschikte apparatuur beschikbaar zijn om doseringen van 0,5-3 ton per ha nauwkeurig te kunnen toedienen. Daarnaast zijn deze producten zuur en en/of corrosief, hetgeen hogere eisen stelt aan de apparatuur. Het minerale P-product heeft vergelijkbare eigenschappen als normale kunstmeststoffen en zal naar verwachting geen extra eisen stellen aan de toedieningsapparatuur.

5.2.2 Organische stofproducten

Bij de P-rijke organische stofproducten, waaraan naast K ook N is toegevoegd (blending) is bij een vergelijkbare P-aanvoer de NK-aanvoer globaal vergelijkbaar met onbewerkte rundveedrijfmest, terwijl in vergelijking met onbewerkte varkensdrijfmest er meer werkzame N en vooral meer K wordt aangevoerd.

Bij de organische stofproducten komt een deel van de aanwezige N pas na het jaar van toediening vrij. Bij een jaarlijkse dosering van 50 kg P_2O_5 per ha loopt deze nawerking uiteen van 5-35 kg N per ha.

De aanvoer van magnesium, zwavel en micronutriënten is bij het P-arme product hoog tot zeer hoog in vergelijking met de P-rijke OS-producten en de referentiemeststoffen. Doordat er P is verwijderd is de micronutriënt/P-verhouding gestegen en wordt er bij een gelijke P-dosering aanzienlijk meer van deze nutriënten aangevoerd.

De EOS-aanvoer bij de P-rijke producten enkel op basis van de dikke fractie van varkensdrijfmest bedraagt bij een dosering van 50 kg P_2O_5 per ha circa 250 kg per ha. Dit is laag t.o.v. rundveedrijfmest en compost (1500-2500 kg EOS per ha) bij eenzelfde P-dosering. Indien bij de productie van korrels en compost naast dikke fractie van varkensdrijfmest tevens dikke fractie van rundveedrijfmest en droge kippenmest wordt gebruikt als grondstof bedraagt de EOS-aanvoer bij een dosering van 50 kg P_2O_5 per ha 500-850 kg per ha.

Bij het P-arme product bedraagt de EOS-aanvoer ruim 1000 kg EOS per ha bij een dosering van 50 kg P_2O_5 per ha.

Referenties

- De Ruijter, F., W. van Dijk, H.J.H. Elissen & H. van Reuler. Recycling of nutrients and carbon from waste water to agriculture, in preparation.
- Driessen, J.J.M. & A.H. Roos, 1996. Zware metalen, organische microverontreinigingen en nutriënten in dierlijke mest, compost, zuiveringsslib, grond en kunstmeststoffen. Rapport 96.14, RIKILT-DLO, Wageningen.
- Gollenbeek, L.R., J.P.B.F. van Gastel, J. Schellekens, N. Verdoes, P.J.T.H. Bussmann, J. Roefs & R.W. Melse, 2020. Onderzoek technische mogelijkheden en duurzaamheidsaspecten mestverwerkingsroutes. Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/530720>
- Huijsmans, J.F.M. & J.M.G. Hol, 2011. Ammoniakemissie bij toediening van mineralenconcentraat op beteeld bouwland en grasland. Wageningen: Plant Research International, rapport 387. 44 p.
- Janssen, B.H., 1984. A simple method for calculating decomposition of 'young' soil organic carbon. *Plant & Soil* 76, 297-304.
- Klein, J. & G. Roskam, 2018. Zware metalen in dierlijke mest in 2017.
- Hoeksma, P., F.E. de Buissonjé, P.A.I. Ehlert & J.H. Horrevorts, 2011. Mineralenconcentraten uit dierlijke mest. Monitoring in het kader van de pilot mineralenconcentraten. Wageningen Livestock Research, rapport 481.
- Hoeksma, P., 2020. Mineralenconcentraten uit dierlijke mest. Monitoring 2019-2020 in het kader van de pilot mineralenconcentraten. In voorbereiding.
- Postma, R., P.A.I. Ehlert, W. van Dijk, J. Roefs & L.R. Gollenbeek, 2020. Contaminanten en wetgeving bij mestproducten, Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/530719>
- Römkens, P.F.A.M. & R.P.J.J. Rietra, 2008. Zware metalen en nutriënten in dierlijke mest 2008. Gehalten aan Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, As, N en P in runder-, varkens- en kippenmest. Alterra rapport 1729.
- Schröder, J.J., F. de Buissonjé, G. Kasper, N. Verdoes & J. Verloop, 2009. Mestscheiding: relaties tussen techniek, kosten, milieu en landbouwkundige waarde, Rapport 287, Plant Research International, Wageningen, 36 pp.
- Van Bruggen, C., A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk, 2019. Emissies naar lucht uit de landbouw in 2017. Berekeningen met het model NEMA. WOT-technical report 147. 131 pp.
- Van Dijk, W., R. Postma, L. van Gollenbeek, P. Mostert, J. Roefs & N. Verdoes, 2020. Behoeftes mestbewerkingsproducten in Nederland en Europa. Inventarisatie perspectievolle productmarkt-combinaties. Wageningen Research, Rapport WPR-1011, <https://doi.org/10.18174/528800>

Websites

- <http://www.bemestingsadvies.nl>, geraadpleegd maart 2020
- <http://www.handboekbodembemesting.nl>, geraadpleegd maart 2020

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1012

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 12.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

