

Notitie 'Verdeling van beschikbare N uit drijfmest over het seizoen op grasland'

Jaap Schröder (WPR) en Jantine van Middelkoop (WLR)

Oktober 2016

Inleiding

Ongeveer de helft van de stikstof (N) in rundveedrijfmest is organisch gebonden. Voor varkensdrijfmest is dat ongeveer een derde (Den Boer et al., 2012). Deze organisch gebonden N moet worden afgebroken ('mineraliseren') om door gewassen te kunnen worden opgenomen. Volledige afbraak kan tientallen jaren kosten. Bij een langdurig voortgezet gebruik van eenzelfde hoeveelheid organische mest-N komen de jaarlijkse aanvoer en de geaccumuleerde 'staartjes' afbraak met elkaar in evenwicht. Omstandig bewijs hiervoor kan gevonden worden in het feit dat de hoeveelheden organische stof in Nederlandse landbouwbodems niet lijken te stijgen (Reijneveld et al., 2009). Sluijsmans & Kolenbrander (1976) namen op basis van laboratoriumproeven met verdund zwavelzuur aan dat de helft van de organisch gebonden N in rundveedrijfmest al gedurende het eerste jaar na het moment van toediening mineraliseert ('Ne') en de andere helft ('Nr') in de (vele) jaren daarna. Overeenkomstige waarden voor varkensdrijfmest bedragen tweederde ('Ne') en één derde ('Nr'). Op zichzelf is het begrijpelijk dat de mest van een met ruwvoer gevoede meermagige lastiger afbreekbaar is dan die van een éénmagige. Op basis van deze uitgangspunten berekende Lammers (1983) de eerstejaars N-werking van, onder meer, rundveedrijfmest en varkensdrijfmest.

Meer recent zijn een drietal veeljarige veldproeven met rundveedrijfmest uitgevoerd. Uit die proeven bleek dat gedurende het eerste jaar na toediening niet meer 10-33% van de organische N afbreekt, met 25% als aannemelijk gemiddelde (Schröder et al., 2005ab; -, 2007a). Een dergelijke afbraak is aanmerkelijk lager dan de 50% die Sluijsmans & Kolenbrander (1976) aannamen, maar komt meer overeen met wat in het buitenland bij het gebruik van mest van rundvee gevonden wordt (Schröder et al., 2005b; -, 2007b). In de jaren na het jaar van toediening wordt op basis van een schatting door Europese onderzoekers aangenomen dat 10-15%, 5-10%, 1-10% en 1-5% van de oorspronkelijke hoeveelheid toegediende organische N afgebroken wordt in, achtereenvolgens het tweede, het derde, het vierde en alle volgende jaren (Schröder et al., 2013). Dat betekent dat in de eerste vier jaren niet meer dan 40-60% van de toegediende organische N zal mineraliseren. Waar Sluijsmans & Kolenbrander (1976) aangaven dat de helft van de organische N in rundveemest binnen een jaar mineraliseert, lijkt dat volgens de jongste inzichten dus minimaal een jaar of vijf te duren.

Ten behoeve van een zo efficiënt mogelijke N-bemesting is het niet alleen belangrijk om te weten hoe de mineralisatie in elk van de jaren na toediening verloopt, maar ook hoe de mineralisatie binnen een seizoen verloopt. In Lammers (1983) wordt ook hiervan een schatting gemaakt. Daarbij wordt aangenomen dat de organische N in mest uit drie schijnbare pools bestaat met elk een bepaalde afbraakconstante (Tabel 1). Vanwege de hierboven beschreven gewijzigde inzichten in de mate van afbraak gedurende het eerste jaar, is de oorspronkelijke afbraakconstante van de grootste pool in rundveemest ten behoeve van deze notitie verlaagd van 0,095 naar 0,030. Om de afbraak afhankelijk te maken van temperatuur (te beginnen met die van de maand van toediening) wordt gebruik gemaakt van de Arrhenius temperatuur-correctie. De afbraak van een pool wordt vervolgens beschreven als:

N-mineralisatie gedurende maand M (*kg N/ha per maand*) = $N_{org} \times e^{(A \cdot k_n)}$ met:

Norg ($kg\ N/ha$): de (resterende) hoeveelheid organisch gebonden mest-N aan het begin van maand M;
 A, Arrhenius temperatuurcorrectie: $e^{(-9000*(1/(273+T)-1/283))}$ met T = gemiddelde etmaal temperatuur ($^{\circ}C$) in maand M;

k_n : de afbraakconstante ($maand^{-1}$) van pool n.

