

Mineralisatie van bodem en mest, een indicator op basis van (bio) chemische parameters

Mineralisatie van bodem en mest, een indicator op basis van (bio) chemische parameters

K. Zwart

Alterra-rapport 741

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2003

REFERAAT

Zwart, K., 2003. *Mineralisatie van bodem en mest, een indicator op basis van (bio) chemische parameters*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 741. 35 blz.; 10 fig.; 8 tab.; .7 ref.

Van vijf verschillende bodemparameters is de geschiktheid als mineralisatie-indicator onderzocht. Daarbij is gebruik gemaakt van twee verschillende experimenten met maïs en gras op de proefboerderij de Marke. Van de maïsproef werd de verwachting dat de verschillende behandelingen hadden geleid tot een verschil in mineralisatie, niet bevestigd. Bij de grasproef werd de verwachting dat de uitangssituatie voor alle behandelingen gelijk was wel bevestigd. Berekeningen met XCLNCE, een eenvoudig model voor bodem-organische stof lieten zien dat de kans op een statistisch betrouwbaar effect van de verschillende behandelingen in de maïsproef ook niet erg groot was. N-totaal de beste relatie met de gemeten mineralisatie, tenminste, als de range tussen lage en hoge N-totaal gehalten groot genoeg was. Blijkbaar is dat een voorwaarde voor deze mineralisatie-indicator. Dat wordt nu nader onderzocht, maar als dat klopt, is hij niet erg gevoelig.

Trefwoorden: Bodem, mineralisatie, mineralisatieschatter, XCLNCE

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €13,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 741. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2003 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info@alterra.nl

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

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Methodiek	13
2.1 Experimentele omstandigheden.	13
2.2 Mineralisatiemetingen	14
2.3 Statistische analyse	16
3 Resultaat	17
3.1 Maïsproef	17
3.1.1 Samenstelling bodem	17
3.1.2 Mineralisatie	20
3.2 Grasproef	20
3.2.1 Samenstelling bodem	20
3.2.2 Verloop van de N-mineralisatie	22
3.3 Relatie tussen mineralisatie en een aantal bodemparameters	23
3.3.1 N-mineralisatie	24
3.3.2 C-mineralisatie	28
4 Conclusies	29
4.1 bodemsamenstelling	29
4.1.1 maïsproef	29
4.1.2 grasproef	29
4.2 mineralisatieindicator	29
5 Algemene discussie	31
6 Aanbevelingen:	33
Referenties	35
Bijlage 1 Schema maïsproef en grasproef	36

Woord vooraf

Algemeen wordt onderkend dat mineralisatie van organische stikstofverbindingen van groot belang is binnen het landbouwkundig handelen. Zowel in positieve zin doordat mineralisatie bijdraagt aan de nutriëntenvoorziening van planten, als in negatieve zin, doordat de stikstof die vrijkomt bij mineralisatie kan uitspoelen op momenten dat er geen gewas op het veld staat. Voor de beide kanten van het proces zou het prettig zijn indien er een eenvoudige bodemparameter was, waarmee de omvang van de mineralisatie kan worden geschat, en dan het liefst één die zowel geldt voor mineralisatie van de organische stof in de bodem als voor mest en gewasresten.

De zoektocht naar een dergelijke schatter vormt onderdeel van het onderzoekprogramma Mest en Mineralen (DWK 398-I), dat gefinancierd wordt door het Ministerie van Landbouw Visserij en Natuur.

Samenvatting

Van diverse bodemparameters is onderzocht of ze geschikt zijn om als indicator voor de mineralisatie te dienen door de relatie tussen die parameters en de gemeten mineralisatie te bepalen. Daarvoor is gebruik gemaakt van twee verschillende experimenten op de proefboerderij de Marke (Hengelo, G), een proef met maïs en een proef met gras als gewas. De maïsproef kreeg verschillende hoeveelheden drijfmest vanaf 1997 en de grasproef, die in 2002 is gestart, krijgt verschillende soorten mest gedurende 0-4 jaar vanaf 2002. Van de maïsproef werd dus min of meer de eindsituatie geanalyseerd en van de grasproef de beginsituatie. Van de maïsproef werd verwacht dat de verschillende behandelingen hadden geleid tot een verschil in mineralisatie, terwijl bij de grasproef de verwachting was dat de uitgangssituatie voor alle behandelingen gelijk was.

Het eerste werd niet bevestigd. De gemeten mineralisatie in de maïsproef was statistisch gezien niet verschillend bij de verschillende behandelingen. In de grasproef kon de verwachting worden bevestigd, in de uitgangssituatie was de gemeten situatie voor alle behandelingen dezelfde.

Berekeningen met een eenvoudig model voor bodem-organische stof (XCLNCE) lieten zien dat de kans op een statistisch betrouwbaar effect van de verschillende behandelingen in de maïsproef ook niet erg groot was. De verschillen na 6 jaar zijn kleiner dan de LSD. Ook voor de grasproef gold dat de kans gering is dat de aangelegde varianten over 4 jaar zullen leiden tot statistisch betrouwbare verschillen in bodemparameters.

Er was geen duidelijke relatie tussen de gemeten mineralisatie en de onderzochte bodemparameters (N-totaal, N-hot KCL, oplosbaar N-organisch (DON) of oplosbaar C-organisch (DOC), of de microbiële biomassa) binnen de bodemlagen 0-30 cm en 30-60 cm. Die met N-totaal gaf nog de beste resultaten met een percentage verklaarde variantie van bijna 60%, tenminste, als beide bodemlagen tezamen werden geanalyseerd. Door beide bodemlagen gelijktijdig te analyseren werd de range tussen lage en hoge N-totaal gehalten groot genoeg, binnen dezelfde bodemlaag waren de verschillen te gering om een betrouwbare correlatie te vinden.

Om binnen een bodemlaag een goede relatie te vinden moet dus waarschijnlijk gezocht worden naar vrij ver uit elkaar liggende situaties voor N-totaal (plus eventueel OS, DON, DOC, etc). Dat wordt nu nader onderzocht, maar als dat wordt bevestigd moet tevens worden geconcludeerd dat een dergelijke parameter niet erg gevoelig is.

1 Inleiding

In het DWK-onderzoekprogramma Mest en Mineralen (DWK-398) wordt o.a. onderzocht of er een eenvoudige en betrouwbare schatter gevonden kan worden voor het bepalen van de stikstof en koolstofmineralisatie vanuit de bodem en vanuit gewasresten en organische bemesting. Mineralisatie van organische stof is een belangrijke bodemeigenschap: via dit proces wordt vanuit de mest zelf als vanuit de organische stof die in de bodem aanwezig is een deel van de voor gewassen noodzakelijke stikstof (en andere voedingsstoffen) geleverd. Daarnaast is er een aantal bodemfysische eigenschappen als vochtretentie en CEC die, zeker op zandgronden, sterk samenhangen met het gehalte aan organische stof. Een zo goed mogelijke schatting van de mineralisatie kan dan behulpzaam zijn voor een optimaal bemestingsadvies en voor een advies voor het behoud van de bodemvruchtbaarheid, voor zover het organische stof betreft. Maar ook voor een beter inzicht in de processen die belangrijk zijn bij de uitspoeling van stikstof is kennis over de mineralisatie van belang. Zo is het te verwachten dat bemesting met verschillende soorten en hoeveelheden organische mest, zal leiden tot een verandering van de mineralisatie. Dit kan enerzijds een betere beschikbaarheid voor het gewas tot gevolg hebben, maar kan anderzijds ook leiden tot het beschikbaar komen van minerale stikstof in perioden van een geringe gewasgroei. Doordat dan de opname laag is wordt het risico van uitspoeling groter. Dit laatste aspect zal vooral voorkomen op de uitspoelingsgevoelige zandgronden, die een groot deel van de Nederlandse land- en tuinbouw omvatten.

