

Indicator voor stikstofmineralisatie in gescheurd grasland; synthese

G.L. Velthof
H.A. van Schooten
I.E. Hoving
P.H.M. Dekker
A.M. van Dam
A. Reijneveld
H.F.M. Aarts
A. Smit



Indicator voor stikstofmineralisatie in gescheurd grasland; synthese

In opdracht van het ministerie van LNV (cluster BO-05 Mineralen en Milieukwaliteit)

**Indicator voor stikstofmineralisatie in gescheurd grasland;
synthese**

**G.L. Velthof (Alterra)
H.A. van Schooten (ASG)
I.E. Hoving (ASG)
P.H.M. Dekker (PPO)
A.M. van Dam (PPO)
A. Reijneveld (BLGG)
H.F.M. Aarts (PRI)
A. Smit (Alterra)**

Alterra-rapport 1768

Alterra, Wageningen, 2008

REFERAAT

G.L. Velthof, H.A. van Schooten, I.E. Hoving, P.H.M. Dekker, A.M. van Dam, A. Reijneveld, H.F.M. Aarts & A. Smit, 2008. *Indicator voor stikstofmineralisatie in gescheurd grasland; synthese*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1768; 41 blz.; 2 fig.; 6 tab.; 18 ref.

In het kader van implementatie van de Nitraatrichtlijn in Nederland moet de bemesting met stikstof (N) van het gewas dat na gescheurd grasland wordt geteeld, worden gebaseerd op een bodemanalyse. Er is op verzoek van het ministerie van LNV onderzoek uitgevoerd naar analysemethoden om de stikstofmineralisatie uit gescheurd grasland te voorspellen. Uit het onderzoek volgt dat het gehalte aan totaal N in de bodem het best was gecorreleerd met de mineralisatie uit gescheurd grasland. Er is een tabel afgeleid met de korting op de bemesting van aardappelen, maïs en tulp bij verschillende gehalten aan totaal N in de bodem (variërend van een korting van 30 kg N per ha tot meer dan 120 kg N per ha). De onzekerheid van de voorspelde mineralisatie is echter groot. Een bepaling van de mineralisatie in gescheurd grasland op basis van een bodemanalyse heeft als voordeel, ten opzichte van een standaardkorting uit het bemestingsadvies, dat de analyse kan worden gecombineerd met analyses van bodemvruchtbaarheidsparameters.

Trefwoorden: analysemethode, bemesting, bemestingsadvies, grasland, indicator, mineralisatie, scheuren, stikstof, stikstoflevering

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra vestrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.boomblad.nl/rapportenservice.

© 2008 Alterra
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Tel.: (0317) 480700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.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

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Resultaten deelonderzoeken	13
2.1 Incubatieproeven	13
2.2 Aardappelen en snijmaïs op gescheurd grasland	13
2.3 Tulp op gescheurd grasland	14
2.4 Consumptieaardappel op gescheurd grasland in 2007	14
3 Synthese van de resultaten	17
4 Bemestingsadviezen voor snijmaïs en AT-gewassen na gescheurd grasland	19
4.1 Bemonstering	19
4.1.1 Tijdstip	19
4.1.2 Bodemlaag en aantal monsters	20
4.2 Berekende stikstofmineralisatie op basis van een bodemanalyse	20
4.3 Mineralisatie in blijvend bouwland	23
4.3.1 Bemestingsadvies na gescheurd grasland	23
4.3.2 Vergelijking met korting volgens de adviesbasis voor bemesting	24
4.3.3 Onderzoek met gewassen	26
5 Bemestingsadvies graslandvernieuwing	29
5.1 Bemonstering van het gescheurde grasland	29
5.2 Analyse van het bodemmonster	29
5.3 Berekening van de startgift	30
5.4 Berekening van de N-bemesting van overige sneden	30
6 Mineralisatie in gescheurd grasland	31
Conclusies	33
Literatuur	35
Bijlage 1 Gegevens voor bemestingsadvies AT-gewassen	37
Bijlage 2 Relatie tussen N-indicatoren en de N-mineralisatie in de incubatieproef	41

Samenvatting

In juli 2004 heeft Nederland overeenstemming bereikt met de Europese Commissie over het Derde Nederlandse Actieprogramma (2004-2009) inzake de Nitraatrichtlijn. In dit actieprogramma staan maatregelen gegeven met betrekking tot periode, volggewas en bemesting met stikstof (N) na het scheuren van grasland. Een van de maatregelen was dat de N-bemesting van het gewas dat na gescheurd grasland wordt geteeld moet worden gebaseerd op een bodemanalyse. Er was echter nog geen meetmethode beschikbaar om op basis van een bodemanalyse een schatting te geven van de stikstof die door mineralisatie na scheuren van grasland vrijkomt.

Op verzoek van het ministerie van LNV zijn in 2005, 2006 en 2007 verschillende laboratorium- en veldstudies (proeven met aardappel, tulp en snijmaïs op zand- en kleigrond) uitgevoerd met als doel het verkrijgen van een bodemanalyse-methode om de stikstofmineralisatie uit gescheurd grasland te voorspellen. Met deze methode kunnen laboratoria adviezen geven over de bemesting van het gewas dat na het vernietigen van grasland wordt geteeld. Dit bemestingsadvies is dan gebaseerd op de analyses van het gehalte aan minerale N en een voorspelling van de N-mineralisatie.

De resultaten van de verschillende deelonderzoeken worden afzonderlijk gerapporteerd:

- Dam, A.M. van (2008). Indicator voor stikstofmineralisatie in gescheurd grasland; stikstofbehoefte van tulp op gescheurd grasland. PPO rapport 32 360380 07.
- Dekker P.H.M., J.G.M.Paauw, H.A.G. Verstegen en ir. W. van den Berg (2008). Indicator voor stikstofmineralisatie in gescheurd grasland; stikstofbehoefte van consumptieaardappel op gescheurd grasland in 2007. PPO-rapport 3250032400.
- Schooten, H.A. van, I.E. Hoving, P.H.M. Dekker en J.W. van Riel (2008) Indicator voor stikstofmineralisatie in gescheurd grasland; stikstofbehoefte van aardappelen en snijmaïs op gescheurd grasland. Animal Sciences Group, Rapport 89
- Smit A. & G.L. Velthof (2008) Comparison of indices for N mineralization after destruction of grassland. Plant and Soil (submitted).

In dit rapport wordt de synthese van de verschillende deelonderzoeken gegeven. De belangrijkste conclusies uit het onderzoek zijn:

- De voor temperatuur gecorrigeerde N-mineralisatie in gescheurd grasland in de laboratoriumproeven varieerde van 45 tot 275 kg N ha⁻¹ gedurende een meetperiode van 12 weken. De jaarlijkse mineralisatie zal (veel) hoger zijn dan deze waarden en valt binnen de spreiding van in de literatuur weergegeven mineralisatie (100–400 kg N per ha per jaar).
- Uit de laboratoriumproeven volgt dat het gehalte aan totaal N (gemeten in de 0-15 cm laag) het best was gecorreleerd met de N-mineralisatie uit gescheurd grasland ($R^2 = 0,50$), gevolgd door totaal C ($R^2 = 0,48$), hot-KCl extraheerbaar

NH_4 ($R^2 = 0,47$) en oplosbare organische C ($R^2 = 0,38$) en oplosbare N ($R^2 = 0,32$). Het opnemen van de leeftijd van het gescheurde grasland verbeterde het voorspellend vermogen van de mineralisatie-indicator (bijvoorbeeld de R^2 is 0,69 voor totaal N + leeftijd).

- Er is uit het onderzoek een tabel afgeleid met de N-korting die kan worden toegepast op de bemesting van aardappelen, maïs en tulp bij verschillende N-gehalten in de bodem, variërend van een korting van 30 kg N per ha bij een totaal N-gehalte in de bodem van 0,5 g N per kg tot meer dan 120 kg N per ha bij een totaal N-gehalte van 5,0 g N per kg grond. Een vergelijkbare tabel kan ook worden afgeleid voor andere mineralisatie-indicatoren (totaal C, hot-KCl extraheerbaar NH_4 , oplosbare organische N en C).
- Er werd geen relatie gevonden tussen de uit de opbrengstcurven berekende optimale N-gift in 15 proeven met aardappelen en snijmaïs en de N-gift berekend met i) de in het onderhavige rapport afgeleid methode en ii) het bemestingsadvies uit de adviesbasis voor bemesting. Dit zou zowel veroorzaakt kunnen worden door onzekerheden in het afleiden van de optimale N-gift in de proeven als in onzekerheden bij de voorspelling van de N-mineralisatie.
- Op basis van analyses van totaal N in bodemonsters door Blgg zou de gemiddelde korting van de bemesting van het gewas dat geteeld wordt op gescheurd grasland 95 kg N ha⁻¹ bedragen. Deze korting komt overeen met de standaardkorting uit de adviesbasis bemesting van 100 kg N ha⁻¹.

Uit het onderzoek zijn relaties afgeleid tussen bodemanalyses en N-mineralisatie in gescheurd grasland die gebruikt kunnen worden voor bemestingsadviezen. Het gehalte aan totaal N was het sterkst gerelateerd aan mineralisatie, maar ook andere bodemanalyses kunnen worden gebruikt. De onzekerheid van de voorspelling van N-mineralisatie is groot, hetgeen bekend is bij indicatoren voor N-mineralisatie (dit geldt bijvoorbeeld ook voor het berekende stikstofleverend vermogen (NLV) van grasland). Een bepaling van de N-mineralisatie op basis van een bodemanalyse ten opzichte van de standaardkorting van 100 kg N per ha uit de adviesbasis voor bemesting heeft als voordeel dat deze analyse kan worden gecombineerd met een analyse van minerale N en analyses van andere relevante bodemvruchtbaarheidsparameters, zoals fosfaat- en kaliumtoestand en pH.

Mocht de methode gebruikt worden in de Meststoffenwet en/of door laboratoria bij hun bemestingsadvisering dan is, gezien de onzekerheden, het belangrijk dat de resultaten kritisch worden geëvalueerd en de methode eventueel wordt bijgesteld.