Tabel 1. Veronderstelde verdeling van de organische N in rundveemest en varkensmest en hun afbraakconstanten

Mestsoort	Pool n	Aandeel ($kg\ kg^{-1}$)	Afbraakconstante k ($maand^{-1}$)
Rundvee	1	0,62	-0,0300
	2	0,33	-0,0180
	3	0,05	-0,0013
Varkens	1	0,80	-0,1300
	2	0,17	-0,0080
	3	0,03	-0,0013

Tabel 2. Gemiddelde maandelijkse etmaaltemperatuur in De Bilt (1981-2010)

Maand	Temperatuur	Maand	Temperatuur
Januari	3,1	Juli	17,9
Februari	3,3	Augustus	17,5
Maart	6,2	September	14,4
April	9,2	Oktober	10,7
Mei	13,1	November	6,7
Juni	15,7	December	3,7

In combinatie met de gemiddelde maandelijkse etmaaltemperatuur (Tabel 2) kan vervolgens berekend worden welk percentage van een hoeveelheid toegediende organische N per maand beschikbaar komt, in afhankelijkheid van het moment van toediening (Tabel 3ab). Voor rundveemest geeft Figuur 1 hiervan een visualisatie.

Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen

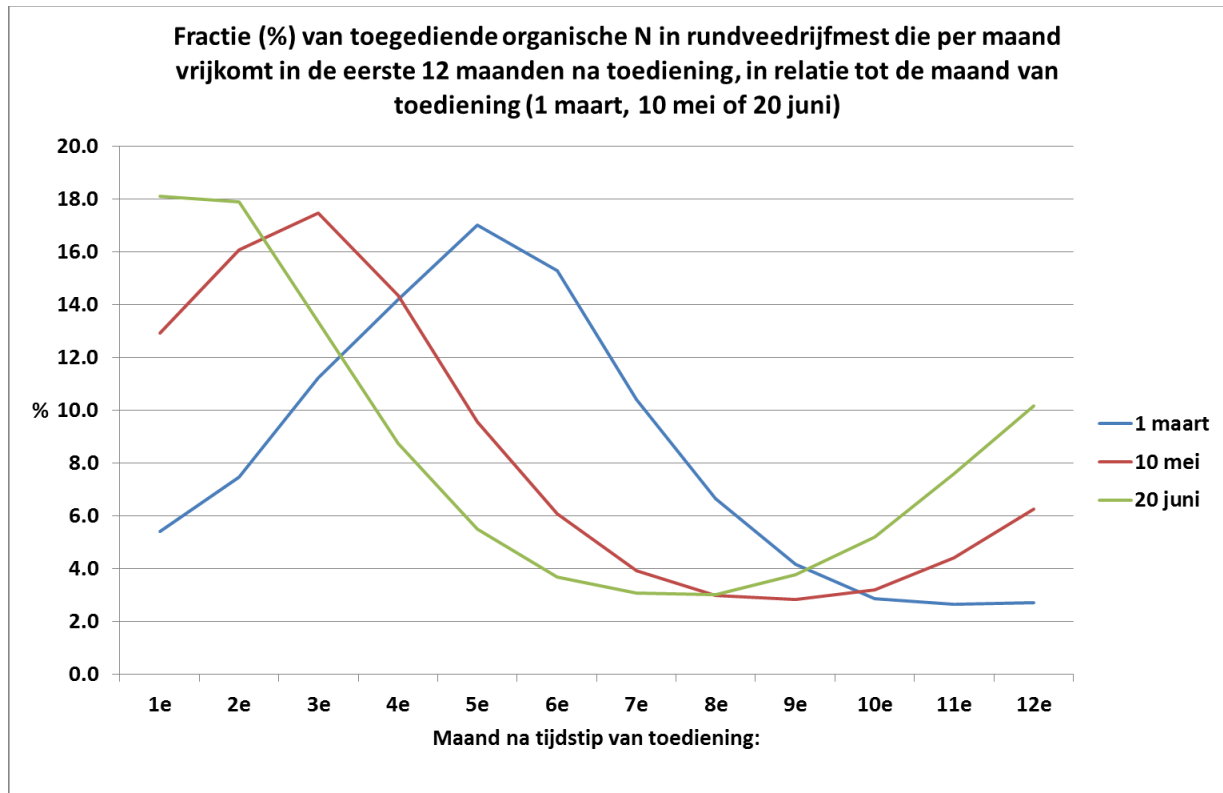
Tabel 3a. Fractie (%) van toegediende organische N in rundveemest die per maand vrijkomt in relatie tot het moment van toediening