Er zijn nationaal en internationaal diverse methoden ontwikkeld om de mineralisatie vanuit mest en bodemorganische stof te schatten. Naast incubatiestudies onder laboratoriumcondities zijn er veldmetingen die gebruik maken van ingegraven buisjes waarin de toename van N-mineraal in de tijd wordt geregistreerd. Verder zijn er bio-toets methoden, waarbij op onbemeste plots de stikstofopname door gewassen wordt gemeten en wordt aangenomen dat het grootste deel van die stikstof het gevolg is van mineralisatie. Ook zijn er afgeleide indicatoren voor mineralisatie ontwikkeld die gerelateerd zijn aan betrekkelijk gemakkelijk meetbare bodemparameters. Te denken valt aan methoden waarbij gebruik wordt gemaakt van extractie van de mineraliseerbare stikstof, oplosbaar organisch koolstof of stikstof (DOC of DON). Tenslotte bestaat de mogelijkheid om de (microbiële) biomassa en/of activiteit te gebruiken als schatter voor de mineralisatie.

In het deelproject mineralisatiemetingen van DWK-398-II wordt getracht een schatter te vinden voor de mineralisatie vanuit mest en vanuit de bodemorganische stof. Daarbij wordt de mineralisatie bepaald door middel van de incubatiemethode en wordt vervolgens via regressieanalyse onderzocht of bepaalde bodemparameters gecorreleerd kunnen worden aan deze mineralisatie. De bodemparameters die werden onderzocht zijn

C- en N- totaal, DON, DOC, NH₄-N die vrijkomt bij een bodemextractie met 1M KCl bij een temperatuur van 100 °C en een schatting van de microbiële biomassa.

In deze rapportage worden de experimenten beschreven waarin de metingen plaatsvinden, plus de gevolgde methoden van mineralisatiemetingen en de resultaten van de metingen in 2002. De resultaten van de mineralisatie van de mest zijn nog niet bekend en zullen daarom later worden gerapporteerd.

2 Methodiek

2.1 Experimentele omstandigheden.

De metingen van 2002 vonden plaats binnen twee proeven van de proefboerderij De Marke, Hengelo (G). In experiment 1 is het effect van verschillende terughoudende bemestingstrategieën op de opbrengst van maïs onderzocht en aan het eind van dat experiment wordt nu het effect van de bemesting op de mineralisatie geschat (maïsproef). De maïsproef startte in 1997 met een bemesting met een hoge en een gemiddelde en een lage stikstofbemesting met dunne rundveemest (drm) en een controle die geen drm kreeg. In het huidige onderzoek wordt alleen het effect van de controle en de hoogste drm-gift geanalyseerd. In 2000 is de proef in twee delen gesplitst, zodat de helft van de controle verder ook 240 kg N uit drm kreeg en de helft van de hoogste drm bemesting verder geen drm meer kreeg (Tabel 1). Ook die effecten worden geanalyseerd. Een uitvoerige beschrijving van de proef en van de opbrengstresultaten is te vinden in Schröder et al (in prep).

Tabel 1 De verschillende N-bemestingen met dunne rundveemest (kg N per ha per jaar) van de maïsproef

Behandeling	Periode 1997-1999	Periode 2000-2002
1	0	0
2	240	0
3	0	240
4	240	240

In experiment 2 wordt het effect van verschillende mestsoorten en een verschillende toedieningsduur op de grasopbrengst en kwaliteit en de bodemvruchtbaarheid onderzocht (grasproef).

De verschillende behandelingen van de grasproef staan in Tabel 2. In 2002 zijn de veldjes onderzocht die in dat jaar geen dierlijke mest hebben gekregen (de uitgangssituatie). Deze veldjes vormen elk onderdeel van een blok dat een bepaalde mestsoort krijgt toegediend en naar die behandeling worden ze verder vernoemd. Dus als in de rest van de tekst over de grasproef sprake is van bijvoorbeeld behandeling 1, vaste stalmest, dan behoren die veldjes tot het blok vaste stalmest. Ze hebben in 2002 zelf geen mest gekregen, maar dienden voor de beoordeling van de uitgangssituatie.

Een meer uitgebreide beschrijving van de experimenten van de grasproef kan worden gevonden in (Schröder et al, 2002a &b).

De plattegronden van de proefvelden en de bemonsterde veldjes van de maïsproef en de grasproef zijn bijgeleverd in Bijlage 1.

De geel gemarkeerde veldjes zijn bemonsterd voor de lagen 0-30 cm en 30-60 cm in het najaar van 2002.

Tabel 2. De verschillende behandelingen van de grasproef

Behandeling	bemesting
1	vaste rundveemest, oppervlakkig toegediend
2	NH ₃ -arme rundveedrijfmest, oppervlakkig toegediend
3	NH ₃ -arme rundveedrijfmest, zodebemesting
4	gangbare rundveedrijfmest, zodebemesting
5	vergiste gangbare rundveedrijfmest, zodebemesting
6	kunstmest

2.2 Mineralisatiemetingen

De veldjes werden bemonsterd na de teelt van 2002 (half oktober) in de lagen 0-30 cm en 30-60 cm. Na homogenisatie van het bodemmonster werd de mineralisatie in verse grond bepaald.

A. Stikstof

1. Bodem

De mineralisatie vanuit de bodemorganische stof is bepaald door middel van de incubatiemethode. Hierbij werd 100 g (ds) veldvochtige grond geïncubeerd bij 20 °C gedurende 0, 2, 6 en 12 weken in zuurstofdoorlatende polyethyleen zakjes. Na afloop van de incubatie werd de hoeveelheid minerale en totale stikstof gemeten in een 0.01 M CaCl₂ extract. Deze (potentiële) stikstofmineralisatie is uitgedrukt in mg N-mineraal geproduceerd per kg droge grond per week.

Deze potentiële stikstofmineralisatie is vergeleken met een aantal bodemvariabelen:

- totaal organische koolstofgehalte (C-tot)
- totaal organisch N-gehalte (N-tot)
- de hoeveelheid minerale stikstof die geëxtraheerd kan worden met 1M KCl in een waterbad van 100 °C (hot KCl, Gianello and Bremner, 1986)
- het gehalte oplosbare organische koolstof (DOC) en organische stikstof (DON) in 0.01 M CaCl₂ extracten.

2. mest

De stikstofmineralisatie uit de mest is bepaald door een bepaalde hoeveelheid mest toe te voegen aan verse grond (ca 2 g ds per kg droge grond). Dit mengsel werd vervolgens op dezelfde wijze behandeld als hierboven beschreven voor grond. De N-mineralisatie is vergeleken met de hoeveelheid N in hot KCl-extracten van de mest. Uit eerdere experimenten was gebleken dat de hoeveelheid minerale stikstof die in de dunne mestsoorten aanwezig was zo hoog was, dat de incubatiemethode problemen kon geven. De hoeveelheid minerale N die op t₀ aan de grond werd toegediend was dan zo hoog dat enerzijds een extra toename moeilijk te meten was en anderzijds er minerale stikstof kon verdwijnen als gevolg van denitrificatie. Uit de eerste resultaten van de extractie met hot KCl bleek bovendien dat er in die extracten niet meer minerale N geëxtraheerd kon worden dan er oorspronkelijk al in de mest aanwezig was, dus ook daar speelde de hoge achtergrondconcentratie van

(ammonium) N parten. Om deze redenen is in overleg met de algemeen projectleider het volgende besloten. Het grootste deel van de ammonium-N uit de mest werd verwijderd. De dunne mesten werden eerst gecentrifugeerd bij 10000 * g gedurende 40 minuten. De bovenstaande vloeistof met daarin het grootste deel van de opgeloste ammonium-N werd voorzichtig verwijderd en het pellet, met daarin het grootste deel van de organische stikstof werd gebruikt voor de incubatieproeven. De stikstofmineralisatie vanuit de vaste fractie van de mest (mg N per kg mest per week) werd vergeleken met de hoeveelheid minerale N die uit de vaste fractie kon worden geëxtraheerd met hot KCl.

