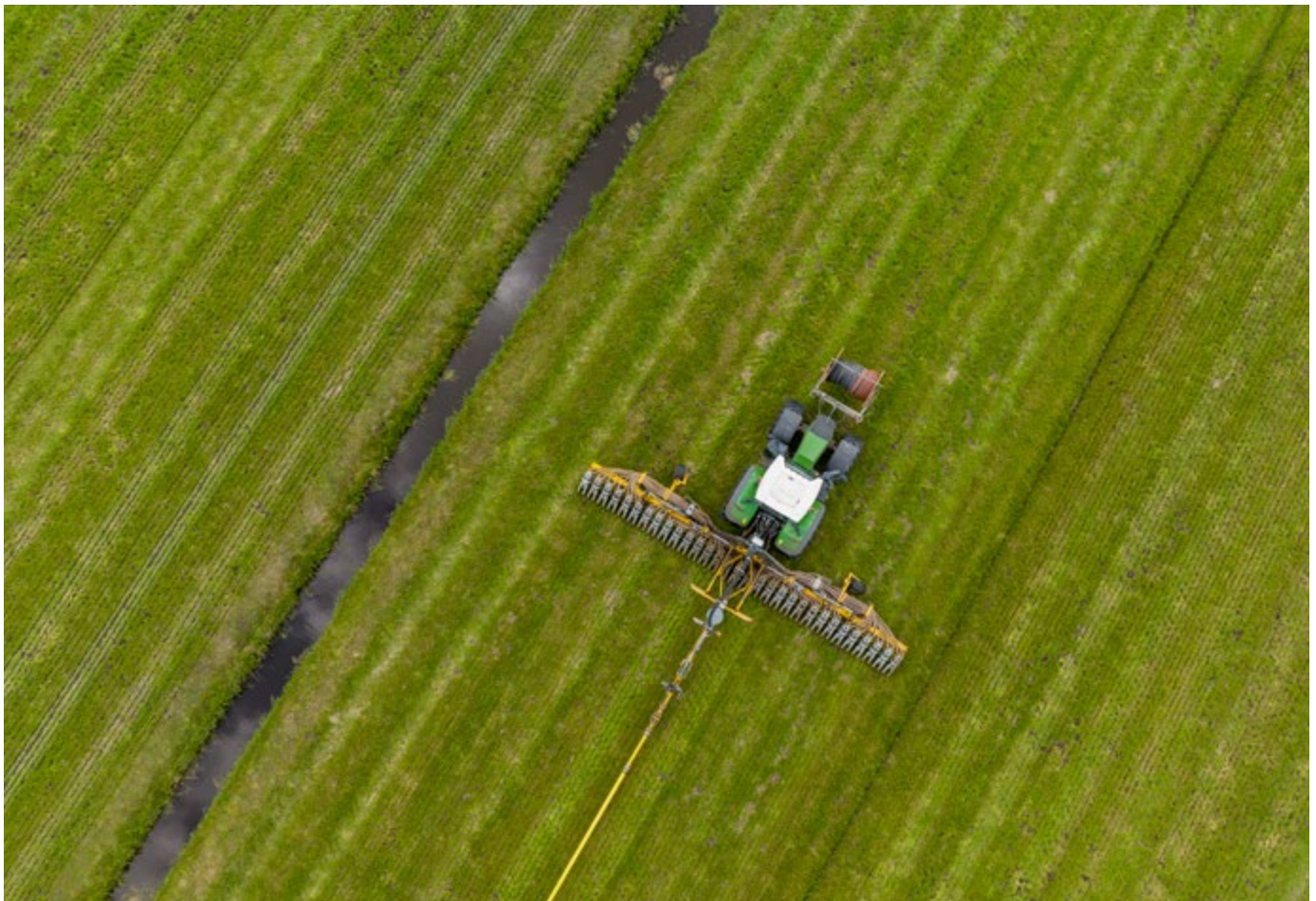


Wat is de waarde van toevoegmiddelen aan mest voor emissiebeperking?