	Moment van toediening:				
	1 maart	1 april	1 mei	1 juni	1 juli
1e maand	1,4	1,9	2,9	3,9	4,9
2e maand	1,9	2,9	3,7	4,6	4,4
3e maand	2,8	3,6	4,5	4,2	3,0
4e maand	3,6	4,4	4,0	2,8	1,9
5e maand	4,3	3,9	2,7	1,8	1,2
6e maand	3,9	2,7	1,7	1,1	0,8
7e maand	2,6	1,7	1,1	0,8	0,8
8e maand	1,7	1,1	0,8	0,7	0,8
9e maand	1,1	0,7	0,7	0,7	1,1
10e maand	0,7	0,7	0,7	1,0	1,5
11e maand	0,7	0,7	1,0	1,4	2,2
12e maand	0,7	0,9	1,3	2,1	2,8

Tabel 3b. Fractie (%) van toegediende organische N in varkensmest die per maand vrijkomt in relatie tot het moment van toediening

	Moment van toediening:				
	1 maart	1 april	1 mei	1 juni	1 juli
1e maand	6,5	9,1	13,6	17,5	21,5
2e maand	8,3	12,1	14,6	16,9	15,3
3e maand	11,1	13,0	14,2	12,1	8,5
4e maand	12,0	12,6	10,1	6,7	4,8
5e maand	11,6	9,0	5,7	3,8	2,7
6e maand	8,3	5,0	3,2	2,2	1,8
7e maand	4,7	2,8	1,8	1,4	1,6
8e maand	2,6	1,6	1,2	1,2	1,5
9e maand	1,5	1,1	1,0	1,2	2,0
10e maand	1,0	0,9	1,0	1,6	2,5
11e maand	0,9	0,9	1,3	2,0	3,4
12e maand	0,8	1,2	1,7	2,7	3,7

Figuur 1. Fractie (%) van toegediende organische N in rundveedrijfmest die per maand vrijkomt op grasland bij toediening op 1 maart, op 10 mei of op 20 juni