B. Koolstof

1. Bodem

De koolstofmineralisatie vanuit de bodemorganische stof (OS-afbraak) is gemeten door ca 100 g (ds) verse grond te incuberen in een serumfles die was afgesloten met een luchtdoorlatende folie bij 20 °C gedurende 0, 2, 6 en 12 weken. Op t = 0 werd de serumfles gespoeld met lucht en daarna afgesloten. De hoeveelheid CO₂ die daarna werd geproduceerd gedurende twee uur werd gemeten met een gasmonitor. De fles werd vervolgens teruggeplaatst in de incubatieruimte en de procedure werd herhaald op t = 2, 6 en 12 weken. De hoeveelheid gevormde CO₂ werd omgerekend naar mg C geproduceerd per kg grond per dag. De C-mineralisatie werd gerelateerd aan de volgende bodemvariabelen:

- C-tot
- N-tot
- DOC
- DON

2. Mest

De koolstofmineralisatie vanuit de vaste fractie van de dunne mest en van de vaste mestsoort is bepaald door een hoeveelheid hiervan (ca 2 g ds per kg droge grond) toe te dienen grond en goed te mengen. Het incubatiemengsel werd vervolgens op dezelfde wijze behandeld als de grond voor koolstofmineralisatie en ook de CO₂ metingen werden op dezelfde wijze uitgevoerd.

C. Microbiële biomassa

De microbiële biomassa (bacteria en schimmels) is bepaald met de methode volgens Bloem et al. (1995, 2003). Een kleine bekende hoeveelheid grond werd gemengd met een buffer tot een dunne suspensie, die werd aangebracht op een microscoopglasje. De suspensie werd behandeld met een fluorescerend middel, waarna het bacterieaantal en volume en de lengte van de schimmel hyphen werd vastgesteld met behulp van een confocale laser scan microscoop. Vanuit deze metingen werd de biomassa van beide populaties berekend.

2.3 Statistische analyse

Het effect van de verschillende varianten op de bodemsamenstelling en de mineralisatie is bepaald behulp van variantieanalyse met Genstat 6.0 met bemesting en bodemlaag als behandelingen. De relatie tussen de gemeten mineralisatie en de verschillende bodemvariabelen is vastgesteld met de lineaire regressiefunctie van hetzelfde pakket.

3 Resultaat

3.1 Maïsproof

3.1.1 Samenstelling bodem

De chemische samenstelling van de bodem van de verschillende behandelingen is weergegeven in Tabel 3. De resultaten van de ANOVA zijn samengevat in Tabel 4. De gemiddelde gehalten per bodemlaag zijn weergegeven in figuur 1.

Tabel 3 Bodemeigenschappen van de **grasproef** gemiddelden per variant en bodemlaag en LSD's. A, Totaal C en N; B, DOC en DON; C, N-mineraal en N-hot KCl; D, mineralisatiesnelheid parameters; E, N-mineralisatie en bacteriële biomassa

A		Total C g per kg		Total N g per kg	
Mestsoort	0-30	30-60	0-30	30-60	
1	21.40	13.82	1.028	0.445	
2	22.99	14.54	1.071	1.494	
3	22.83	10.25	1.193	0.429	
4	23.99	10.74	1.090	0.376	
5	22.26	10.44	1.079	0.425	
6	23.10	10.28	1.163	0.409	
LSD mestsoort	4.668		0.2088		
LSD laag	2.695		0.1206		

B		DOC mg per kg		DON mg per kg	
Mestsoort	0-30	30-60	0-30	30-60	
1	50.2	42.0	3.05	1.88	
2	50.2	45.1	2.98	1.98	
3	57.5	46.1	3.55	2.17	
4	55.8	47.7	3.75	2.48	
5	46.1	46.0	2.7	2.15	
6	51.8	43.6	3.25	1.88	
LSD mestsoort	9.48		0.882		
LSD laag	5.47		0.509		

C		N-min mg per kg		N-NH4 hot KCl mg per kg	
Mestsoort	0-30	30-60	0-30	30-60	
1	11.08	2.25	21.62	7.56	
2	9.95	3.67	17.79	9.39	
3	15.68	2.77	22.22	5.78	
4	13.57	3.57	22.30	7.46	
5	9.95	3.08	18.35	7.83	
6	10.45	5.28	18.00	6.8	
LSD mestsoort	3.864		5.479		
LSD laag	2.220		3.163		

Vervolg tabel 3

D	kC per dag (*1000)		kN per dag (*1000)	
Mestsoort	0-30	30-60	0-30	30-60
1	1.078	1.951	0.372	0.249
2	1.058	1.463	0.339	0.256
3	1.108	1.938	0.433	0.260
4	0.987	1.829	0.286	0.297
5	1.067	1.892	0.350	0.269
6	0.999	1.891	0.325	0.228
LSD mestsoort	0.2616		0.1169	
LSD laag	0.1511		0.0675	

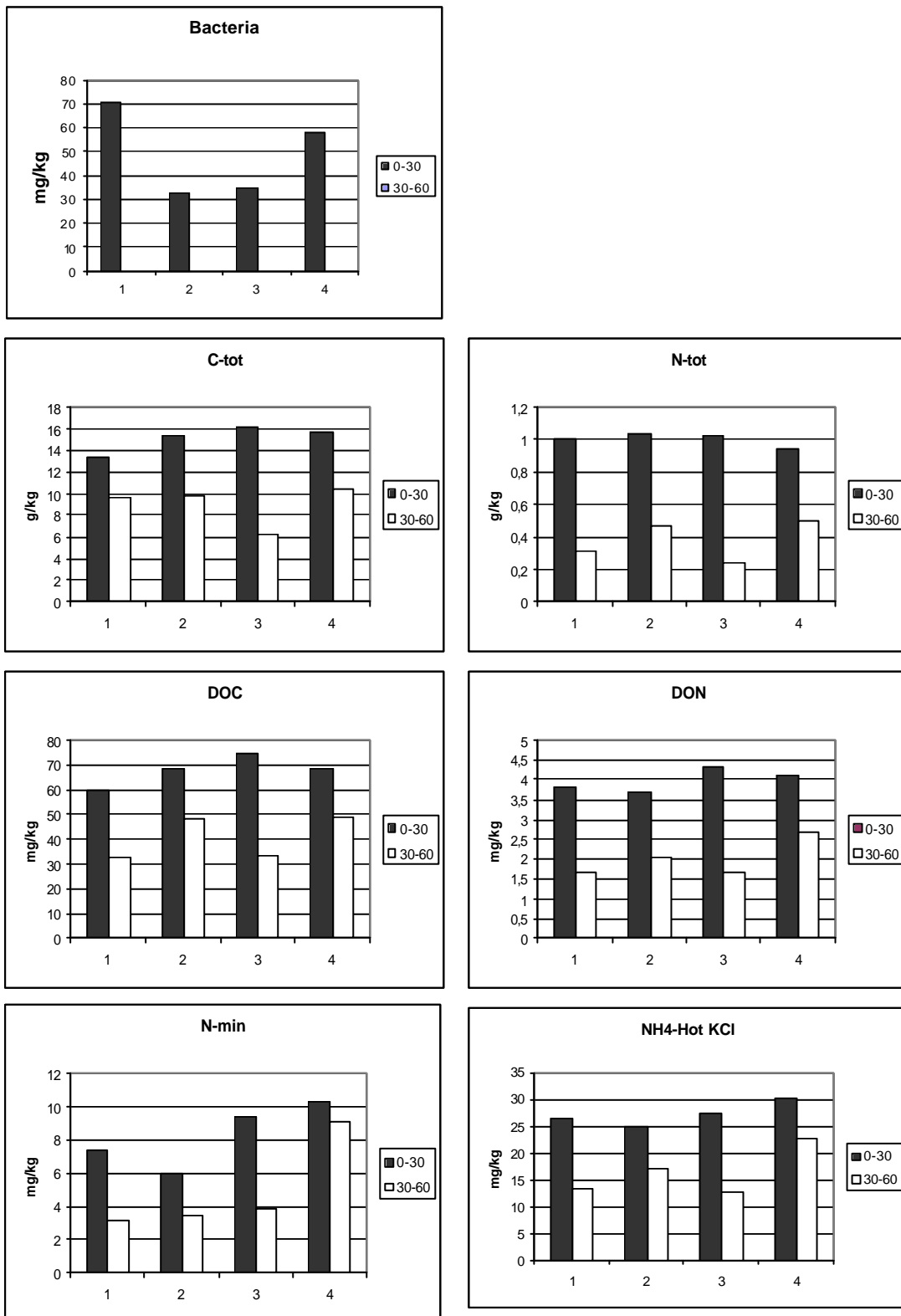
E	N-mineralisatie mg per kg (12 weken)		Bacterie biomassa ug per kg	
Mestsoort	0-30	30-60	0-30	30-60
1	32.1	8.1	31.6	niet bepaald
2	28.9	10.7	43.4	
3	41.6	8.5	27.8	
4	28.5	8.7	55.8	
5	31.8	9.5	72.8	
6	31.6	7.2	53.0	
LSD mestsoort	7.45		12.98	
LSD laag	4.30			