1 Inleiding

In juli 2004 heeft Nederland overeenstemming bereikt met de Europese Commissie over het Derde Nederlandse Actieprogramma (2004-2009) inzake de Nitraatrichtlijn. In dit actieprogramma staan maatregelen gegeven met betrekking tot periode, volggewas en bemesting met stikstof (N) na het scheuren van grasland (zie onderstaand kader). Om deze maatregelen uit het Derde actieprogramma te kunnen implementeren in het Besluit Gebruik Meststoffen heeft het ministerie van LNV aan WUR gevraagd om de volgende studies uit te voeren:

- het kwantificeren van het risico op stikstofuitspoeling na het scheuren van grasland op verschillende tijdstippen;
- het opstellen van een lijst met N-behoefte gewassen die na het scheuren van grasland kunnen worden geteeld;
- het opstellen van een lijst met tuinbouwgewassen waarvan het uit oogpunt van vruchtwisseling voordelig is om na grasland geteeld worden;
- het afleiden van een conceptprotocol waarmee de bemesting van een gewas na gescheurd grasland kan worden bepaald op basis van een bodemonmonster.

Dit onderzoek is gerapporteerd door Velthof (2005). In dit rapport werd aangegeven dat er nog geen meetmethode beschikbaar was om op basis van een bodemanalyse een schatting te geven van de stikstof die door mineralisatie na scheuren van grasland vrijkomt.

Citaat uit het Derde Nederlandse Actieprogramma

4.6. Scheuren van grasland

Na het scheuren van grasland komt door mineralisatie van wortels en opgehoopte organische stof veel N vrij. Om te voorkomen dat deze N uitspoelt, zal Nederland nadere regels stellen met betrekking tot het scheuren van grasland.

Het zal op alle grondsoorten verplicht worden gesteld om na het scheuren van tijdelijk of blijvend grasland een volggewas met een voldoende hoge stikstofbehoefte te telen. Het volggewas mag alleen worden bemest op basis van analyse van een bodemonmonster dat is genomen na het scheuren van het grasland. Een uitzondering hierop zal gelden voor specifieke tuinbouwgewassen die uit het oogpunt van vruchtwisseling juist vaak na grasland worden geteeld, zoals bepaalde bloembolgewassen.

Op zand- en lössgrond zal het scheuren van grasland alleen in het voorjaar (ruwweg maart-april; nb. later ingevuld als 10 mei) worden toegestaan.

Citaat EU-besluit over de Nederlandse derogatie (artikel 5.6)

“Nitrogen analysis in respect of mineral nitrogen and parameters to assess the nitrogen contribution from organic matter mineralization shall be performed after ploughing grassland, for each homogeneous area of the farm. In respect of the analyses referred to in the first and the second subparagraph, one analysis per 5 hectares of land shall be required as a minimum”.

Citaat besluit gebruik meststoffen artikel 4.b:

Het gebruik van meststoffen op de grond, beteeld met de in het tweede lid bedoelde gewassen, vindt slechts plaats voorzover uit een representatief grondmonster blijkt dat de aanwezige hoeveelheid stikstof, rekening houdend met de minerale stikstof en met de toevoer van stikstof door netto-mineralisatie van voorraden organische stikstof in de bodem, onvoldoende is om te voldoen aan de behoefte van het desbetreffende gewas.

Op verzoek van LNV is onderzoek uitgevoerd met als doel:

- het verkrijgen van een methode van bodemanalyse om de stikstofmineralisatie uit gescheurd grasland te voorspellen;
- het verkrijgen van een methode waarmee laboratoria adviezen kunnen geven over de bemesting van het gewas (“bemestingsadvies”) dat na het vernietigen van grasland wordt geteeld. Dit bemestingsadvies is gebaseerd op de bodemanalyses van minerale N en N-mineralisatie.

Op basis van de ontwikkelde analysemethodiek zullen laboratoria landbouwbedrijven kunnen adviseren over de noodzaak extra stikstofmeststoffen toe te dienen voor gewassen die worden geteeld op een perceel waar kort daarvoor de graszode is vernietigd.

In het kader van dit onderzoek zijn in 2005, 2006 en 2007 laboratorium- en veldproeven uitgevoerd (proeven met aardappel en mais op zand ; tulp en aardappel op klei). De resultaten van de verschillende deelonderzoeken worden afzonderlijk gerapporteerd:

- Dam, A.M. van (2008). Indicator voor stikstofmineralisatie in gescheurd grasland; stikstofbehoefte van tulp op gescheurd grasland. PPO rapport 32 360380 07.
- Dekker P.H.M., J.G.M.Paauw, H.A.G. Verstegen en ir. W. van den Berg (2008). Indicator voor stikstofmineralisatie in gescheurd grasland; stikstofbehoefte van consumptieaardappel op gescheurd grasland in 2007. PPO-rapport 3250032400.
- Schooten, H.A. van, I.E. Hoving, P.H.M. Dekker en J.W. van Riel (2008) Indicator voor stikstofmineralisatie in gescheurd grasland; stikstofbehoefte van aardappelen en snijmaïs op gescheurd grasland. Animal Sciences Group, Rapport 89.
- Smit A & G.L. Velthof (2008) Comparison of indices for N mineralization after destruction of grassland. Plant and Soil (submitted).

In het onderhavige rapport wordt de synthese van de verschillende deelonderzoeken gegeven. Daarnaast wordt op verzoek van LNV ook een overzicht opgenomen over de grootte van mineralisatie die optreedt na het scheuren van grasland (op basis literatuur en gegevens van de proeven).

In dit rapport wordt alleen ingegaan op het gebruik van een bodemanalyse als voorspeller van mineralisatie in gescheurd grasland. Voor informatie over andere landbouwkundige en milieukundige aspecten van het scheuren van grasland wordt verwezen naar de studies die in het kader van programma 398-II zijn uitgevoerd (zie het kader op de volgende pagina).

In hoofdstuk 2 worden op hoofdlijnen de resultaten van de verschillende deelonderzoeken gegeven. Een synthese van de resultaten vindt plaats in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt een methode afgeleid waarmee het resultaat van de bodemanalyse kan worden gebruikt voor het bepalen van de stikstofgift aan het gewas dat geteeld wordt op gescheurd grasland. Er is geen onderzoek verricht naar graslandvernieuwing en daarom wordt een samenvatting gegeven van de door

Velthof (2005) beschreven methodiek voor bemesting bij herinzaai van grasland op basis van een bodemanalyse (hoofdstuk 5). In hoofdstuk 6 wordt een overzicht gegeven van stikstofmineralisatie in gescheurd grasland en de conclusies van het onderzoek staan in hoofdstuk 7.

Rapporten over scheuren van grasland in kader programma 398-II

- Aarts, H.F.M. en G.L. Velthof (2006) De reactie van melkveehouders op zand- en lössgrond op veranderingen in de voorschriften met betrekking tot graslandvernieuwing. Koeien en Kansen rapport 33, 10 p..
- Aarts, H.F.M., Bussink, D.W., Hoving, I.E., Meer, H.G. van der, Schils, R.L.M. & Velthof, G.L. (2002) Milieutechnische en landbouwkundige effecten van graslandvernieuwing; een verkenning aan de hand van praktijksituaties Plant Research International, Rapport 41A, 32 blz
- Boer de H.C. en I.E. Hoving, 2005. Literatuurstudie van landbouwkundige aspecten van herinzaai van grasland. Praktijkrapport Rundvee 70, Animal Science Group, WUR, Wageningen.
- Conijn J.G., 2006. Nfate: een model voor de effecten van graslandvernieuwing op grasopbrengsten en stikstofverliezen. Rapport 111, Plant Research International, Wageningen.
- Conijn, J.G., G.L. Velthof & F. Taube (eds.), Grassland resowing and grass-arable crop rotations; international workshop on agricultural and environmental issues, Plant Research International Report 47 / EGF Work. Group Grassland Resowing and Grass-Arable Rotations Report 1..
- Conijn, J.G. & F. Taube (eds.), Grassland resowing and grass-arable crop rotations; consequences for performance and environment. Second Plant Research International Report 80 / EGF Work. Group Grassland Resowing and Grass-Arable Rotations Report 2.
- Dekker, P.H.M. en N.S. van Wees, 2004. Stikstofmonitoring op gescheurd grasland. Monitoring van N-mineraal op percelen gescheurd grasland met tulpen en aardappelen. Lelystad, PPO. Projectrapport PPO nr.33071110/510180.
- Dekker, P.H.M. en Wim van den Berg PPO-agv in Lelystad; Lydia Bommelé en Dirk Reheul, Universiteit Gent, België. Landbouwkundige en milieutechnische aspecten bij teelt van aardappelen op gescheurd grasland. N-levering bij voorhistorie akkerbouw, tijdelijk grasland en ex-blijvend grasland en de N-benutting door aardappelen in een veldproef van de Universiteit Gent (B) te Melle in 2002 en 2003. Januari 2005; 41 pagina's.
- Hoving, I.E. 2006. De HerinzaaiWijzer als hulpmiddel bij afweging van graslandvernieuwing. Lelystad, Animal Sciences Group van Wageningen-UR. Praktijkrapport Rundvee 82.
- Hoving, I.E. en G.L. Velthof, 2006. Landbouw- en milieukundige effecten van graslandvernieuwing op zand- en kleigrond. Lelystad, Animal Sciences Group. Praktijkrapport Rundvee 83.
- Velthof G.L. & O. Oenema (2001) Effects of ageing and cultivation of grassland on soil nitrogen. Alterra report 399, 55 p.
- Velthof, G.L., H.G. van der Meer & H.F.M Aarts (2002) Some environmental aspects of grassland cultivation. The effects of ploughing depth, grassland age, and nitrogen demand of subsequent crops. Alterra rapport 581, 28 pp.
- Velthof, G.L. (2005) Randvoorwaarden aan het scheuren van grasland met betrekking tot volggewas, periode en bemesting, Alterra-rapport 1204, 98 p.