Een relevante vraag is of N die op enig moment beschikbaar komt of beschikbaar gesteld wordt, alleen ten goede komt aan de snede waarvoor de N is toegediend of ook aan volgende snedes. Een antwoord op die vraag geven, onder meer, de proeven beschreven in De Boer & Timmerman (2006), De Boer & Bloem (2010) en Schröder et al. (2007a). In De Boer & Timmerman (2006) en De Boer & Bloem (2010) zijn potproeven beschreven met respectievelijk varkensdrijfmest en rundveedrijfmest, zowel onbehandeld als co-vergist, beide in vergelijking met kunstmest N (KAS). Op de behandelingen werden gelijke hoeveelheden minerale N toegediend. In 2006 werden 3 sneden geoogst, in 2010 4 sneden. In beide potproeven bleek dat toediening kunstmest-N voor de eerste snede resulteerde in een sterke verhoging van de N-opname in de eerste snede en een lichte verhoging in volgende gerealiseerde sneden ten opzichte van een behandeling zonder N-bemesting. De exacte getalswaarden zijn echter moeilijk te vertalen naar veldomstandigheden. In Schröder et al. (2007a) bleek in vier achtereenvolgende jaren de N-opbrengst van de onbemeste laatste snede (of de onbemeste twee laatste snedes) positief te reageren op kunstmest-N die aan de bemeste vier (2002) of drie (2003-2005) voorgaande snedes was toegediend. Aannemende dat de residuaire N werking van kunstmest overeenkomt met een percentage van de uit een bepaalde gift resterende hoeveelheid N, kan berekend worden dat die residuaire N werking circa 25% bedroeg. Dat betekent dat van de hoeveelheid kunstmest die op enig moment gegeven werd, 75% ten goede kwam aan de eerstvolgende snede, $(100-75) \times 75\% = 18,8\%$ aan de daarop volgende snede, $(100-75-18,8) \times 75\% = 4,7\%$ aan de daarop volgende snede, enzovoort. Er is geen reden om aan te nemen dat de N die bij mineralisatie vrijkomt zich in dit opzicht niet op eenzelfde wijze gedraagt als kunstmest-N. Dat betekent dat de N-beschikbaarheid van N uit de organische fractie van mest niet alleen in verschillende snedes beschikbaar komt omdat de mineralisatie zich over

meerdere snedes uitstrekt (Tabel 3), maar ook omdat vrijgekomen N, net zoals kunstmest-N, aan meer snedes ten goede komt dan alleen de snede waarop de bemesting gericht geweest is. Dezelfde redenering is vanzelfsprekend van toepassing op dat deel van de mest-N dat meteen bij toediening al in minerale vorm aanwezig is (N_{min}).

In de "oude" systematiek van de N-werkingscoëfficiënt werd op basis van expert knowledge verondersteld dat een gift dierlijke mest vóór de eerste snede toegediend een hogere werking in de eerste snede heeft dan eenzelfde gift heeft op de eerstvolgende snede als de mest ná de eerste snede zou worden toegediend. De redenering hierbij was dat er bij toediening vóór de eerste snede meer groeidagen beschikbaar zijn tussen toediening en oogst. De meeste proeven waarin de N-werkingscoëfficiënten zijn bepaald, zijn echter uitgevoerd met mesttoediening in het vroege voorjaar. In Bruinenberg & Van Middelkoop (2004) wordt één proef beschreven waarin mest op twee tijdstippen is toegediend, in het voorjaar en in de zomer. Hier wordt geen verschil in N-werking gevonden. Daarom wordt in het huidige advies afgezien van een verschil in verdeling van de werking van de minerale N in afhankelijkheid van het moment van toediening.

Aannemende dat in een gemiddeld jaar geoogst wordt op, achtereenvolgens, 10 mei, 20 juni, 1 augustus, 10 september en 1 oktober, kan onder verwijzing naar het bovenstaande berekend worden dat de N-werking van drijfmest als volgt aan de achtereenvolgende snedes ten goede komt (Tabel 4a). Op basis van de gemiddelde verhouding van N_m en N_{org} zoals die op dit moment (2016) wordt aangehouden voor drijfmesten, kan ook de eerstejaarswerking en lange termijnwerking van N_m en N_{org} tezamen worden berekend (Tabel 4c).

Door de grote spreiding van N-werking in proefveldresultaten is het vrijwel onmogelijk om de waarden van de modelbenadering te vergelijken met experimentele gegevens. In de modelbenadering wordt bijvoorbeeld gerekend met een gemiddeld temperatuurverloop en neerslagpatroon. Het patroon dat de N-werking grotendeels in de eerste snede na toediening teruggevonden wordt en in de volgende sneden beduidend lager is, is echter duidelijk terug te vinden in veldproeven (Bruinenberg & Van Middelkoop, 2004). Gemiddeld over een aantal proeven was de verdeling van de N-werkingscoëfficiënt over snede 1 tot en met 5 respectievelijk 44-5-3-5-2 % van totaal N. In de eerder genoemde potproef onder geconditioneerde omstandigheden (vaste temperatuur en vochtvoorziening) met 29 verschillende partijen van onvergiste runderveedrijfmest is de N-werkingscoëfficiënt niet berekend maar kan uit de gegeven ANR berekend worden dat de werkingscoëfficiënt over snede 1 tot en met 4 respectievelijk 47-4-5-4 % van totaal N is (De Boer & Bloem, 2010).