Tabel 4. Samenvatting van de resultaten van de ANOVA van de maisproef, ns, geen significant effect

Variabele	Bemesting	Bodemlaag	Bemesting x Bodemlaag
C-totaal	ns	p<0.001	ns
N-totaal	ns	p<0.001	ns
N-min CaCl ₂	p = 0.049	p = 0.015	ns
DOC	p = 0.016	p<0.001	p = 0.036
DON	ns	p<0.001	ns
NH ₄ -hot KCl	ns	p<0.001	ns
bacteria biomassa	p = 0.002	nt	nt
C-mineralisatie	ns	p<0.001	ns
N-mineralisatie	ns	p<0.001	ns
kC	ns	p<0.001	ns
kN	ns	p<0.001	ns

Voor de meeste gemeten parameters werd geen hoofdeffect van de bemesting gevonden, behalve voor de bacterie biomassa (zie verderop). Dit betekent dus dat er, voor wat betreft deze bodemparameters met uitzondering van het bacteria, geen onderscheid te maken valt tussen de veldjes met de hoogste en die met de laagste bemesting.

Er was wel een significant effect van de bodemlaag op een groot aantal parameters, in de meeste gevallen was het gehalte of de activiteit hoger in de laag 0-30. Tussen bemesting en de bodemlaag bestonden geen significante interacties.



Figuur 1. Gemiddelde samenstelling van de bodem van de grasproef voor de lagen 0-30 en 30-60 cm. Let op de mogelijke verschillen in eenheden op de Y-as (Voor LSD's zie Tabel 3)

3.1.2 Mineralisatie

Er is geen verschil in koolstofmineralisatie tussen de verschillende behandelingen, de activiteit in de bovenlaag is hoger dan die in de onderlaag ($p < 0.001$). De fractie van de C-tot die per tijdseenheid verdwijnt kC is echter hoger in de laag 30-60.

De stikstofmineralisatie is duidelijk hoger in de varianten die de laatste jaren de meeste mest kregen, maar alleen voor variant 4 is het verschil statistisch significant. De N-mineralisatie in de bovenlaag is duidelijk en significant hoger dan die in de onderlaag. Alleen de fractie organische N die per tijdseenheid verdween door mineralisatie (kN) was hoger in de laag 30-60.

Op basis van de gekozen parameters is dus geen verschil te ontdekken in de samenstelling en (biologische) activiteit van de bodem tussen de verschillende varianten van de maïsproef. In de algemene discussie wordt ingegaan op de mogelijke oorzaak hiervan.

3.2 Grasproef

3.2.1 Samenstelling bodem

De samenstelling van de bodem van de grasproef is weergegeven in Tabel 5. De variantieanalyse van de (uitgangssituatie) van de grasproef (Tabel 6) liet zien dat er op basis van de samenstelling van de bodem geen verschil bestond tussen de verschillende behandelingen, behalve voor de bacterie biomassa. Dit effect kon nergens duidelijk aan worden toegeschreven. Tussen de bovenlaag en de onderlaag bestond voor de meeste parameters een significant verschil. In principe is dit een goed resultaat. Het laat zien dat de verschillende veldjes statistisch gezien gelijk zijn. Het gemiddelde verschil tussen de laag 0-30 en 30-60 cm van een aantal parameters is weergegeven in Figuur 1

Tabel 5. Bodemeigenschappen van de **maïsproef** gemiddelden per variant en bodemlaag en LSD's. A-E, zie tabel 3

A	Ctot g per kg		Ntot g per kg	
	0-30	30-60	0-30	30-60
Mestsoort				
1	13.45	9.55	1.011	0.310
2	15.31	9.86	1.036	0.469
3	16.25	6.22	1.021	0.240
4	15.73	10.49	0.946	0.501
LSD mestsoort	4.036		0.1973	
LSD laag	2.854		0.1395	

Vervolg tabel 5

B	DOC mg per kg		DON mg per kg	
Mestsoort	0-30	30-60	0-30	30-60
1	59.8	32.6	3.80	1.67
2	68.2	48.5	3.70	2.02
3	74.7	33	4.35	1.68
4	68.6	48.9	4.12	2.70
LSD mestsoort	8.27		0.717	
LSD laag	5.85		0.507	

C	N-min mg per kg		N-NH4 hot KCl mg per kg	
Mestsoort	0-30	30-60	0-30	30-60
1	7.42	3.17	19.61	9.18
2	5.98	3.45	19.36	13.25
3	9.38	3.88	19.16	7.92
4	10.28	9.15	18.48	12.91
LSD mestsoort	1.824		2.266	
LSD laag	1.281		1.603	

D	kC per dag (*1000)		kN per dag (*1000)	
Mestsoort	0-30	30-60	0-30	30-60
1	1.88	1.84	0.384	0.830
2	1.26	1.98	0.284	0.485
3	1.48	2.56	0.283	0.711
4	1.24	1.88	0.293	0.147
LSD mestsoort	0.367		0.2111	
LSD laag	0.260		0.1493	

E	N-mineralisatie mg per kg (12 weken)		Bacterie biomassa ug per kg	
Mestsoort	0-30	30-60	0-30	30-60
1	2.27	0.82	70.5	niet bepaald
2	1.5	-0.26	32.5	
3	1.65	0.00	34.8	
4	1.79	0.10	58.2	
LSD mestsoort	0.664		18.36	
LSD laag	0.496			

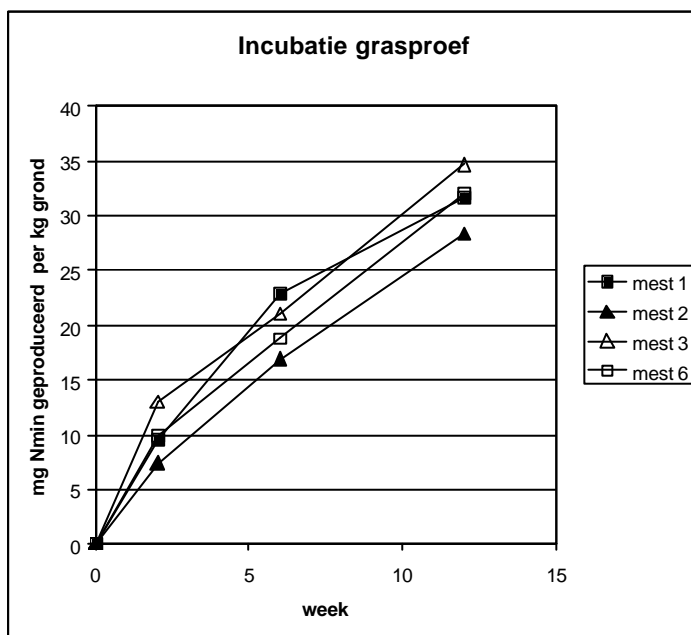
Tabel 6. Samenvatting van de resultaten van de ANOVA van de grasproef, ns, geen significant effect