2 Resultaten deelonderzoeken

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten en conclusies van de verschillende deelonderzoeken gegeven. Voor details worden verwezen naar de onderliggende rapporten. De incubatieproeven zijn gebruikt om de indicator (methode van bodemanalyse) voor N-mineralisatie af te leiden en de veldproeven om de indicator te toetsen en het effect op de gewasopbrengst te bepalen.

2.1 Incubatieproeven

In een laboratoriumstudie zijn zes indicatoren voor N-mineralisatie na het scheuren van grasland getest (Smit en Velthof, 2008). De geteste indicatoren waren hot-KCl extraheerbaar NH_4 , oplosbare organische N en C, totaal N en C, de biomassa van de graszode, de leeftijd van het grasland en het bodemtype. De studie is uitgevoerd met kolommen van 15 cm hoogte met graszoden (20 zandgronden en 22 kleigronden). De mineralisatie werd gemeten uit de toename van het minerale N-gehalte in de 0-15 cm laag van de bodem gedurende 12 weken nadat de graszode was vernietigd. De mineralisatie varieerde van 59 tot 361 kg N per ha in de 12 weken. Het gehalte aan totaal N was het best gecorreleerd met de mineralisatie ($R^2 = 0,50$), gevolgd door totaal C ($R^2 = 0,48$), hot-KCl extraheerbaar NH_4 ($R^2 = 0,47$) en oplosbare organische C ($R^2 = 0,38$) en N ($R^2 = 0,32$). Het opnemen van de leeftijd van het gescheurde grasland verbeterde het voorspellend vermogen van de indicator mineralisatie indicator (bijvoorbeeld de R^2 is 0,69 voor totaal N + leeftijd).

2.2 Aardappelen en snijmaïs op gescheurd grasland

In 2006 zijn op vijf percelen gescheurd grasland op zandgrond proeven met N-trappen bij consumptieaardappelen en snijmaïs uitgevoerd (Van Schooten et al., 2008). Er zijn metingen verricht naar gewasopbrengsten, minerale N-gehalten in de bodem en de bodemindicatoren voor N-mineralisatie die ook in het laboratorium zijn getest. De volgende conclusies zijn getrokken:

- In het voorjaar (eind maart) werden hoge gehalten aan minerale N in de bodem gevonden na het scheuren van grasland, variërend van 53 tot 153 kg per ha in de laag 0-30 cm.
- De opbrengstniveaus van de gewassen waren op de onbemeste behandelingen hoog, hetgeen duidt op een hoge N-mineralisatie uit het gescheurde grasland.
- Er kon geen duidelijke correlatie worden gevonden tussen de uit de opbrengstcurve berekende optimale gift aan kunstmest-N en de verschillende indicatoren voor N-mineralisatie. Er kon ook geen duidelijke correlatie worden gevonden tussen de bodemindicatoren en de N-opbrengsten van aardappelen en snijmaïs in onbemeste situaties.

- De correlatie tussen de mineralisatie-indicatoren en de mineralisatiesnelheid was iets sterker dan de correlatie tussen deze bodemparameters en de optimale kunstmest-N gift. De correlatie was iets hoger voor N-totaal dan voor de andere bodemindicatoren.

2.3 Tulp op gescheurd grasland

In 2006-2007 zijn op vijf percelen gescheurd grasland (een zandgrond, drie kleigronden en een zavelgrond) proeven met N-trappen bij tulp uitgevoerd naar een geschikte indicator voor stikstofmineralisatie (Van Dam, 2008). Er zijn metingen verricht naar gewasopbrengsten, minerale N-gehalten in de bodem en de bodemindicatoren voor N-mineralisatie die ook in het laboratorium zijn getest. De volgende conclusies zijn getrokken:

- De conclusies zijn gebaseerd op proeven in slechts één teeltseizoen. Daardoor kunnen er met betrekking tot absolute niveaus van mineralisatie, N-behoefte, Nopname en optimale N-gift geen algemene uitspraken worden gedaan.
- De minerale N-gehalten in de 0-60 cm laag waren in enkele percelen hoog (> 200 kg N per ha), hetgeen op een hoge N-mineralisatie duidt.
- De hoogste mineralisatie trad op in de winter; de periode dat de behoefte van het gewas gering is.
- Er is op basis van de proeven geen betrouwbare indicator aan te geven voor de N-levering in de bodem van een perceel gescheurd grasland. Een belangrijke oorzaak hiervoor is dat de parameters, waaraan de indicatoren gecorreleerd werden, onderling weinig correlatie vertoonden. De parameters waren daarmee geen betrouwbare maat voor de N-levering.

2.4 Consumptieaardappel op gescheurd grasland in 2007

In 2007 zijn op vijf percelen gescheurd grasland (twee zandgronden en drie kleigronden) proeven met N-trappen bij consumptieaardappel uitgevoerd naar een geschikte indicator voor stikstofmineralisatie (Dekker et al., 2008). Er zijn metingen verricht naar gewasopbrengsten, minerale N-gehalten in de bodem en de bodemindicatoren voor N-mineralisatie die ook in het laboratorium zijn getest. De volgende conclusies zijn getrokken:

- Uit dit onderzoek met 5 proefvelden consumptieaardappelen is niet betrouwbaar aan te geven welke indicator voor stikstofmineralisatie een goede voorspelling levert. De resultaten moeten beoordeeld worden in samenhang met die van de andere veldproeven en die van de labstudie.
- De correlatie van de analyses van totaal N, minerale N, oplosbaar organische N en hot-KCL extraheerbare NH_4 met de optimale N-bemesting was bij alle vier de indicatoren laag ($R^2 < 0,25$).
- De hoogte van de optimale N-bemesting liep op de 5 percelen sterk uiteen en varieerde van 0 tot 217 kg N per ha, gemiddeld 57 kg N per ha. Op basis van de bepaling van minerale N in maart zou bij bemesting volgens de Adviesbasis voor

bouwland de bemesting gemiddeld 129 kg N per ha zijn geweest. Bemesten op basis van het bouwlandadvies zou in dit onderzoek tot een te hoog advies hebben geleid.

- De lage optimale N-bemesting in dit onderzoek geeft aan dat er sprake was van een hoge N-mineralisatie. Ook de hoge N-opname van het niet met stikstof bemeste object wijst op een hoge N-mineralisatie.

3 Synthese van de resultaten

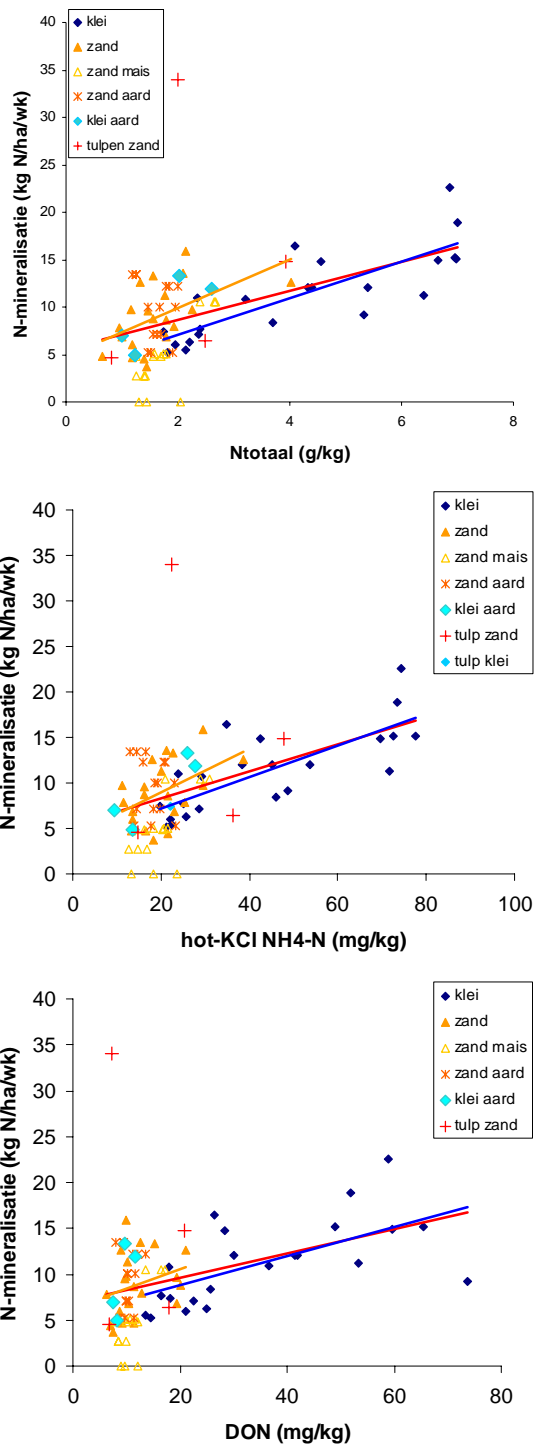
De incubatieproeven zijn gebruikt om de indicator (methode van bodemanalyse) voor N-mineralisatie af te leiden en de veldproeven om de indicator te toetsen en het effect op de gewasopbrengst te bepalen (zie paragraaf 4.3.3). De incubatieproef is uitgevoerd bij een hogere temperatuur (20 °C) dan gemiddeld in het groeiseizoen in Nederland optreedt. Omdat de mineralisatie toeneemt naarmate de temperatuur toeneemt kunnen de resultaten van de incubatieproef niet rechtstreeks worden vergeleken met die van de veldproeven. Hiertoe is de in de incubatieproef bepaalde N-mineralisatie gecorrigeerd voor temperatuur (zie hoofdstuk 4 voor toelichting op deze correctie).

In figuur 1 staan de relaties tussen verschillende indicatoren en de N-mineralisatie gemeten in de incubatieproef (na correctie voor temperatuur) en in het veld. De punten van de veldproeven liggen in die van de incubatieproeven, maar de spreiding is groot in zowel de incubatieproef als de veldproeven. De punten van de veldproeven liggen in het lagere bereik van de grafiek. Dit wordt veroorzaakt doordat in de incubatieproeven enkele oude graslanden (ouder dan 40 jaar) met een hoog gehalte aan organische stof zijn opgenomen. In de veldproeven waren geen oude graslanden met hoge gehalten aan organische stof opgenomen.