Tabel 4a. Eerstejaars N-werking in achtereenvolgende snedes van de minerale N fractie (W_m , kg N per 100 kg toegediende N_m) van rundveedrijfmest in afhankelijkheid van de toedieningsmethode (emissiefactoren 19% en 26% bij, respectievelijk, zodenbemesting en sleepvoet), en de eerstejaars N-werking van de organische N fractie (W_{org} , kg N per 100 kg toegediende N_{org}) in afhankelijkheid van de toedieningsdatum.

Toedieningswijze of -tijdstip		Snedes na toediening:					
		1	2	3	4	5	totaal
Zodenbemesting	W_{min}	60.8	15.2	3.8	0.9	0.2	80.9
Sleepvoet	W_{min}	55.5	13.9	3.5	0.9	0.2	73.9

Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen

1 maart	Worg	3.2	4.0	5.1	4.9	2.5		19.7
10 mei	Worg	3.4	5.1	5.1	2.5	0.6		16.6
20 juni	Worg	4.5	5.1	2.7	0.7	0.2		13.1

*bij langdurig gebruik van rundveemest bedraagt de bijdrage van Norg aan de N-werking het viervoudige ($N_e = 0,25 \times N_{org} \leftrightarrow N_e \times 4 = N_{org}$) van de hier genoemde hoeveelheden

Tabel 4b,

Eerstejaars N-werking in achtereenvolgende snedes van de minerale N fractie (W_m , kg N per kg 100 toegediende N_m) van varkensdrijfmest in afhankelijkheid van de toedieningsmethode (emissiefactoren 19% en 26% bij, respectievelijk, zodenbemesting en sleepvoet), en de eerstejaars N-werking van de organische N fractie (Worg, kg N per 100 kg toegediende Norg) in afhankelijkheid van de toedieningsdatum.

Toedieningswijze of -tijdstip		Sne de na toediening:						
		1	2	3	4	5		totaal
Zodenbemesting	Wmin	60.8	15.2	3.8	0.9	0.2		80.9
Sleepvoet	Wmin	55.5	13.9	3.5	0.9	0.2		73.9
1 maart	Worg	13.9	15.0	15.5	11.3	5.1		60.8
10 mei	Worg	15.2	17.7	12.5	5.7	1.4		52.4
20 juni	Worg	17.0	13.9	6.6	1.6	0.4		39.6

*bij langdurig gebruik van varkensdrijfmest bedraagt de bijdrage van Norg aan de N-werking het anderhalfvoudige ($N_e = 0,667 \times N_{org} \leftrightarrow N_e \times 1,5 = N_{org}$) van de hier genoemde hoeveelheden

Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen

Tabel 4c. Eerstejaars N-werking en lange termijn N-werking (Wtot, kg per 100 kg toegediende Ntot) in achtereenvolgende snedes van Ntotaal van rundveedrijfmest (Nm/Ntot = 0,46) en varkensdrijfmest (Nm/Ntot = 0,52) in afhankelijkheid van de toedieningsmethode en -datum.