Variabele	Bemesting	Bodemlaag	Bemesting x Bodemlaag
C-totaal	ns	p<0.001	ns
N-totaal	ns	p<0.001	ns
N-min CaCl ₂	ns	p<0.001	ns
DOC	ns	p = 0.016	ns
DON	ns	p<0.001	ns
NH4-hot KCl	ns	p<0.001	ns
bacteria biomassa	p < 0.001	nt	nt
C-mineralisatie	ns	p<0.001	ns
N-mineralisatie	ns	p<0.001	ns
kC	ns	p<0.001	ns
kN	ns	p = 0.01	ns

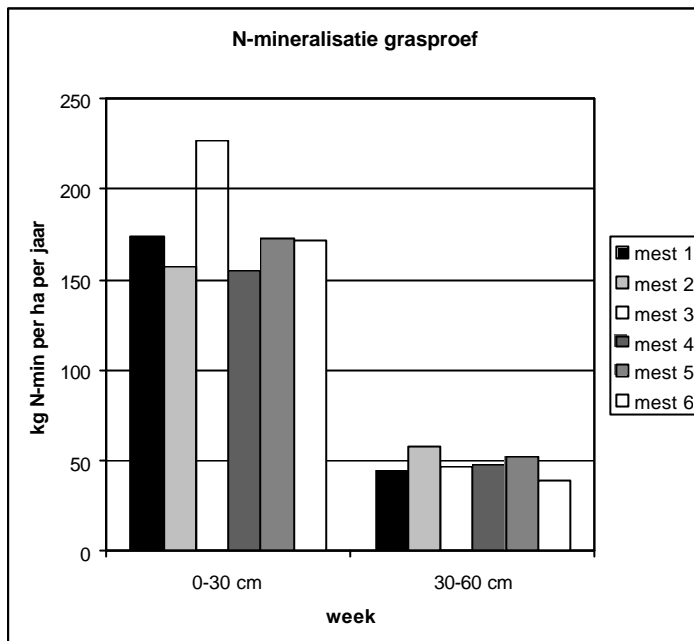
3.2.2 Verloop van de N-mineralisatie

Als gevolg van het homogeniseren van het grondmonster kan de mineralisatie tijdelijk verhoogd zijn. Het verloop van de N-mineralisatie (mg per kg per dag) van een aantal van de verschillende behandelingen van de grasproef, gedurende de incubatie is weergegeven in Figuur 2. Uit Fig. 2 blijkt dat gedurende de incubatie de mineralisatie enigszins afneemt; de hoge initiële mineralisatie komt waarschijnlijk door het verstoren van het monster bij het nemen ervan en de homogenisatie. Tussen week 2 en week 12 is de mineralisatie vrij constant. Op basis van de activiteit tussen week 2 en week 12 is de fractie N-organisch die per dag wordt gemineraliseerd uitgerekend en van daaruit de hoeveelheid N-min die per jaar beschikbaar komt uit de bodem, uitgaande van een gemiddelde jaartemperatuur van ca 10 °C.

Deze is weergegeven in Fig. 3. Gemiddeld genomen is er geen verschil in de nulsituatie van de verschillende behandelingen (ca 150 kg N per ha voor de laag 0-30 en 50 voor de laag 30-60 cm). De spreiding tussen de afzonderlijke veldjes kan echter groot zijn.



Figuur 2. Het verloop van de N-mineralisatie (mg per kg per dag) van een aantal van de verschillende behandelingen van de grasproef, gedurende de incubatie



Figuur 3. De hoeveelheid N-min die per jaar beschikbaar komt uit de bodem, uitgaande van een gemiddelde jaartemperatuur van ca 10 °C

Dat er in de grasproef in dit stadium geen verschillen bestaan tussen de bestaande behandelingen is alleen maar gunstig. Het betekent dat de uitgangssituatie voor de verschillende behandelingen nagenoeg gelijk is. In de algemene discussie zal worden ingegaan op de vraag wat er verwacht mag worden van de verschillende bemestingen ten aanzien van (een deel van) deze parameters.

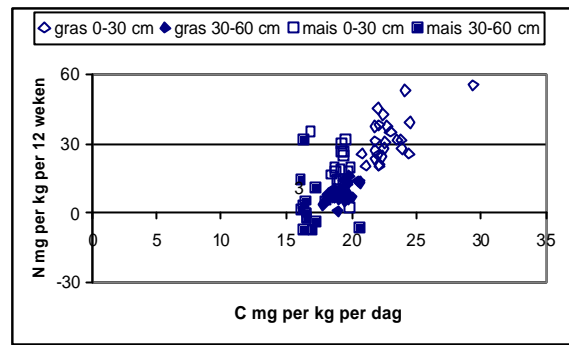
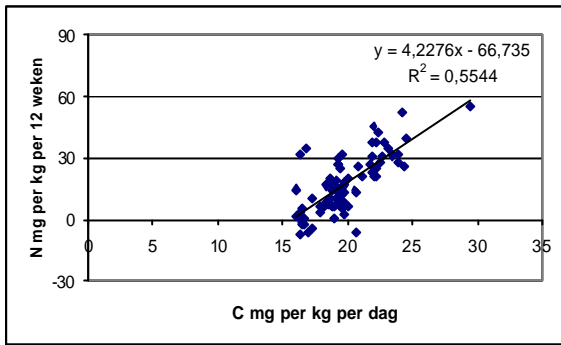
3.3 Relatie tussen mineralisatie en een aantal bodemparameters

Hoewel er in beide proeven geen behandelingseffect te zien was, wil dat nog niet zeggen dat er geen (statistische of oorzakelijke) relatie kan bestaan tussen de gemeten mineralisatie en een of meerdere bodemparameters. Om vast te stellen of er een relatie was, is een lineaire regressieanalyse uitgevoerd met de C- of N-mineralisatie als te verklaren parameter en DOC, DON, C-totaal, N-totaal en NH₄-Hot-KCl als verklarende parameters. In de figuren 4A t/m 9A is de relatie uitgezet voor alle monsters van de grasproef en maïsproef bij elkaar. In de figuren 4B t/m 8B zijn de beide proeven en de bodemlagen apart weergegeven.