Het mag worden verwacht dat de mineralisatie die in het veld is bepaald uit het verloop van minerale N in de tijd een onderschatting is van de werkelijke mineralisatie, omdat mogelijk een deel van de minerale N uit de bovenste 30 cm laag is gespoeld.

Het is bekend dat de spreiding groot is bij dit type bodemmetingen, hetgeen wordt veroorzaakt door de grote variabiliteit van mineralisatie en bodemeigenschappen in het veld, in combinatie van de bemonsteringsstrategie. Bij toepassing van een bodemanalyse als voorspeller van de N-mineralisatie moet rekening worden gehouden met de onzekerheid door de grote spreiding. De spreiding kan worden beperkt door veel monsters te nemen en een goede ruimtelijke verdeling van de monsters te kiezen. Maar ook bij een zorgvuldig uitgekozen bemonsteringsstrategie zal de spreiding (en onzekerheid voor de voorspelling) relatief groot zijn.

De punten van de veldproeven liggen in die van de incubatieproeven, zodat de resultaten van de incubatieproeven toegepast kunnen worden voor het veld. De regressieformules die in de incubatieproef zijn afgeleid (Smit en Velthof, 2008; zie tabel 1 in volgende hoofdstuk) worden in hoofdstuk 4 gebruikt voor het afleiden van rekenregels voor schatten van de N-levering uit gescheurd grasland.



Figuur 1. Relatie tussen gehalten aan totaal N (bovenste figuur), hot KCl-extraherbaar NH₄ (middelste figuur) en oplosbaar organische N (onderstaande figuur) en de N-mineralisatie in de laboratoriumproeven (klei en zand) en de veldproeven (zand mais, zand aard, klei aard, tulpen). De blauwe lijn geeft de trendlijn voor de kleigrond in de incubatiestudie, de oranje lijn die voor zandgrond en de rode lijn die voor zand- en kleigronden. De gegevens uit de laboratoriumproeven zijn gecorrigeerd voor temperatuur.

4 Bemestingsadviezen voor snijmaïs en AT-gewassen na gescheurd grasland

In dit hoofdstuk wordt een methodiek beschreven waarmee de uit de bodemanalyse voorspelde N-mineralisatie kan worden gebruikt voor de bepaling van de N-gift voor de teelt van snijmaïs en akkerbouw- en tuinbouwgewassen.

4.1 Bemonstering

4.1.1 Tijdstip

Bij het tijdstip van bemonstering van vernietigd grasland zijn vier situaties te onderscheiden:

- Bloembollen geplant in oktober op grasland dat in oktober gescheurd is. Er wordt dan vroeg in het voorjaar bemest (februari). Bemonstering moet plaats hebben in februari.
- Akkerbouw- en groentegewassen op kleigrond dat in de zomer- of herfstperiode gescheurd is en waarop in de zomer of herfst gezaaid of geplant is. Bemonstering moet plaats hebben in februari. De N-bemesting wordt vaak al in februari uitgevoerd.
- Akkerbouw-, groente-, en bloembolgewassen op kleigrond waarbij in de winter is gescheurd en in het voorjaar wordt gezaaid/geplant/gepoot. Bemonstering moet plaats vinden in februari/maart. De N-bemesting wordt bij een aantal gewassen al bij de zaai-/plant-/pootbedbereiding gegeven.
- Gewassen op klei- en zandgrond waarbij in het voorjaar wordt gescheurd en waar daarna wordt gezaaid, geplant of gepoot. Bemonstering moet zo laat mogelijk in het voorjaar gebeuren met inachtneming dat niet te laat moet worden bemonsterd om te voorkomen dat het bemestingstijd en zaai-, plant- of poottijdstip wordt verlaat.

De tijd tussen bemonstering en het vernietigen moet zo groot mogelijk zijn en minimaal twee weken bedragen (en indien mogelijk na een extra grondbewerking plaatsvinden), omdat

- De bodem vlak na het scheuren uit kluiten met resten van de gescheurde zode bestaat, wat leidt tot moeilijkheden bij bemonstering. Hoe langer kan worden gewacht met de bemonstering, hoe homogener het bodemmonster zal zijn.
- Hoe langer deze periode, hoe meer N er al gemineraliseerd is tot minerale N. De meting van minerale N is veel minder onzeker dan de schatting van mineralisatie. Het advies is betrouwbaarder indien het sterker is gebaseerd op minerale N dan op de schatting van de mineralisatie. Onderzoek geeft aan dat het gehalte aan minerale N snel oploopt na het vernietigen van grasland (Hoving en Velthof, 2006).

- Hoe langer deze periode, hoe fijner de gewasresten en hoe beter de schatting van mineralisatie.

Vaak wordt er bij gewassen als aardappelen en snijmaïs voor het scheuren van het grasland nog dierlijke mest uitgereden. Een bemesting op basis van een bodemanalyse is dan niet zinvol, omdat er al is bemest en analysesresultaten vlak na bemesting onbetrouwbaar zijn. Bemonstering van het grasland vroeg in het voorjaar, voordat dierlijke mest uitgereden is, is hier het meest gunstige bemonsteringstijdstip. Bij teelt van snijmaïs wordt vaak nog een eerste snede gras gemaaid. In deze situatie moet het monster na de oogst van de eerste snede worden genomen. Het bodemonster wordt naar een laboratorium gestuurd dat de analyses van minerale N en mineralisatie kan uitvoeren. Het advies moet zo snel mogelijk na de bemonstering beschikbaar zijn (binnen twee weken), omdat meestal de bemesting snel na het nemen van het monster moet plaatsvinden.

4.1.2 Bodemlaag en aantal monsters

Het aantal bodemonsters dat moet worden genomen voor een mengmonster is gelijk aan de die van een bepaling van minerale N uit de adviesbasis voor bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Mocht uit ervaring blijken dat de monsters heterogeen zijn (door resten van de zode) dan moeten er meer monsters worden genomen. De te bemonsteren bodemlaag is bij voorkeur de laag die in het bemestingsadvies staat weergegeven voor de Nmineraal-bepaling van het betreffende gewas (Bijlage 1)¹.

4.2 Berekende stikstofmineralisatie op basis van een bodemanalyse

In tabel 1 worden de formules gegeven om de N-mineralisatie te berekenen uit een gemeten N-indicator (Smit en Velthof, 2008). In deze paragraaf wordt een berekening uitgevoerd met de indicator die de mineralisatie het best voorspelt (hoogste R²): het totaal N-gehalte. Een vergelijkbare berekening kan worden uitgevoerd met de andere N-indicatoren; de verklaarde variantie van de N-mineralisatie is echter lager bij deze indicatoren. Het opnemen van de leeftijd van de graszode naast de gemeten bodemindicator, leidt tot een betere voorspelling van de N-mineralisatie (zie Bijlage 2).

De mineralisatie in g N per m² per week kan met de formule uit tabel 1 als volgt worden berekend uit het totaal N-gehalte:

¹ In de incubatieproef naar bodemindicatoren is uit pragmatische overwegingen (beschikbaarheid van kolommen) de 0-15 cm laag bemonsterd. Dit is geen standaard bemonsteringslaag. Het wordt aanbevolen om de bemonsteringslaag voor het monster waarin de mineralisatie-indicator wordt bepaald gelijk te maken aan die van andere analyses (zoals minerale N). Hiertoe moeten de waarden van de incubatieproef worden gecorrigeerd. In dit rapport wordt verder niet ingegaan op deze correctie, maar de rekenformules die wordt gebruikt voor de berekening van NLV in de 0-10 en 0-20 cm laag in het bemestingsadvies voor grasland (<http://www.bemestingsadvies.nl/>), zouden hiervoor kunnen worden gebruikt.

$$\text{Mineralisatie} = 0,204 * (\text{totaal N-gehalte}) + 0,75$$

waarbij mineralisatie is uitgedrukt in g N per m² per week en totaal N-gehalte in g N per kg droge grond.

Voor berekening op hectare-basis geldt dan:

$$\text{Mineralisatie} = 2,04 * (\text{totaal N-gehalte}) + 7,5$$

waarbij mineralisatie is uitgedrukt in kg N per ha per week en het totaal N-gehalte in g N per kg.

Tabel 1. Relatie tussen gemeten N-indicatoren in de 0-15 cm laag (x) en de N-mineralisatie (Y, in g N m² week⁻¹)

Mineralisatie indicator	formule	R ²
totaal C (g C kg ⁻¹)	y= 0.022 x + 0.52	0.48
totaal N (g N kg ⁻¹)	y= 0.204 x + 0.75	0.50
C/N	y= -0.063 x + 2.25	0.17
DOC (mg kg ⁻¹)	y= 0.001 x + 0.94	0.38
DON (mg kg ⁻¹)	y= 0.018 x + 0.92	0.32
DOC/DON	y= 0.101 x + 0.20	0.23
hot-KCL (mg NH ₄ -N kg ⁻¹)	y= 0.020 x + 0.71	0.47

De incubatie is uitgevoerd bij 20 °C (Smit en Velthof, 2008). De temperatuur in het veld is lager en daarom wordt de vergelijking gecorrigeerd voor temperatuur. Voor microbiologische processen geldt in het algemeen dat de snelheid verdubbeld als de temperatuur met 10 °C toeneemt (Q₁₀ =2). In tabel 2 staan de correctiefactoren per maand weergegeven, uitgaande de gemiddelde langjarige maandtemperaturen volgens KNMI. De mineralisatie in de maand april (in kg N per ha per week) wordt dan bijvoorbeeld berekend als 0,44 * (2,04*(totaal N-gehalte) + 7,5), waarbij het gehalte aan totaal N is uitgedrukt in g N per kg. In tabel 3 wordt de op deze wijze berekende maandelijks mineralisatie in gescheurd grasland gegeven bij verschillende totaal N-gehalten. Een vergelijkbare tabel kan dus worden gemaakt voor andere indicatoren voor mineralisatie.