Er zijn meer dan 30 toevoegmiddelen voor mest op de markt. De werking varieert van chemisch, fysisch tot biologisch. Afhankelijk van het toevoegmiddel claimen producenten een betere stikstofwerking, minder stank, nitraatuitspoeling en ammoniakemissie of minder lachgas- en methaanemissie. Nagegaan is of deze claims kloppen en onderbouwd zijn. Uit de analyse blijkt dat de producten op biologische basis niet of nauwelijks werken. De producten op fysische of chemische basis hebben vaak wel een effect

op het verminderen van één van de verliesposten van stikstof of emissie van methaan. Zes producten geven ook minder ammoniakemissie. Het is aan te raden dat veehouders zich goed laten informeren over middelen en navraag doen naar de onderbouwing van de claims. In onderstaande tabel zijn producten weergegeven die een effect hebben op met name stikstof- en methaanemissie en enkele andere emissies. Met daaronder een korte toelichting op de producten.



Afbeelding: Project Bemest op z'n Best

Tabel 1. Toevoegmiddelen aan mest, verkrijgbaar in Nederland. Naar Bakker et al. (2020) en aanvullingen. Reductie van emissie van 1) NH₃, 2) N₂O, 3) CH₄ en 4) NO₃. Groen: wetenschappelijk bewezen effect. Oranje: tegenstrijdige onderzoeksresultaten. Geen kleur: geen onafhankelijke onderzoeksresultaten of geen positieve resultaten op reductie van emissies.

Chemisch	Fysisch	Biologisch
Aanzuren (5 systemen)	Active NS ¹	Aero Activ
Piadin ²	AMFA ^{1,4}	AgriMestMix ^{1,3}
Top Flow Entec ²	Berkana	Animal Life Plus – ‘Spray’
Vizura ²	BioHumat Mest	Bactériolit
Nytrapyrin ²	BVP-M	BioAktiv-MZ
	Optizec-Zeolite	Biobac
	Triune	BioMest
	Zeofarm Stable	Bio-Mix
	Magnesiumchloride ¹	Kopros
	Fir	ManurePro
		MicroFerm & Pro-Mest
		Multikraft EM ¹
		Proferta
		Progress
		Slurry Kind Cattle & Pig
		GierO2
		Active NS ¹
		Product K ¹

Emissiebeperking, hoe?

Mest optimaal benutten voor een goede gewasproductie en tegelijkertijd verliezen beperken, is een uitdaging. Het beperken van verliezen begint in de stal met het verminderen van de emissie van ammoniak (NH₃) om zo meer stikstof in de mest te houden. Minder emissie van methaan (CH₄) in de stal is gewenst vanuit oogpunt van de reductie van broeikasgasemissies. Bij het toedienen van mest kunnen stikstofverliezen optreden via NH₃-emissie en denitrificatie, waarbij het broeikasgas lachgas (N₂O) vrijkomt. Deze veldverliezen zijn te beperken door mest netjes toe te dienen; de juiste hoeveelheid, op het juiste moment met de juiste techniek.

Een aanvullend spoor om verliezen te beperken, kan het gebruik van toevoegmiddelen aan mest zijn. In de praktijk leven veel vragen over het nut en de waarde van toevoegmiddelen aan mest bij toepassing in de stal, of voor de

mesttoediening, om daarmee emissies te beperken. Afhankelijk van het product claimen producenten minder stank, een hogere N-werking of minder nitraatuitspoeling (NO₃⁻) en minder NH₃⁻, N₂O- en CH₄-emissie. Dit zijn redenen voor veehouders om deze middelen toe te passen. Tegelijk zijn toevoegmiddelen vaak relatief duur. Een weloverwogen keuze kan alleen als bekend is of de claims waar zijn en dus onderbouwd. Er zijn veel producten op de markt. HAS Green Academy heeft 31 toevoegmiddelen bestudeerd (Bakker et al., 2020, zie tabel 1). Daarnaast zijn er recent nog andere producten op de markt gekomen.

Wat zijn toevoegmiddelen?