Mestsoort	Toedieningswijze	Termijn	Toedieningsdatum	Snedes na toediening:					Totaal
				1	2	3	4	5	
Rundveedrijfmest	Zodenbemesting	1 ^e jaar	1 maart	30	9	5	3	1	48
			10 mei	30	10	4	2	0	46
			20 juni	30	10	3	1	0	44
	Sleepvoet	1 ^e jaar	1 maart	27	9	4	3	1	45
			10 mei	27	9	4	2	0	43
			20 juni	28	9	3	1	0	41
Rundveedrijfmest	Zodenbemesting	Lang	1 maart	35	16	13	11	6	80
			10 mei	35	18	13	6	1	73
			20 juni	38	18	8	2	0	66
	Sleepvoet	Lang	1 maart	32	15	13	11	6	76
			10 mei	33	17	13	6	1	70
			20 juni	35	17	7	2	0	62
Varkensdrijfmest	Zodenbemesting	1 ^e jaar	1 maart	38	15	9	6	3	71
			10 mei	39	16	8	3	1	67
			20 juni	40	15	5	1	0	61
	Sleepvoet	1 ^e jaar	1 maart	36	14	9	6	3	68
			10 mei	36	16	8	3	1	64
			20 juni	37	14	5	1	0	57
	Zodenbemesting	Lang	1 maart	42	19	13	9	4	86
			10 mei	42	21	11	5	1	80
			20 juni	44	18	7	2	0	71
Zodenbemesting	Lang	1 maart	39	18	13	9	4	82	
		10 mei	40	20	11	5	1	76	
		20 juni	41	17	7	2	0	67	

Referenties*Rapporten*

- Bruinenberg, M.H. & J.C. van Middelkoop, 2004. Werking van stikstof uit runderdrijfmest. Praktijkrapport 43, Animal Sciences Group, Lelystad, 25 pp.
- Den Boer, D.J., J.A. Reijneveld, J.J. Schröder & J.C. van Middelkoop, 2012. Mestsamenstelling in Adviesbasis Bemesting. Rapport 1, Commissie Grasland en Voedergewassen, Lelystad, 24 pp.
- De Boer, H.C. & M. Timmerman, 2006. Stikstofopname door gras uit vijf co-vergiste varkensdrijfmesten in een geconditioneerde protproef. Praktijkrapport 19, Animal Sciences Group, Lelystad, 14pp.
- De Boer, H.C. & J. Bloem, 2010. Voorspelling van de bemestende waarde (N) van runderdrijfmest. Rapport 259, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, 21 pp.
- Lammers, H.W., 1983. Gevolgen van het gebruik van organische mest op bouwland. Consultantschap voor Bodemaangelegenheden in de landbouw, Wageningen, 44 pp.
- Schröder, J.J., D. Uenk & G.J. Hilhorst, 2007a. Bemestingswaarde en milieueffecten als functie van de verhouding van minerale en organische N-verbindingen in mest. Rapport 159, Plant Research International, Wageningen, 134 pp.
- Schröder, J.J., H. van Schooten, M. Bruinenberg & W. van Dijk, 2005a. De stikstofwerkingscoëfficiënt van organische mest op maisland; Berkendijk 1988-2002. Rapport 101, Plant Research International, Wageningen, 19 pp.

Journal papers

- Reijneveld, A., J. van Wensem & O. Oenema, 2009. Soil organic carbon contents of agricultural land in the Netherlands between 1984 and 2004. *Geoderma* 152: 231-238.
- Schröder, J.J., A.G. Jansen & G.J. Hilhorst, 2005b. Long term nitrogen fertilizer value of cattle slurry. *Soil Use and Management* 21, 196-204.
- Schröder, J.J., D Uenk, & G.J. Hilhorst, 2007b. Long-term nitrogen fertilizer replacement value of cattle manures applied to cut grassland. *Plant & Soil* 299: 83-99.
- Schröder, J.J., L. Bechini, S. Bittman, M. Brito, S. Delin, S. Lalor, T. Morvan, B. Chambers, R. Sakrabani & P. Sørensen, 2013. Residual N effects from livestock manure inputs to soils. In: *Proceedings 15th International Ramiran Conference, Versailles, France, 3-5 June 2013*.
- Sluijsmans, C.M.J. & G.J. Kolenbrander, 1976. De stikstofwerking van stal mest op korte en lange termijn. *Stikstof* 7(83/84): 349-354.