Tabel 2. Gemiddelde maandtemperatuur (langjarig gemiddelde; KNMI) en correctiefactor voor mineralisatie gemeten bij 20 °C uitgaande dat de mineralisatie verdubbeld bij een stijging van de temperatuur met 10 °C.

	Gemiddelde temperatuur, °C	Correctie factor
Januari	2,8	0,30
Februari	2,9	0,31
Maart	5,6	0,37
April	8,1	0,44
Mei	12,5	0,59
Juni	15,0	0,71
Juli	17,2	0,82
Augustus	17,1	0,82
September	14,2	0,67
Oktober	10,4	0,51
November	6,3	0,39
December	4,0	0,33

De metingen in de incubatieproef laten zien dat mineralisatiesnelheid gedurende drie maanden bij 20 °C niet verandert. In het veld mag worden verwacht dat de door scheuren van grasland verhoogde mineralisatie nog langer duurt, omdat de temperatuur lager is. Vertès et al. (2007) lieten zien dat de mineralisatie na ploegen van grasland twee fasen kent: een fase met een hoge mineralisatie gedurende het eerste jaar en een fase met een lagere mineralisatie (maar hoger dan blijvend bouwland) in de jaren er na. De indicator die in de onderhavige studie is afgeleid geeft waarschijnlijk alleen een voorspelling voor de hoge mineralisatie gedurende de eerste maanden tot jaar na het scheuren van grasland.

In het bemestingsadvies voor blijvend grasland wordt het stikstofleverend vermogen (NLV) berekend uit het organisch N-gehalte (dit is ongeveer gelijk aan het totaal N-gehalte, aangezien het minerale N-gehalte meestal veel lager is dan het organische N-gehalte). Deze berekening is gebaseerd op het werk van Hassink (1995). Voor zandgrond geldt dat het N-leverend vermogen kan worden berekend als: $78,0 + 31,3 \times (\text{g organisch N per kg grond in de 0-20 cm laag})$ of $78,0 + 28,4 \times (\text{g organisch N per kg grond in de 0-10 cm laag})^{1,0046}$. Bij een N-gehalte van 1 g N per kg grond is de NLV van de 0-15 cm laag dus ongeveer 108 kg N per ha (het gemiddelde van die van 0-10 en 0-20 cm). Dit is de N-levering tijdens het groeiseizoen. De cumulatieve N-mineralisatie in gescheurd grasland bij een N-gehalte van 1 g N per kg grond in 0-15 cm laag in het groeiseizoen (de periode april tot en met september) is volgens de in het onderhavige rapport afgeleide methode 155 kg N per ha (tabel 3). Deze waarde is hoger dan de berekende NLV, hetgeen te verklaren is door het feit dat door afsterven van gewasresten de totale N-mineralisatie (bodem + gewasresten) in gescheurd grasland hoger is dan in blijvend grasland.

Tabel 3. Mineralisatie in gescheurd grasland in kg N per ha per maand bij verschillende gehalten aan totaal N in de bodem (0-15 cm laag).

Totaal N, g N/kg	jan	feb	mrt	april	mei	juni	juli	aug	sept	okt	nov	dec
0,5	10	10	13	15	20	24	28	28	23	18	13	11
1,0	12	12	14	17	23	27	31	31	26	20	15	13
1,5	13	13	16	19	25	30	35	35	28	22	16	14
2,0	14	14	17	20	28	33	38	38	31	24	18	15
2,5	15	15	19	22	30	36	41	41	34	26	19	17
3,0	17	17	20	24	32	39	45	45	36	28	21	18
3,5	18	18	22	26	35	41	48	48	39	30	23	19
4,0	19	19	23	27	37	44	52	51	42	32	24	21
4,5	20	20	25	29	40	47	55	55	45	34	26	22
5,0	21	22	26	31	42	50	58	58	47	36	27	23
5,5	23	23	28	33	45	53	62	61	50	38	29	25
6,0	24	24	29	35	47	56	65	65	53	41	31	26
6,5	25	25	31	36	49	59	68	68	56	43	32	27
7,0	26	27	32	38	52	62	72	71	58	45	34	29

4.3 Mineralisatie in blijvend bouwland

In de bemestingsadviezen van snijmaïs, akkerbouwgewassen en tuinbouwgewassen zit als het ware een mineralisatie van organische bodem-N verweven. Om de extra N-mineralisatie uit gescheurd grasland ten opzichte van blijvend bouwland te berekenen moet de berekende totale N-mineralisatie uit gescheurd grasland (tabel 3) worden gecorrigeerd voor de N-mineralisatie die in blijvend bouwland optreedt. In het kader van het project naar maatregelenpakketten in het LNV-programma 398-I zijn modelberekeningen uitgevoerd naar de N-mineralisatie in bouwland. De resultaten van een gemiddelde N-mineralisatie in bouwland zijn gebruikt door de Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (WOG) voor het schatten van gehalten aan minerale N in het voorjaar (Schröder et al., 2004). De berekende gemiddelde N-mineralisatie in bouwland bedraagt 75 kg N per ha in de periode april tot en met augustus. Hierbij moet worden aangegeven dat de spreiding groot zal zijn in de praktijk, veroorzaakt door met name verschillen in bouwplan, historie in gebruik van dierlijke mest, andere organische meststoffen en kunstmest en de grondsoort. Voor de maanden januari, februari, maart, oktober, november en december wordt in de onderhavige studie aangenomen dat de mineralisatie 5 kg N per ha per maand bedraagt. In tabel 4 staan de maandelijkse mineralisatie in blijvend bouwland gegeven.

Tabel 4. Totale N-mineralisatie in blijvend bouwland (mineralisatie in de periode april tot en met augustus zijn afkomstig van Schröder et al., 2004; die van de overige maanden zijn geschat op 5 kg N per ha per maand).

Periode	N-mineralisatie in bouwland, kg N ha ⁻¹
jan	5
feb	5
mrt	5
april	10
mei	15
juni	15
juli	15
aug	20
sept	10
okt	5
nov	5
dec	5

4.3.1 Bemestingsadvies na gescheurd grasland

De korting die voor de mineralisatie uit gescheurd grasland moet worden toegepast is gelijk aan de mineralisatie uit gescheurd grasland in de N-opname periode minus die in blijvend bouwland in de N-opname periode. De mineralisatie uit gescheurd grasland wordt berekend uit tabel 3, de mineralisatie in blijvend bouwland uit tabel 4 en de N-opname periode uit Annex 1.

De benodigde bemesting van het gewas dat na gescheurd grasland wordt geteeld, wordt dan als volgt berekend:

$$N\text{-gift} = \text{Bemestingsadvies} + \text{mineralisatie bouwland} - \text{mineralisatie bodemanalyse} - N_{\text{min}},$$

Waarbij (in kg N ha⁻¹):

- N-gift = de geadviseerde N-gift;
- bemestingsadvies = de maximale N-gift in het bemestingsadvies (bij een N_{min} van 0 kg N per ha);
- mineralisatie bouwland = de mineralisatie in blijvend bouwland gedurende de N-opname-periode van het gewas (tabel 4);
- mineralisatie bodemanalyse = de mineralisatie in gescheurd grasland gedurende de N-opname-periode van het gewas (tabel 3);
- N_{min} de hoeveelheid minerale N in de bodem (zie annex 1 voor bodemlaag die wordt bemonsterd).

Snijmaïs en aardappelen hebben een N-opname periode tot 1 augustus en tulp tot 1 juli (annex 1). In tabel 5 worden voor verschillende N-gehalten in de bodem de korting voor de extra N-mineralisatie weergegeven, uitgaande van een bodembemonstering op 1 februari voor tulp en 1 april voor aardappelen. De N-gift wordt dan berekend uit het advies, gecorrigeerde hoeveelheid minerale N in de bodem op het tijdstip van bemonstering (Annex 1) en de correctie voor N-mineralisatie. De gift zal verder worden beperkt indien het scheuren van grasland leidt tot hoge minerale N-gehalten in de bodem.

Tabel 5. Korting op de N-gift in kg N per ha voor mineralisatie uit gescheurd grasland bij verschillende N-gehalten in de bodem (0-15 cm laag).

Totaal N, g N/kg	Snijmaïs en aardappelen	Tulp
	bemonstering 1 april	bemonstering 1 feb
0,5	32	32
1,0	43	42
1,5	53	52
2,0	64	62
2,5	74	72
3,0	85	82
3,5	95	91
4,0	106	101
4,5	116	111
5,0	126	121
5,5	137	131
6,0	147	141
6,5	158	150
7,0	168	160

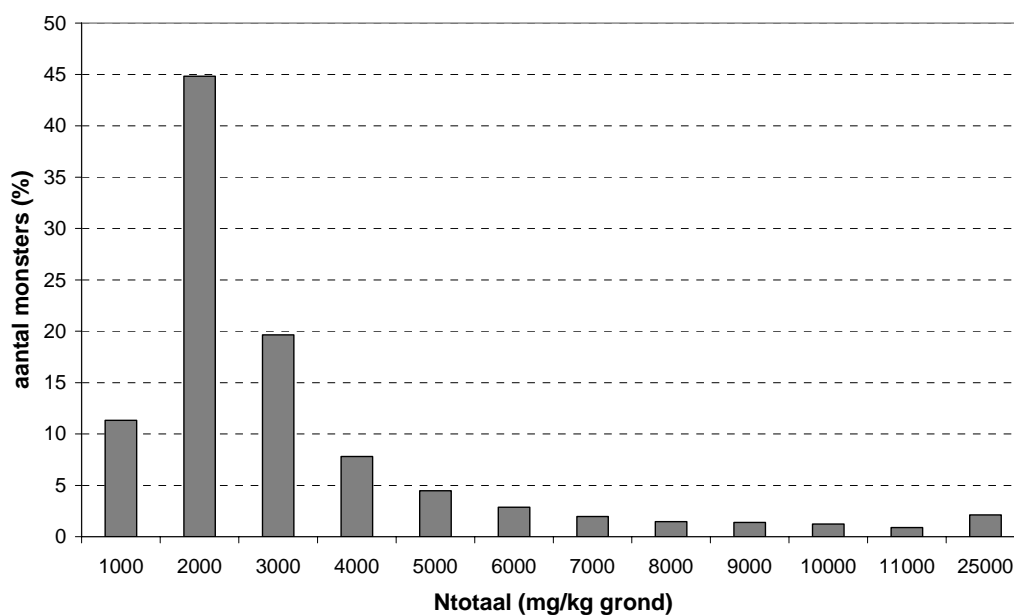
4.3.2 Vergelijking met korting volgens de adviesbasis voor bemesting

In de Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen (Van Dijk, 2005) en die van snijmaïs (<http://www.bemestingsadvies.nl/>) wordt er rekening gehouden met de N-levering

uit gescheurd grasland. De N-nawerking, uitgedrukt in de korting op de N-gift, is bij het scheuren van éénjarig grasland 50 tot 70 kg per ha en bij het scheuren van twee- en meerjarig grasland 100 kg per ha. Daarnaast wordt bij aardappelen en snijmaïs rekening gehouden met de hoeveelheid minerale N in de bodem in het voorjaar. Deze hoeveelheid minerale N kan hoog zijn in gescheurd grasland (tot meer dan 150 kg N per ha; Hoving en Velthof, 2006).