Voor dit artikel is de term toevoegmiddelen afgebakend tot middelen die aan de mest worden toegevoegd. Stoffen die via opname van specifieke plantensoorten door dieren in mest terecht komen, zoals componenten uit smalle weegbree, zijn buiten beschouwing gelaten. Toevoegmiddelen zijn op basis van werkingsprincipe op te delen in:

- **Chemische toevoegmiddelen.** Deze kunnen bestaan uit zuren of chemische componenten die bepaalde biologische processen sterk remmen, zoals de omzetting van ureum naar ammonium. Of de omzetting van ammonium naar nitraat, waarmee ook lachgasvorming onderdrukt wordt. Ook kunnen het middelen zijn die ammoniumstikstof deels chemisch binden;
- **Fysische toevoegmiddelen.** Dit zijn vaak kleimineralen die ammonium uit mest kunnen adsorberen. Bekende voorbeelden zijn zeoliet-houdende mineralen. Ook het toevoegen van zouten aan mest kan een effect hebben op de NH₃-emissie;
- **Biologische toevoegmiddelen.** Deze bevatten mengsels van micro-organismen en/of enzymen soms aangevuld met mineralen.

Omzettingsprocessen in mest

Mest is de samenvoeging van urine en feces. Urine bevat veel stikstof in de vorm van ureum en andere gemakkelijk afbreekbare N-verbindingen. Deze worden snel na productie, binnen enkele uren tot dagen, omgezet in ammoniumstikstof. Feces bevat organische gebonden stikstof. Tijdens de mestbewaring vinden microbiologisch omzettingsprocessen plaats. De meeste processen verlopen zonder zuurstof (anaëroob). Een deel van organische N-verbindingen wordt uiteindelijk omgezet naar ammoniumstikstof, een N-vorm die opneembaar is voor planten.



Er vinden echter ook minder gewenste processen plaats zoals rotting, waarbij gemakkelijk verliezen optreden of hinderlijke gassen ontstaan. Zo ontstaan er vluchtige vetzuren, waterstofsulfide (H_2S) en het broeikasgas CH_4 . De eerste twee zijn vooral verantwoordelijk voor stank. Tijdens de omzettingsprocessen kan ontmenging van mest plaatsvinden in een vast en een vloeibaar deel. Hierdoor kan de mest slecht te homogeniseren zijn bij het mixen.

Chemische toevoegmiddelen; soorten en werking

Chemische toevoegmiddelen kunnen bestaan uit:

- Zuur (bijv. zwavelzuur) om de NH_3 - en CH_4 -emissie te onderdrukken;
- Specifieke chemische verbindingen die biologische processen remmen, zoals de omzetting van ureum naar ammonium (ureaseremmers), of de omzetting van ammonium naar nitraat (nitrificatieremmers) waardoor minder N_2O -emissie ontstaat en er minder risico is op nitraatuitspoeling;
- Zouten die de beschikbaarheid van ammonium voor emissie verlagen.

Aanzuren

Aanzuren van mest wordt in Nederland niet toegepast, maar in Denemarken bijvoorbeeld wél. Het verlaagt de pH van mest en daarmee de NH_3 -emissie. Aanzuren in de

mestkelder kan op bedrijfsniveau de NH_3 -emissie met 50% of meer verlagen. Bij het gebruik van zwavelzuur stijgt het S-gehalte van mest sterk (2,5-3,5 kg S/ m^3). Bij een mestjaargift van 30-40 m^3 per ha wordt de gewasbehoefte van gras en mais aan zwavel, met een veelvoud overtroffen. Dit is ongewenst. Om het nadeel van te veel S in mest te ondervangen, is toedienen van organische zuren of biologisch aanzuren door energierijke producten toe te voegen, een optie. Dit is duur. Dat kan veranderen zodra biologische mest ook vergist wordt voor biogasproductie (Bussink & van Rotterdam, 2023). Kort voor het toedienen mest aanzuren met kleinere hoeveelheden zwavelzuur, is een andere optie. In Nederland gaf dit slechts een beperkte ammoniakreductie. Toch is dat een systeem wat in diverse landen wordt toegepast, zoals via het SyreN systeem. In Denemarken wordt 20% van de mest aangezuurd voor toedienen (Bakker et al., 2020). Onderzoek naar aanzuren van mest is inmiddels weer opgepakt.