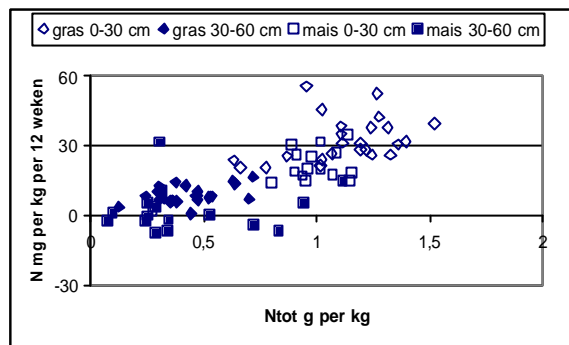
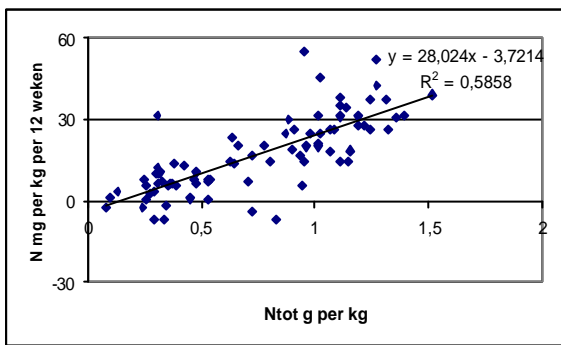
3.3.1 N-mineralisatie

Er is een redelijk goed verband tussen de N-mineralisatie en de C-mineralisatie, de totale N-voorraad, NH_4 die met hot KCl vrijgemaakt kan worden en met DON (Fig. 4A t/m 7A). Het percentage verklaarde variantie is het hoogst voor de relatie met N-totaal. Per mg C die er wordt gemineraliseerd komt er 0.06 mg N vrij. Wanneer de verschillende proeven en de bodemlagen apart tegen elkaar worden uitgezet (Fig. 4B t/m 7B) wordt duidelijk dat binnen een bodemlaag de correlatie niet erg hoog is. De negatieve N-mineralisatie die hier en daar in de laag 30-60 cm werd gemeten is te verklaren door immobilisatie of is het gevolg van een vrij hoge gemiddelde N-min in de $t=0$ monsters in combinatie met een vrij hoge spreiding. In dat geval kan in individuele monsters de netto mineralisatie negatief worden. De laatste verklaring lijkt de meest waarschijnlijke.

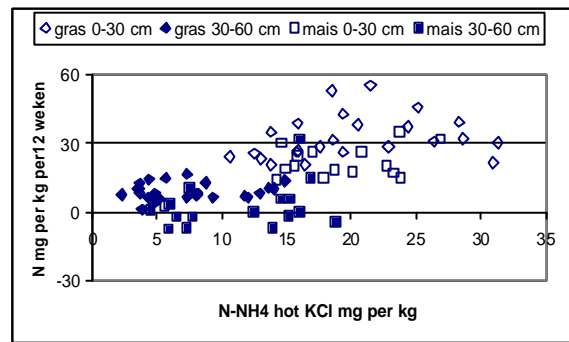
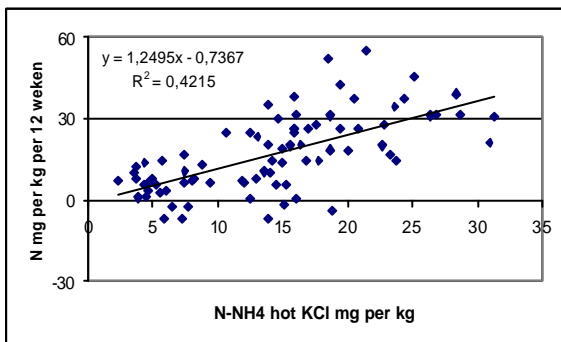
Binnen de maïsproef was de (enkelvoudige) correlatie dus laag. Om te bepalen of er wel goede correlatie wordt gevonden indien meerdere (onafhankelijke) variabelen gelijktijdig worden bekeken is een multivariate lineaire regressie uitgevoerd met de N-mineralisatie als te verklaren parameter en N_{tot} , NH_4 Hot KCl, DON, mestgift, laag en gewasopbrengst als verklarende parameters. Opbrengst werd toegevoegd omdat een verhoogde opbrengst gepaard zou kunnen gaan met een verhoogde gewasrestproductie, die dan weer zou kunnen leiden tot een verhoogde mineralisatie. Er was echter geen enkele combinatie met een R^2 die hoger was dan 0.51