In de adviesbasis voor bemesting van bloembollen (Van Dam et al, 2004) wordt de startgift voor tulp met 40 tot 80 kg N per ha gekort als de tulp op gescheurd grasland wordt geteeld (afhankelijk van het minerale N-gehalte). Tulp wordt bemest via een stikstofbijmeststelsel (NBS), zodat een hoge mineralisatie in het gescheurde grasland tot een verdere korting van de N-gift kan leiden.

In figuur 2 staat de frequentieverdeling weergegeven van het totaal N-gehalte in grondmonsters van percelen gescheurd grasland (vlak voor of na het scheuren) die aangeboden zijn aan Bgg in 2006 en 2007. De gemiddelde N-korting voor aardappelen en maïsland na gescheurd grasland zou op basis van deze verdeling en de formules uit de vorige paragraaf 95 kg N per ha bedragen (variërend van een korting van minder dan 50 kg N ha⁻¹ tot meer dan 200 kg N ha⁻¹). De gemiddelde korting van 95 kg N ha⁻¹ komt goed overeen met de korting in de adviesbases voor bemesting (100 kg N ha⁻¹). Voor het grootste deel van de percelen gescheurd grasland zou de korting 60 – 80 kg N ha⁻¹ bedragen, hetgeen lager is dan het advies van 100 kg N ha⁻¹.



Figuur 2. Frequentieverdeling van totaal N gehalte in grondmonsters van percelen gescheurd grasland die aangeboden zijn aan Bgg in 2006 en 2007 (Bron: Bedrijfslaboratorium Grond- en gewasanalyse).

Daarnaast zal nog een korting op de N-gift plaatsvinden als de gehalten aan minerale N na het scheuren van grasland hoog zijn. In de monsters van Blgg zijn ook de gehalten aan minerale N bepaald. De variatie is groot, van 0 tot 280 kg N ha⁻¹ met een gemiddelde van 43 kg N ha⁻¹. Een deel van de monsters is genomen voor het scheuren (waarschijnlijk een laag gehalte aan minerale N) en een deel van de monsters is genomen na het scheuren (waarschijnlijk een hoog gehalte aan minerale N).

4.3.3 Onderzoek met gewassen

In verschillende N-trappen proeven op gescheurd grasland van Dekker et al. (2008) en Van Schooten et al. (2008) is de economisch optimale opbrengst bepaald van aardappelen en snijmaïs (uit opbrengstcurves). In dit onderzoek zijn ook de minerale N-gehalten en totaal N-gehalten in de bodem bepaald op verschillende tijdstippen. Op basis van deze resultaten kan de adviesgift worden berekend volgens:

- de adviesbasis (zie vorige paragraaf), waarbij de N-gift wordt gecorrigeerd voor minerale N gehalte in de bodem (gemeten enkele dagen na het scheuren van grasland). Daarnaast wordt de N-gift gekort 100 kg N per ha;
- korting voor minerale N (gemeten enkele dagen na het scheuren van grasland) op dezelfde wijze als in de adviesbasis en een korting voor mineralisatie berekend op basis van een analyse van het totaal N-gehalte in de bodemlaag 0-15 cm vlak na scheuren, volgens de methodiek uit paragraaf 4.4.1.

Beide methoden van berekening van de benodigde bemesting verschillen dus in de schatting van de N-mineralisatie.

Als de uit de opbrengstcurves berekende optimale opbrengsten worden vergeleken met de volgens beide methoden geadviseerde N-giften voor 15 proeven van Dekker et al. (2008) en Van Schooten et al. (2008) blijkt er geen verband bestaat ($R^2 < 5\%$). In tabel 6 wordt de afwijking gegeven van de geadviseerde giften ten opzichte van de in de proeven berekende optimale N-giften. Het gemiddelde en mediaan komen redelijk overeen, maar de afwijkingen kunnen groot zijn. Uit deze analyse blijkt dat de methode waarop mineralisatie wordt berekend uit een analyse van het gehalte aan totaal N (paragraaf 4.4.1) niet beter (of slechter) is dan de standaardkorting van 100 kg N per ha uit het bemestingsadvies. Er kunnen verschillende oorzaken zijn voor de grote afwijkingen:

- in de gewasproeven komen enkele opmerkelijke uitschieters voor, die niet te verklaren zijn. Een reden hiervoor kan zijn dat de gefitte opbrengstcurves vaak zwak waren. Ook was de ruimtelijke variabiliteit van het organische stofgehalte groot in sommige proefvelden, hetgeen de resultaten kan hebben beïnvloed (Van Schooten et al., 2008).
- in het bemestingsadvies voor aardappelen op zandgrond en die voor maïsland wordt alleen de minerale N in de 0-30 cm laag beschouwd. Uit de bodemanalyses blijkt dat hoeveelheid minerale N in de 30-60 cm laag soms hoog is (tot wel meer dan 50 kg N per ha). Zowel aardappelen als snijmaïs kunnen waarschijnlijk een deel van deze minerale N opnemen. Dit zou een verklaring kunnen zijn waarom

in sommige proeven de geadviseerde N-giften beduidend hoger zijn dan de berekende optimale N-gift.

- De in het bemestingsadvies weergegeven correctie van de N-bemesting voor mineralisatie en de op basis van totaal N berekende correctie zijn geen goede indicatoren voor de daadwerkelijke N-levering aan het gewas en N-opname door het gewas.

Het moet worden opgemerkt dat zowel het volgen van de adviesbasis voor bemesting als de methode op basis van totaal N tot een korting van de N-gift hebben geleid ten opzichte van de teelt op blijvend bouwland. Dit wordt veroorzaakt door zowel de correctie voor hoge minerale N-gehalten als de correctie voor mineralisatie. De korting van de N-bemesting van aardappelen en maïsland op gescheurd grasland varieert van 80 tot meer dan 250 kg N per ha ten opzichte van blijvend bouwland en maïsland. Deze kortingen in bemesting leiden tot een verminderd risico op nitraatuitspoeling.

Tabel 6. Afwijking van de N-gift volgens het bemestingsadvies en volgens de in paragraaf 4.3.1. afgeleide methode op basis van totaal N ten opzichte van de uit proeven berekende optimale N-gift, kg N per ha (n = 15 proeven; 5 proeven met snijmaïs en 10 proeven met consumptie aardappelen)

	Adviesbasis bemesting	Advies conform methode uit paragraaf 4.3.1
gemiddeld	-24	14
mediaan	-5	15
min	-178	-156
max	68	125

Belgisch onderzoek van Bommelé (2007) met aardappelen op gescheurd grasland liet zien dat de N-gift kon worden gekort met 150 kg N per ha voor onderploegen van driejarig grasland tot 200 kg N per ha voor onderploegen van grasland van 36 jaar. Deze kortingen lagen in lijn met de gemeten extra mineralisatie ten opzichte van blijvend bouwland; 144 kg N per ha voor het jonge grasland en 256 kg N per ha voor het oude grasland. Onderzoek van Nevens en Reheul (2002) op hetzelfde proefveld liet zien dat maïsland geteeld op gescheurd grasland niet bemest hoeft te worden met stikstof. De korting ten opzichte van blijvend maïsland bedroeg 150 kg N per ha.

Uit proeven van Van Dijk et al. (1996) met snijmaïs op gescheurd grasland op zandgrond in Maarheeze is afgeleid dat de N-bemesting met 100 kg N per ha kan worden verlaagd. Dit is overgenomen door adviesbases bemesting (Van Dijk, 2005; www.bemestingsadvies.nl). De N-gift van gewassen die na het scheuren van grasland worden geteeld kan met 100 kg N per ha worden gekort. Het gehalte aan N-totaal in de 0-30 cm bodemlaag bedroeg in de proef van Van Dijk et al. (1996) 0,9 g per kg N gehalte. Volgens de tabel 5 bedraagt de korting bij dit N-totaal gehalte ongeveer 40 kg N per ha en dus lager dan de uit de proeven afgeleide 100 kg N per ha. Het onderzoek van Van Dijk et al. (1996) werd uitgevoerd bij scheuren van meerjarige kunstweide, dat alleen werd gemaaid (en niet geweid). Het is niet duidelijk of dit een reden is voor de relatief hoge N-mineralisatie van 100 kg N per ha bij een laag totaal N-gehalte.

5 Bemestingsadvies graslandvernieuwing

Er is geen onderzoek verricht naar gebruik van bodemanalyses bij herinzaai. Geadviseerd wordt om vooralsnog de methode uit Velthof (2005) te gebruiken, zoals hieronder beschreven. Het is wel mogelijk om analoog aan de in het vorige hoofdstuk beschreven methode voor bouwland een bemestingsadvies voor graslandvernieuwing op te stellen, maar dit viel niet binnen het kader van het onderzoek.