Urease- en nitrificatieremmers

Ureaseremmers worden vooral toegepast in minerale meststoffen. Toepassing op stalvloeren om de ureumhydrolyse uit urine te remmen wordt nationaal en internationaal veel onderzocht. De meeste producten werken te kort in mest. Daarnaast zijn er vragen met betrekking tot de borgbaarheid en eventuele neveneffecten. Recent is een nieuw product (product K) kortdurend getest in een ligboxenstal met roosters op Dairy Campus. Gemiddeld

werd ongeveer 20% emissiereductie van NH₃ gemeten (Bobrowski et al., 2021) bij 's ochtends sproeien van het middel over de roosters.

Bekende nitrificatieremmers zijn DCD, Nytrapyrin (vooral in de USA), Piadin en Vizura. Toevoegen kort voor toedienen leidt tot een remming van de omzetting van ammonium naar nitraat, waardoor er minder risico is op uitspoeling van nitraat. De studie van Den Boer et al., 2012 geeft aan dat toepassing van nitrificatieremmers in het voorjaar, tot 20% hogere grasopbrengsten kan leiden. Onder droge omstandigheden is er vrijwel geen effect. De laatste decennia is er vooral interesse in de reductie van N₂O-emissie door inzet van deze producten. Toegevoegd aan mest zijn reducties van 50% mogelijk aangetoond in diverse onderzoeken, zoals heel recent (Peixoto & Petersen, 2023). Vizura is inmiddels opgenomen in de KringloopWijzer als maatregel om de N₂O-emissie te verminderen. De werkzame stof in Vizura, DMPP is ook aanwezig in Top flow Entec.

Fysische toevoegmiddelen; soorten en werking

Fysische toevoegmiddelen zijn producten (vaak kleimineralen) die ammonium uit mest kunnen adsorberen. Bekende voorbeelden zijn bentoniet- of zeoliet-kleimineralen. Bakker et al. (2020) noemen drie tot vier leveranciers die kleimineralen (mengsels) aanbieden (Active NS, Optizec-Zeolite, AMFA, Zeofarm Stable) en vier leveranciers van andere producten (Active NS, Triune, Biohumat, AMFA en Berkana) met een mogelijk fysisch (chemisch) werkingsprincipe. De belangrijkste claims van producenten zijn: minder NH₃-, CH₄- en geuremissies en minder NO₃-uitspoeling. Naast genoemde producten zijn nog andere producten op de markt zoals actieve zuurstof en FIR.

Kleimineralen

De groep zeolieten kent diverse subgroepen die zich onder andere onderscheiden in chemische samenstelling en daarmee ook sterk variëren in de bindings-/kationen-uitwisselingscapaciteit (CEC). Omgerekend naar ammonium kan potentieel 8 tot 32 g ammonium per kg zeoliet geadsorbeerd worden. Mest bevat ongeveer 2 kg ammonium per m³. Er zijn dus tientallen kg zeoliet nodig per m³ mest om 50% emissiereductie te bewerkstelligen. Een voorbeeld is het werk van Meisinger et al., (2001). Zij vonden 55% emissiereductie bij gebruik van 62,5 kg zeoliet per m³. Dat kan de toepassing duur maken, omdat zeoliet 200-350 € per ton kost, afhankelijk van type en hoeveelheid.

Active NS, een mengsel van 3 kleimineralen heeft een veel hogere effectiviteit. Volgens onderzoek (Lamkaddam, 2021) geeft 20 tot 45 gram per m³ varkensmest, tussen 16 en 38% emissiereductie. Het werkingsprincipe is vooral biologisch en beperkt fysisch. Ammonium (NH₄⁺) wordt geleidelijk omgezet naar organische gebonden N. Het is te koop van 12,5 € per kg. Gegevens voor rundveemest zijn er nog niet.