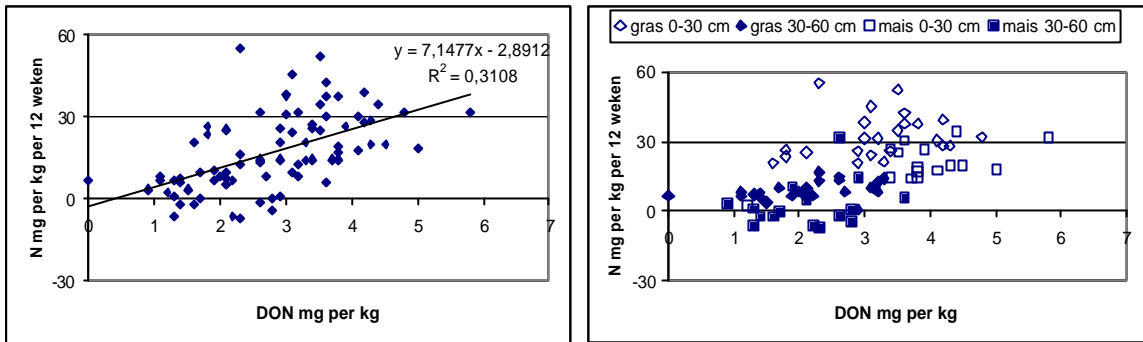
Figuur 4A, B



Figuur 5A, B

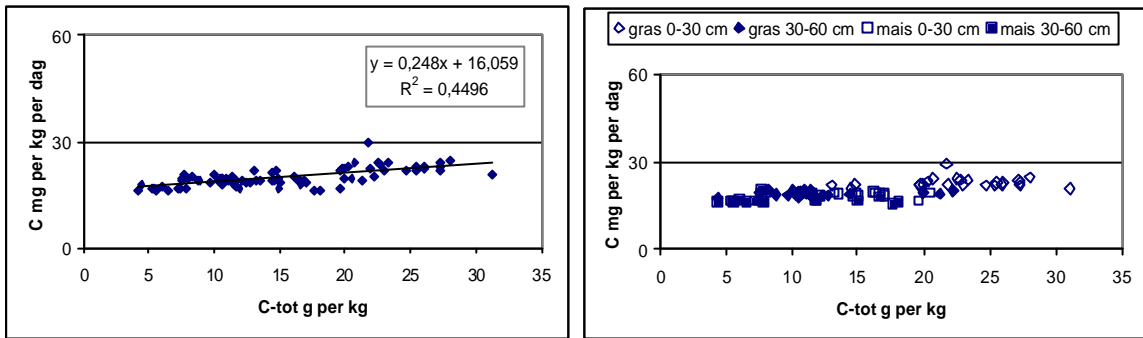


Figuur 6A, B

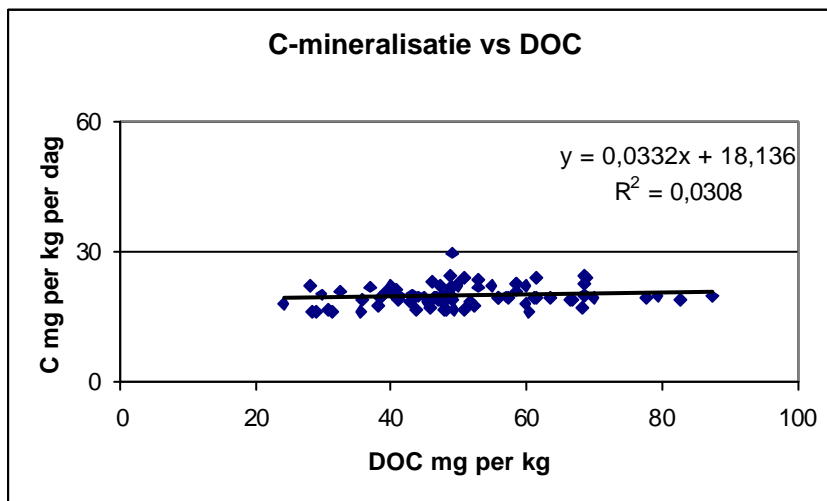


Figuur 7A, B

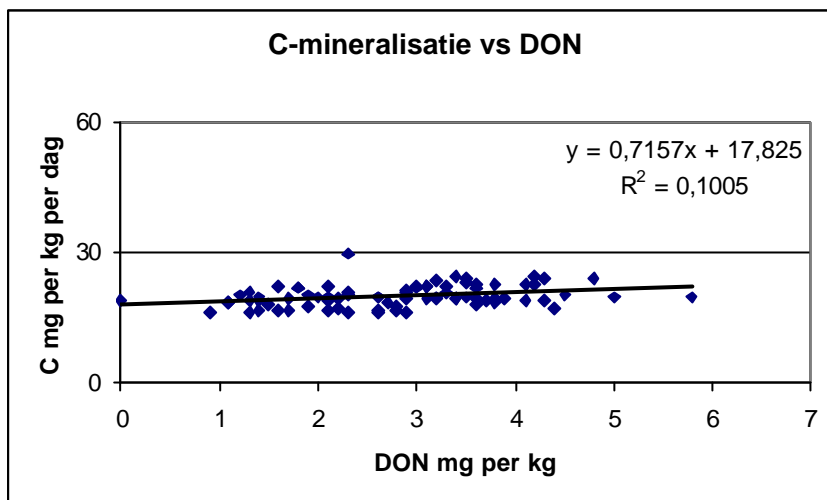
Figuur 4 t/m 7 Lineaire regressie tussen de N-mineralisatie en de C-mineralisatie (4), N-totaal (5) N-NH4 hot KCl (6), DON (7), uitgezet tegen alle monsters tezamen (A) en de de monsters per proef en bodemlaag apart (B)



Figuur 8A, B



Figuur 9



Figuur 10

Figuur 8 t/m 10 Lineaire regressie tussen de C-mineralisatie en C-tot (8A alle monsters tezamen, 8B, monsters per proef en bodemlaag apart), DOC (9) en DON (10)

3.3.2 C-mineralisatie

Er leek een redelijk goed verband te bestaan tussen de C-mineralisatie en de totale bodemvoorraad koolstof (Fig. 8 A en B). Er was geen relatie met DOC of DON (Fig. 9A en B). Opvallend is dat de regressielijnen van de C-mineralisatie niet door het nulpunt gaan, wat men wel zou verwachten. In vergelijking met een aantal andere experimenten leek de C-mineralisatie een ongeveer factor 10 hoger te zijn. De werkelijke oorzaak hiervan is onduidelijk gebleven, maar het kan zijn dat een deel van de wortelresten van zowel gras als maïs is gaan mineraliseren; de bemonstering vond tenslotte plaats na de oogst. Daardoor kan de C-mineralisatie beïnvloed zijn.

4 Conclusies

4.1 Bodemsamenstelling

4.1.1 Maïsproef

In de laag 0-30 cm zijn de verschillen dus erg gering en nergens statistisch significant. Er is ook geen duidelijke trend waarneembaar, al lijken de gehalten die de laatste jaren de meeste stikstof hebben gekregen een beetje hoger dan die welke de laatste jaren geen N uit mest hebben gehad.

Voor de laag 30-60 cm geldt in grote lijnen hetzelfde. Er zijn weliswaar verschillen in de bacteriebiomassa, maar die lijken niet gerelateerd te zijn aan een behandeling (Tabel 3). De veldjes die nooit dierlijke mest hebben gekregen en die wel altijd 240 kg N kregen hadden de hoogste biomassa, de overige twee zaten hier tussen in.

4.1.2 Grasproef

In de grasproef bestaan in dit stadium geen verschillen tussen de bestaande behandelingen en dat is alleen maar gunstig. Het betekent dat de uitgangssituatie voor de verschillende behandelingen nagenoeg gelijk is. In de algemene discussie zal worden ingegaan op de vraag wat er verwacht mag worden van de verschillende bemestingen ten aanzien van (een deel van) deze parameters.

4.2 Mineralisatie-indicator

N-totaal leek de beste mineralisatie indicator te zijn. Er wordt waarschijnlijk alleen een goede relatie tussen de mineralisatie en een of meerdere bodemparameters gevonden indien het bereik tussen de laagste en de hoogste waarden van de verschillende parameters is en het bereik in mineralisatie zelf voldoende groot. De spreiding rond het gemiddelde blijft echter betrekkelijk hoog, wat uitspraken voor individuele plekken onzeker maakt.

5 Algemene discussie

Uit de analyses van beide proeven bleek er geen onderscheid gemaakt te kunnen worden tussen de behandelingen voor wat betreft een aantal bodemeigenschappen. Van de grasproef was dat ook te verwachten omdat het daarbij om de uitgangssituatie ging, maar bij de maïsproef zou men toch verwachten dat de verschillende bemestingregimes tot verschillen in bodemeigenschappen hadden geleid. De vraag wordt dan of de verschillende regimes misschien niet ver genoeg uit elkaar lagen, of dat de duur van de proef nog te kort was om effecten te mogen verwachten. Op een vergelijkbare wijze kan men zich afvragen of de nu ingezette regimes van de grasproef ver genoeg uit elkaar liggen om binnen vier jaar aantoonbare verschillen te mogen verwachten.

Om deze vragen te beantwoorden is gebruik gemaakt van het spreadsheetmodel XCLNCE (Zwart 2002). Daarmee kunnen (veranderingen in) organische stofgehalte en mineralisatie worden berekend voor een enkele bodemlaag. Als invoer voor de maïsproef is het OS-gehalte van de laag 0-30 cm gebruikt, met gedurende 6 jaar maïs als gewas (zonder de ondergroei van gras) en de werkelijke mestgift plus de samenstelling van de mest. Aangenomen is dat de hoeveelheid gewasresten uit de maïs in alle varianten dezelfde was. Aangezien het om een voorlopige berekening ging zijn drie weerjaren uit een ander project gebruikt (Telen met Toekomst, Meterik 1999-2002) en deze zijn twee keer achter elkaar gezet. Voor twee uiterste bemestingregimes, geen drm en telkens de maximum drm gift, is berekend hoe het organische stofgehalte is veranderd gedurende de 6 proefjaren.

De veranderingen in OS-gehalte van de maïsproef op basis van die berekeningen staan in Tabel 7. Ze zijn uiterst klein, in elk geval veel kleiner dan de LSD die nodig is voor het aantonen van statistisch betrouwbare effecten (Tabel 3).

Tabel 7 Berekende veranderingen in OS-gehalte (%) van de laag 0-30 cm van de maïsproef gedurende 6 jaar voor 2 bemestingregimes (zie tabel 1)

Behandeling	1997	2002
1	2.7	2.6
4	2.7	2.8

Samengevat: de parameter met het grootste percentage verklaarde variantie (C-tot of N-tot) verandert te traag om in deze periode als indicator voor veranderingen in de N-mineralisatie te kunnen dienen. Aangezien in de maïsproef ook de andere parameters niet significant zijn veranderd, gaat een dergelijke redenering waarschijnlijk ook op voor die parameters.

Ook voor de grasproef is een berekening is uitgevoerd met XCLNCE om na te gaan wat men zou mogen verwachten van de effecten van de verschillende bemestingsregimes voor deze proef

De startwaarde van het OS gehalte is 22.8 g per kg, ofwel ca 4.6% organische stof. Uitgaande van die startwaarde is berekend hoe het OS-gehalte na vier jaar zal worden bij alleen kunstmest en bij 4 jaar stalmest, de meest extreme varianten. Voor de gewasresten is een deel van de stoppelrest van de laatste snede gekozen, met een N-inhoud van ca 30 kg N en een C-inhoud van 330 kg C. De resultaten van de XCLNCE berekeningen voor de grasproef staan in Tabel 8.