5.1 Bemonstering van het gescheurde grasland

De bodem dient bij voorkeur bemonsterd te worden op de dag van herinzaai en uiterlijk binnen zeven dagen na herinzaai. De te bemonsteren laag is de 0-20 cm laag, omdat i) dit de laag is waar het jonge gras de N uit opneemt en ii) dit aansluit bij de bepaling van het stikstofleverend vermogen (NLV) na herinzaai van grasland in het bemestingsadvies. Voor het aantal monsters dat voor een mengmonster moet worden genomen worden de richtlijnen uit de adviesbasis voor bemesting van grasland en voedergewassen (www.bemestingsadvies.nl) gevolgd. Het is denkbaar dat het bemonsteren ten tijde van vernietigen voordelen heeft boven het bemonsteren bij inzaai (voldoende nauwkeurige informatie maar veel eerder beschikbaar). Dat zou onderzocht moeten worden.

5.2 Analyse van het bodemmonster

In het bodemmonster wordt het gehalte aan totaal N bepaald, waarmee de NLV wordt berekend volgens de richtlijnen uit het bemestingsadvies (www.bemestingsadvies.nl). Er is geen relatie vastgesteld tussen NLV en totaal N op veengrond. Voor veengrond wordt een vaste waarde van 250 kg N per ha gehanteerd. In het bemestingsadvies wordt geadviseerd om bij herinzaai een startgift van 30 kg N per ha te geven. Gezien de hoge gehalten aan minerale N in de bodem vlak na scheuren (Hoving en Velthof, 2006) is het zeer twijfelachtig of deze gift van 30 kg N per ha zinvol is. Een startgift is mogelijk alleen zinvol zijn als de bovenlaag van de bodem door ploegen veel schraler is dan het gemiddelde van de bemonsterde laag; de jonge plantjes wortelen in de eerste groeifase erg ondiep en dit zou er toe kunnen leiden dat de stikstof niet beschikbaar is. Een optie is om een bepaling van minerale N uit te voeren om vast te stellen of een startgift van 30 kg N per ha moet worden gegeven. Binnen twee weken na opkomst van het gras wordt doorgaans de startgift gegeven. Het analysesresultaat met betrekking tot het al dan niet geven van de startgift moet dus voor die tijd bekend zijn. Minerale N kan worden bepaald met standaardtechnieken zoals 1M KCl of 0,01M CaCl₂ in droge en veldvochtige monsters.

De bemesting van het nieuwe grasland wordt dus gebaseerd op een indicator voor N-mineralisatie (bepaling van totaal N; NLV) en mogelijk een bepaling minerale N en voldoet daarmee aan de eisen die door de Europese Commissie (zie Hoofdstuk 1 Inleiding) zijn gesteld aan bemesting van het gewas dat na het scheuren van grasland wordt geteeld.

5.3 Berekening van de startgift

Indien de hoeveelheid minerale N in de 0-20 cm laag in het bodemmonster dat vlak na herinzaai is genomen lager is dan 50 kg N per ha, dan wordt een startgift gegeven. Indien er meer minerale N aanwezig is of indien er geen bepaling van minerale N is uitgevoerd dan wordt geen startgift gegeven en wordt de eerste snede na scheuren niet bemest. Er is hierbij door Velthof (2005) een grens gesteld van 50 kg N per ha, maar deze grens van 50 kg minerale N zou door middel van onderzoek beter onderbouwd kunnen worden. Het is te verwachten dat de gehalten aan minerale N in de bodem na het scheuren van grasland veel hoger zijn en dan is het advies om geen N-bemesting toe te passen in de eerste snede na herinzaai. Hiermee wordt de eerste snede gebruikt om de piek in N-mineralisatie na het scheuren op te vangen. Het bepalen van minerale N voor een startgift lijkt voor veengrond nog minder zinvol dan voor zand- en kleigrond, omdat een hogere N-mineralisatie mag worden verwacht. Voor veengrond wordt dus geadviseerd om de startgift achterwege te laten.

5.4 Berekening van de N-bemesting van overige sneden

Na de oogst van de eerste lichte snede van ongeveer 1500 kg drogestof per ha wordt het gangbare N-bemestingsadvies van grasland gevolgd. Daarbij wordt de NLV-klasse gebruikt die bepaald is aan de hand van het na herinzaai genomen bodemmonster. Bij de bemesting van de eerste productieve snede wordt rekening gehouden met het tijdstip in het groeiseizoen.

6 Mineralisatie in gescheurd grasland

Op verzoek van LNV wordt een overzicht gegeven van de mineralisatie in gescheurd grasland.

Uit de literatuur volgt een grote variatie in stikstofmineralisatie in het eerste jaar na het scheuren van grasland; 100 to 400 kg N per ha per jaar (Aarts et al. 2001; Bommelé, 2007; Darby et al. 1988; Johnston et al. 1994; Van Dijk et al. 1996; Vertès et al. 2007; Whitehead et al. 1990; Zwart et al. 1999). Het betreft hierbij zowel de N-mineralisatie uit de organische stof in de bodem als die uit de graszode. De grote variatie wordt veroorzaakt door een groot aantal factoren, zoals het gehalte aan organische stof, de grondsoort, het stikstofmanagement, weersinvloeden en de leeftijd van het grasland maar mogelijk ook door de wijze waarop de mineralisatie is bepaald (gewasopname, mineralisatie in veld, incubatieproeven, stikstofbalansen en modelberekeningen). Er is een trend dat de N-mineralisatie toeneemt bij een toenemend leeftijd van het grasland (Johnston et al. 1994).

In het onderzoek van Smit en Velthof (2008) is de mineralisatie na het scheuren van grasland bepaald in 20 zandgronden en 22 kleigronden uit Nederland. De N-mineralisatie varieerde van 59 tot 361 kg N per ha in 12 weken bij een temperatuur van 20 °C. Als de gemeten mineralisatie wordt gecorrigeerd voor temperatuur bedraagt de mineralisatie 45 tot 275 kg N ha⁻¹ in de meetperiode van 12 weken. De jaarlijkse mineralisatie zal (veel) hoger zijn dan deze waarden en valt binnen de hierboven weergegeven spreiding van 100 – 400 kg N per ha per jaar.

Conclusies

Op verzoek van het ministerie van LNV zijn in 2005, 2006 en 2007 verschillende laboratorium- en veldstudies (proeven met aardappel, tulp en sijmaïs op zand- en kleigrond) uitgevoerd met als doel het verkrijgen van een bodemanalyse-methode om de stikstofmineralisatie uit gescheurd grasland te voorspellen. Met deze methode kunnen laboratoria adviezen geven over de bemesting van het gewas dat na het vernietigen van grasland wordt geteeld. Dit bemestingsadvies is dan gebaseerd op de analyses van het gehalte aan minerale N en een voorspelling van de N-mineralisatie. In dit rapport wordt de synthese van de verschillende deelonderzoeken gegeven.

De belangrijkste conclusies uit het onderzoek zijn:

- De voor temperatuur gecorrigeerde N-mineralisatie in gescheurd grasland in de laboratoriumproeven varieerde van 45 tot 275 kg N ha⁻¹ in een meetperiode van 12 weken. De jaarlijkse mineralisatie zal (veel) hoger zijn dan deze waarden en valt binnen de spreiding van in de literatuur weergegeven mineralisatie (100 - 400 kg N per ha per jaar).
- Uit de laboratoriumproeven volgt dat het gehalte aan totaal N (gemeten in de 0-15 cm laag) het best was gecorreleerd met de N-mineralisatie uit gescheurd grasland ($R^2 = 0,50$), gevolgd door totaal C ($R^2 = 0,48$), hot-KCl extraheerbaar NH₄ ($R^2 = 0,47$) en oplosbare organische C ($R^2 = 0,38$) en oplosbare N ($R^2 = 0,32$). Het opnemen van de leeftijd van het gescheurde grasland verbeterde het voorspellend vermogen van de mineralisatie-indicator (bijvoorbeeld de R^2 is 0,69 voor totaal N + leeftijd).
- In het bemestingsadvies voor blijvend (niet gescheurd grasland) kan het stikstofleverend vermogen ook worden berekend uit het totaal N-gehalte. Bij een N-gehalte van 1 g N per kg grond (0-15 cm laag) is de NLV op zandgrond ongeveer 108 kg N per ha. De cumulatieve N-mineralisatie in gescheurd grasland bij een N-gehalte van 1 g N per kg grond is volgens de in het onderhavige rapport afgeleide methode 155 kg N per ha. Deze waarde is hoger dan de berekende NLV, hetgeen te verklaren is door het feit dat door afsterven van gewasresten de totale N-mineralisatie (bodem + gewasresten) in gescheurd grasland hoger is dan in blijvend grasland.
- Er is uit het onderzoek een tabel afgeleid met de N-korting die kan worden toegepast op de bemesting van aardappelen, maïs en tulp bij verschillende N-gehalten in de bodem, variërend van een korting van 30 kg N per ha bij een totaal N-gehalte in de bodem van 0,5 g N per kg tot meer dan 120 kg N per ha bij een totaal N-gehalte van 5,0 g N per kg grond. Een vergelijkbare tabel kan ook worden afgeleid voor andere mineralisatie-indicatoren (totaal C, hot-KCl extraheerbaar NH₄, oplosbare organische N en C).
- Er werd geen relatie gevonden tussen de uit de opbrengstcurven berekende optimale N-gift in 15 proeven met aardappelen en snijmaïs en de N-gift berekend met i) de in het onderhavige rapport afgeleide methode en ii) het bemestingsadvies uit de adviesbasis voor bemesting. Dit zou zowel veroorzaakt kunnen worden

door onzekerheden in het afleiden van de optimale N-gift in de proeven als in onzekerheden bij de voorspelling van de N-mineralisatie.

- Op basis van analyses van totaal N in bodemmonsters door Blgg zou de gemiddelde korting van de bemesting van het gewas dat geteeld wordt op gescheurd grasland 95 kg N ha^{-1} bedragen. Deze korting komt overeen met de korting uit de adviesbases bemesting van 100 kg N ha^{-1} . Voor het grootste deel van de percelen gescheurd grasland zou de korting lager zijn dan de korting uit de adviesbases: $60 - 80 \text{ kg N ha}^{-1}$.