Overige producten

Ook organische stofvormen zoals actieve kool hebben een hoog adsorptievermogen voor ammoniak. Een product dat al lang op de markt is FIR of IMPACT. De huidige gebruikers verstrekken dit in geringe hoeveelheden aan het melkvee. In onderzoek dat rond 2000 is uitgevoerd, was er geen positief effect op de opbrengst of een vermindering van NH₃-emissie. Wel was er minder geuremissie. Het product Triune is vermoedelijk niet meer beschikbaar omdat het een niet biologisch afbreekbaar polymeer betreft, wat niet langer is toegestaan.

Biohumat bestaat uit geconcentreerde huminezuur verbindingen. Het wordt gebruikt in hoeveelheden van 5 liter per 100m³ mest. Het zou volgens de leverancier zorgen voor homogenere mest en een betere opname van nutriënten (Bakker et al.,2020). Wetenschappelijke onderbouwing ontbreekt.

AMFA is volgens de producent een oplossing van volledig natuurlijke mineralen in zuurstofrijk water. Er zouden stikstof-fosfaat verbindingen worden gevormd, waardoor er minder emissie en uitspoeling is. Op laboratoriumschaal zijn proeven uitgevoerd door Ettema et al. (2020). Er is 20-30% emissiereductie van ammoniak gemeten en 20-50% minder van CH₄-emissies. Vervolgonderzoek op proefstalschaal loopt/wordt opgestart. De hoeveelheid te doseren product is onduidelijk.

Van het product Berkana (2-3 kg per 100 m³ mest) bestaande uit magnesiumsulfaat, zijn geen onafhankelijke rapportages of wetenschappelijke onderzoeken beschikbaar die claims kunnen onderbouwen van minder schuimvorming, een beter stalklimaat, minder NH₃-emissies, homogenere mest, waardevollere mest en gezondere dieren. Het product bevat sulfaat. De vraag is of dat verstandig is met oog op het risico van sulfietvorming. Het product 'BioVital' (BVP-M) zou moeten leiden tot minder schuim- en koekvorming en stank, en een verhoogde bemestingswaarde omdat er meer stikstof in de mest blijft volgens de leveranciers. Wetenschappelijk gegevens ter onderbouwing ontbreken. De dosering bedraagt 1 kg per 100 m³ mest.

Het zout $MgCl_2$

Het toevoegen van $MgCl_2$ aan mest is relatief nieuw en nog volop in onderzoek. De werking van $MgCl_2$ berust op verschillende processen, zoals het verhogen van de zoutsterkte, waardoor de ionactiviteit van NH_4^+ en daarmee de dampdruk van NH_3 afneemt, van pH daling en mogelijk ook struvietvorming (waarin een deel van de NH_4^+ is vastgelegd).

Op [6 oktober 2023](#) zijn eerste resultaten kenbaar gemaakt tijdens een themamiddag op Dairy Campus. De proeven op Dairy Campus zijn gericht op het sproeien en vernevelen van het product in een bepaalde verdunning over stalvloeren, reducties tot 30% worden gemeld. Ook loopt er onderzoek naar het sproeien van $MgCl_2$ op de meststrook tijdens het zodenbemesten. In 2022 zijn reducties van 20 en 50% gemeten. Het onderzoek naar $MgCl_2$ wordt de komende jaren voortgezet met focus op lage doseringen om de aanvoer bemestingstechnisch inpasbaar te houden.

Biologische toevoegmiddelen; soorten en werking

Bakker et al. (2000) hebben van 15 biologische toevoegmiddelen geïnventariseerd in hoeverre de verwachte werking wetenschappelijk is onderbouwd, en een inschatting gemaakt van het aantal gebruikers van deze producten. Van één product is (wetenschappelijk) aangetoond dat het de NH_3 - en N_2O -emissie reduceert (Multikraft EM). Bij twee andere producten (Agrimestmix en Microferm & Pro mest) zijn de onderzoeksresultaten tegenstrijdig of zijn er kanttekeningen bij de onderzoeksopzet. Er zijn interviews gehouden met enkele afnemers van producten. Daaruit blijkt dat er meestal wel een duidelijke vermindering is in stank. Andere claims (minder NH_3 -emissie, betere opbrengst en bodemkwaliteit) werden niet bevestigd. Het ineffectief zijn is te verklaren: in (onbehandelde) mest komen per kg mest van nature miljarden bacteriën voor. De hoeveelheid toe te voegen micro-organismen en enzymen is, in verhouding tot de reeds aanwezige