Tabel 8 Berekende veranderingen in OS-gehalte (%) van de laag 0-30 cm van de grasproef gedurende 4 jaar voor 2 bemestingregimes (zie tabel 2)

Behandeling	2002	2006
1	4.6	4.9
4	4.6	4.4

De LSD voor significante effecten van mest op het OS gehalte is ca 0.5%, wat inhoudt dat het verschil tussen 4 jaar kunstmest en 4 jaar stalmest net niet significant zichtbaar zal worden. In het vierde jaar is de berekende mineralisatie vanuit de mest en gewasresten 48 en 14 kg voor respectievelijk stalmest en kunstmest. De mineralisatie vanuit de bodem is in beide gevallen 112 kg N. De LSD voor mineralisatie is zodanig dat omgerekend een verschil van 40 kg N per jaar significant is. Ook voor mineralisatie is het dus de vraag of verschil groter dan de LSD zal worden bereikt. Dat wil niet zeggen dat de verschillen die worden aangelegd totaal geen effect zullen hebben. Door het verschil in mineralisatie zullen er bijvoorbeeld waarschijnlijk wel duidelijk aantoonbare verschillen in de gewasopbrengst te zien zijn.

6 Aanbevelingen:

Maïsproef

Het lijkt weinig zinvol om de maïsproef nog verder te volgen. De verschillen zullen in het laatste jaar (2003) niet veel veranderen.

Grasproef

Het meest zinvol lijkt het om met nadere bodemanalyses te wachten tot het laatste jaar van de proef. Maar zelfs dan zullen de verschillen waarschijnlijk niet groot zijn.

Mest

De resultaten van de incubaties van de vaste fracties van de dunne mest zijn nog niet bekend. Naar aanleiding daarvan zal worden bekeken hoe het vervolgonderzoek eruit ziet.

Bodemparameter

De resultaten van de bodemparameter als indicator voor de N-mineralisatie laten zien dat gezocht moet worden naar vrij ver uit elkaar liggende situaties voor OS, DON, DOC, etc. maar wel voor vergelijkbare teelten, bemestingen en grondsoorten. De kans om dergelijke situaties binnen een praktijkbedrijf aan te treffen is vrij gering. Beter lenen zich daar de diverse PPO proefbedrijven voor. Bovendien is men op die bedrijven bijna verzekerd van een goede teeltregistratie, wat belangrijk is indien ook de perceelshistorie in de analyse moet worden meegenomen.

Referenties

- Bloem, J., P.R. Bolhuis, M.R. Veninga and J. Wieringa. 1995. Microscopic methods for counting bacteria and fungi in soil. In "Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry" (K. Alef and P. Nannipieri, editors), pp. 162-173. Academic Press, London.
- Bloem, J. and A.M. Breure. 2003. Microbial indicators. In "Bioindicators/Biomonitoring - Principles, Assessment, Concepts" (B.A. Markert, A.M. Breure and H.G. Zechmeister, editors), pp. 259-282. Elsevier, Amsterdam.
- Gianello, C. & Bremner, J.M. (1986). A simple method of assessing potentially available organic nitrogen in soil. Commun. In Soil Sci. Plant Analysis 17: 195-214
- Schröder, J.J., Jansen, A.G. Akkermans, W, Hilhorst, G.J. & Zwart, K.B. Residual effect of manure deserves attention in site-specific nitrogen management. (in prep).
- Schröder, J.J., Jansen, W, Hilhorst (2002b) Lange-termijn effect van een krappe bemesting bij snoijmaïs, -documentatieverslag van maïsproef De Marke 2001 en 2002. Intern PRI rapport
- Schröder, J.J., Jansen, W, Hilhorst (2002a) Bemestingswaarde en milieu-effecten als functie van de verhouding van minerale en organische N-verbindingen in mest-documentatieverslag Mestkwaliteitsproef De Marke 2002, Intern PRI rapport
- Zwart, K.B. (2002) XCLNCE, een spreadsheet voor het berekenen van stikstof en koolstof in de bodem. Alterra rapport 427, 39 pp

Bijlage 1 Schema maïsproef en grasproef, de geel gemarkeerde veldjes zijn bemonsterd.

1A: Maïsproef

Zie tabel op rechter pagina:

De codering in hoofdletters onder de velden geeft de bemesting aan van 1997-1999, D1P = 0 kg N per ha, D3P = 240 kg N per ha. De codering in kleine letters in de veldjes geeft de bemesting aan van 2000-2002, d1p = 0 kg N per ha, d3p = 240 kg N per ha

d3p	d1p	d2p	d2	d3p	d2p	d2	d1p	d3p	d2p	d1p	d2	d1p	d2	d3p	d2p	Blok IV
13,1	13,2	13,3	13,4	14,1	14,2	14,3	14,4	15,1	15,2	15,3	15,4	16,1	16,2	16,3	16,4	
veld 13		D2	veld 14		D1P	veld 15		D3P	veld 16		D2P					

d2	d2p	d3p	d1p	d1p	d3p	d2	d2p	d2	d1p	d3p	d2p	d2p	d3p	d1p	d2	Blok III
9,1	9,2	9,3	9,4	10,1	10,2	10,3	10,4	11,1	11,2	11,3	11,4	12,1	12,2	12,3	12,4	
veld 9		D2P	veld 10		D3P	veld 11		D2	veld 12		D1P					

d2p	d1p	d2	d3p	d3p	d1p	d2	d2p	d2p	d3p	d1p	d2	d2	d2p	d1p	d3p	Blok II
5,1	5,2	5,3	5,4	6,1	6,2	6,3	6,4	7,1	7,2	7,3	7,4	8,1	8,2	8,3	8,4	
veld 5		D3P	veld 6		D2P	veld 7		D1P	veld 8		D2					

d2p	d3p	d1p	d2	d2	d3p	d1p	d2p	d1p	d2p	d2	d3p	d2	d2p	d1p	d3p	Blok I
1,1	1,2	1,3	1,4	2,1	2,2	2,3	2,4	3,1	3,2	3,3	3,4	4,1	4,2	4,3	4,4	
veld 1		D2	veld 2		D3P	veld 3		D2P	veld 4		D1P					

1B: Gras

Zie tabel op rechter pagina:

M1	vaste rundveemest
M2	NH ₃ -arme rundveedrijfmest, oppervlakkig toegediend
M3	idem, zodebemester
M4	gangbare rundveedrijfmest, zodebemester
M5	idem, vergist
M6	kunstmest

0	geen bemesting
1	1 jaar bemesting
2	2 jaar bemesting
3	3 jaar bemesting
4	4 jaar bemesting

Korte en lange termijn werking van verschillende dierlijke mesten
Proefveld De Marke 2002-2004

83 m

M3												M6				M4				M1				M2				M5			
0 J	4 J	3 J	1 J	2 J	3 J	2 J	4 J	0 J	1 J	4 J	2 J	0 J	3 J	1 J	3 J	4 J	0 J	1 J	2 J	3 J	0 J	2 J	4 J	1 J	0 J	3 J	1 J	4 J	2 J		
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120		

2,75 m

M1				M2				M6				M3				M5				M4									
4 J	2 J	1 J	0 J	3 J	0 J	2 J	1 J	3 J	4 J	4 J	1 J	2 J	0 J	3 J	2 J	3 J	0 J	4 J	1 J	1 J	2 J	0 J	3 J	4 J	2 J	4 J	1 J	3 J	0 J
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90

M2				M3				M5				M6				M4				M1									
4 J	2 J	0 J	3 J	1 J	3 J	1 J	2 J	4 J	0 J	3 J	1 J	2 J	0 J	4 J	0 J	3 J	4 J	2 J	1 J	2 J	0 J	1 J	3 J	4 J	4 J	0 J	3 J	1 J	2 J
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60

M3				M1				M6				M4				M5				M2									
4 J	1 J	3 J	0 J	2 J	3 J	1 J	0 J	2 J	4 J	3 J	4 J	1 J	0 J	2 J	4 J	1 J	0 J	2 J	3 J	1 J	0 J	3 J	2 J	4 J	1 J	3 J	4 J	2 J	0 J
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