aantallen, erg klein. De toegevoegde micro-organismen moeten daarom een bijzondere werking hebben, die de reeds aanwezige micro-organismen niet bezitten. Daarnaast moeten ze zich ook nog eens gemakkelijker kunnen vermeerderen, willen ze enig effect kunnen hebben. In de studie van Bussink et al. (2002) bleek uit het tot dan uitgevoerde internationale onderzoek, dat er vrijwel geen positieve effecten konden worden aangetoond van het toedienen van bacteriemengsels aan mest. In de recente studie van Bakker et al. (2020) zijn twee microbiologen geïnterviewd. Ook zij verwachten weinig effecten van het toevoegen van kleine hoeveelheden bacteriemengsels. De kosten van de producten variëren van 0,3 tot 3 € per m³ drijfmest (Bakker et al. 2020).

Een ander product op de markt is GierO2. De producent vermeldt dat de werking is gebaseerd op gestabiliseerde waterstofperoxide. Het zou de NH₃-emissie sterk verminderen en de nitrificatie van ammoniumstikstof in mest bevorderen. Van dit product zijn geen wetenschappelijk onderbouwde resultaten beschikbaar.

Active NS is een product dat bestaat uit een mengsel van kleimineralen heeft zowel een biologische als fysische werking (zie onder fysische producten) en reduceert o.a. de NH₃-emissie (Lamkaddam, 2021).

Referenties

- Amon B, Kryvoruchko V, Amon T & Moitzi G (2004). Ammonia, Methane and Nitrous Oxide Emissions During Storage of Cattle and Pig Slurry and Influence of Slurry Additive „Effective Micro-Organisms (EM)”. http://www.naturam.gr/lib_files/EFARMOGES/KTINOTROFIA/ALOGA/RinderSchweinefluessigmist_eng_01.pdf
- Bakker R, Klijberg S, Verhoeven M & Saaltink R(2020). Additieven voor dierlijke mest. HAS Kennistransfer en Bedrijfsopleidingen. 131 pp. Den Bosch.
- Bobrowski AB, Van Dooren HJ, Ogink N, Hagenkamp-Korth F, Hasler M & Hartung E (2021) Reduction of ammonia emissions by using a urease inhibitor in a mechanically ventilated dairy housing system. Biosystems Engineering. 204 p 115-129.
- De Bode M (1990). [AMMONIAKEMISSION-ONDERZOEK BIJ MENGMESTAANWENDING. - de invloed van F. I.R.](#)
- Lamkaddam IU, Blázquez E, Pelaz L, Llenas L, Ponsá S, Colón J, Vega E & Mora M (2021). *Application of ion-exchange-based additive to control ammonia emissions in fattening pig barns with slatted floors*. Environmental Technology & Innovation 22 101481.
- Ogink NVM & Melse RW (2020). Beoordeling mogelijke PAS maatregelen: plausibiliteit van werking AgriMestMix systeem. Wageningen Livestock Research, Rapport 1233.
- Peixoto L& Petersen SO (2023). Efficacy of three nitrification inhibitors to reduce nitrous oxide emissions from pig slurry and mineral fertilizers applied to spring barley and winterwheat in Denmark.
- [Sustainability | Free Full-Text | Cation Exchange of Natural Zeolites: Worldwide Research \(mdpi.com\)](#)
- Wang S & Peng Y (2010). Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment. Chem. Eng. J., 156, 11–24.

Dit artikel is het eerste in een reeks van vier over kennis van nieuwe mestproducten, gefinancierd door ZuivelNL.



Contact: Wim.Bussink@nmi-agro.nl