Uit het onderzoek zijn relaties afgeleid tussen bodemanalyses en N-mineralisatie in gescheurd grasland die gebruikt kunnen worden voor bemestingsadviezen. Het gehalte aan totaal N was het sterkst gerelateerd aan mineralisatie, maar ook andere bodemanalyses kunnen worden gebruikt. De onzekerheid van de voorspelling van N-mineralisatie is groot, hetgeen bekend is bij indicatoren voor N-mineralisatie (dit geldt bijvoorbeeld ook voor de berekend NLV van grasland). Een bepaling van de N-mineralisatie op basis van een bodemanalyse ten opzichte van de standaardkorting van 100 kg N per ha uit de adviesbases voor bemesting heeft als voordeel dat deze analyse kan worden gecombineerd met een analyse van minerale N en analyses van andere relevante bodemvruchtbaarheidsparameters, zoals fosfaat- en kaliumtoestand en pH.

Mocht de methode gebruikt worden in de Meststoffenwet en/of door laboratoria bij hun bemestingsadvisering dan is, gezien de onzekerheden, het belangrijk dat de resultaten kritisch worden geëvalueerd en de methode eventueel wordt bijgesteld.

Literatuur

Aarts, H.F.M., J.G. Conijn & W.J. Corré (2001) Nitrogen fluxes in the plant component of the 'De Marke'; farming systems, objectives and results. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 49, 153-162.

Bommelé, L. (2007) Growing potatoes and grass-clover after turned down grassland. Proefschrift universiteit van Gent.

Dam, A.M. van L.J.M. Kater en N.S. van Wees (2004) Adviesbasis voor de bemesting van bloembolgewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Sector Bloembollen, PPO-rapport 708.

Dam, A.M. van (2008). Indicator voor stikstofmineralisatie in gescheurd grasland; stikstofbehoefte van tulp op gescheurd grasland. PPO rapport 32 360380 07.

Darby, R.J., Hewitt, M.V., Penny, A., Johnston, A.E. and McEwan, J. (1988). The effects of increasing length of ley on the growth and yield of winter wheat. *Rothamsted Report I*, pp. 101–102.

Dekker P.H.M., J.G.M. Paauw, H.A.G. Verstegen en ir. W. van den Berg (2008). Indicator voor stikstofmineralisatie in gescheurd grasland; stikstofbehoefte van consumptieaardappel op gescheurd grasland in 2007. PPO-rapport 3250032400.

Dijk, van W. (2005). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad, PPO-rapport 307.

Dijk, van W., T. Baan Hofman, K. Nijssen, H. Everts, A.P. Wouters, J.G. Lamers, J. Alblas & J. van Bezooijen (1996). Effecten van maïs-gras vruchtwisseling. Verslag 217, Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad, 140 pp.

Hassink, J. (1995) Prediction of the non-fertilizer N supply of mineral grassland soils. *Plant and Soil* 176, 71-79.

Hoving, I.E. en G.L. Velthof (2006). Landbouw- en milieukundige effecten van graslandvernieuwing op zand- en kleigrond. Lelystad, Animal Sciences Group. Praktijk Rapport Rundvee 83.

Johnston, A.E., J. McEwen, P.W. Lane, M.V. Hewitt, P.R. Poulton, and D.P. Yeoman (1994). Effects of one to six year old ryegrass-clover leys on soil requirements of the arable sequence winter wheat, potatoes, winter wheat, winter beans (*Vicia faba*) grown on a sandy loam soil. *Journal of Agricultural Science* 122, 73-89.

Nevens, F. and D. Reheul (2002) The nitrogen- and non-nitrogen-contribution effect of ploughed grass leys on the following arable forage crops: determination and optimum use. *European Journal of Agronomy*: 16: 57-74.

Schooten, H.A. van, I.E. Hoving, P.H.M. Dekker en J.W. van Riel (2008) Indicator voor stikstofmineralisatie in gescheurd grasland; stikstofbehoefte van aardappelen en snijmaïs op gescheurd grasland. *Animal Sciences Group, Rapport 89*

Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, M.J.C. Bode, M.J.C., W. van Dijk, W., J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof & W.J. Willems (2004) Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. *Rapport Plant Research International 79*, 166 p.

Smit, A. & G.L. Velthof (2008) Comparison of indices for N mineralization after destruction of grassland. *Plant and Soil* (submitted).

Velthof, G.L. (2005) Randvoorwaarden aan het scheuren van grasland met betrekking tot volggewas, periode en bemesting, *Alterra-rapport 1204*, 98 p.

Vertès, F, D. Hatch, G. Velthof, F. Taube, F. Laurent, P. Loiseau, S. Recous (2007) Short-term and cumulative effects of grassland cultivation on nitrogen and carbon cycling in ley-arable rotations, p. 227-246. In: Vliegler, A. de, L. Carlier (eds), *Grassland Science in Europe*, 12.

Whitehead, D.C., A.W. Bristow and D.R. Lockyer (1990). Organic matter and nitrogen in the unharvested fractions of grass swards in relation to the potential for nitrate leaching after ploughing. *Plant and Soil* 123: 39-49.

Zwart, K.B., A.P. Whitmore & J.G. Bokhorst (1999). Management of organic matter in open organic, ecological and integrated cropping systems. Final report. Report 102, AB-DLO, Wageningen, 90 pp (in Dutch).

Bijlage 1 Gegevens voor bemestingsadvies AT-gewassen

Bemonsteringslaag en –datum, einddatum van de N-opname-periode bij de eerste teelt na het scheuren, bemestingsadvies, en de N-mineralisatie in de periode tussen bemonstering en het einde van de N-opname periode.

Gewas	Bemonstering		Einde N-opname periode	advies	N-Mineralisatie bouwland in opname periode
	laag, cm	datum			
Wittekool	60	1-apr	15-okt	270	90
Spitskool	60	1-apr	1-sep	250	75
Broccoli	60	1-apr	15-jul	250	50
Consumptie-aardappel (zand)	30	1-apr	1-aug	265	55
Spinazie (1e teelt)	30	1-apr	1-jun	210	25
Rodekool	60	1-apr	15-okt	265	90
Savooie kool	60	1-apr	15-okt	260	90
Consumptie-aardappel (klei/löss)	60	1-apr	1-aug	250	55
Zetmeelaardappel	30	1-apr	1-aug	240	55
Prei ¹	30	1-apr	1-okt	220	85
Spruitkool	60	1-apr	1-nov	195	90
Wintertarwe (klei)	100	1-feb	1-jul	210	47
Bloemkool	60	1-apr	1-aug	175	55
Krotten	30	1-apr	15-sep	185	80
Bleek- en groenselderij	60	1-apr	1-aug	180	55
Korrelmaïs	60	1-apr	1-aug	175	55
Winterkoolzaad	100	1-feb	1-jul	175	40
Paksoi	30	1-apr	15-jun	175	30
Suikermaïs, conserventeelt	60	1-apr	1-sep	170	75
2e Jaars plantui	30	1-apr	1-aug	170	55
Graszaad – Eng. raaigras 1e jaar	90	1-feb	1-jul	155	47
Chinese kool (verse markt)	60	1-apr	15-jun	130	30
Knolselderij	60	1-apr	15-okt	170	90
Augurk (vlakveldsteelt)	30	1-apr	15-sep	170	80
Augurk (aan een touw)	30	1-apr	15-sep	170	80
Pompoen	60	1-apr	15-sep	170	80
Voederbiet	60	1-apr	1-okt	165	85
Courgette	60	1-apr	1-sep	165	75
Patisson	30	1-apr	15-sep	165	80
Wintertarwe (zand)	100	1-feb	1-jul	160	47
Triticale (winter)	100	1-feb	1-jul	160	47

Gewas	Bemonstering		Einde N-opname periode	advies	N-mineralisatie in opname periode kg N per ha
	laag, cm	datum			
GPS triticale, wintertarwe	100	1-feb	1-jul	150	47
Snijmaïs	60	1-apr	1-aug	160	55
Koolrabi	30	1-apr	1-jul	140	47
Snij- of bladselderij	30	1-apr	15-jun	160	30
Andijvie (1e teelt)	30	1-apr	15-jul	160	60
Vroege aardappelen	60	1-apr	1-aug	130	55
Suikerbiet	60	1-apr	1-okt	150	85
GPS wintergerst	60	1-feb	1-jun	135	32
Winterui	60	1-feb	1-jul	140	47
Winterkarwij	100	1-feb	1-jul	130	47
Radicchio	30	1-apr	15-jul	150	60
Rettich (Daikon-type)	60	1-apr	1-aug	125	55
Spinazie (volgteelt)	30	Nvt	Nvt	110	
Wintergerst	100	1-feb	1-jun	140	25
Schorseneren	60	1-apr	1-dec	115	90
Peterselie, meermalige oogst	30	1-apr	1-jun	140	25
Postelein	30	1-apr	15-jun	130	30
Raapstelen	30	1-apr	1-jun	130	25
Zomertarwe	60	1-apr	1-aug	130	55
Suikermaïs, verse markt	60	1-apr	1-sep	130	75
Boerenkool	60	1-apr	15-aug	130	80
Afrikaantjes	60	1-apr	1-okt	130	85
Pootaardappel (klei)	60	1-apr	1-aug	120	55
Pootaardappel (zand/dalgrond))	60	1-apr	1-aug	120	55
Zaaiui	60	1-apr	15-aug	110	55
Bruine bonen	60	1-apr	15-aug	120	55
Stamsla- en stamsnijboon	30	1-apr	1-sep	120	75
Stokslaboon	30	1-apr	1-sep	120	75
Stokslijboon, spekboon, pronkboon	30	1-apr	15-sep	105	80
Vezelhenep	60	1-apr	1-sep	110	75
Winterbloemkool; geplant in augustus	60	1-feb	1-mei	120	17
Koolraap	60	1-apr	1-nov	120	90
Hyacint <i>planten najaar</i>	30	1-feb	1-jul	200	47
Tulp <i>planten najaar</i>	30	1-feb	1-jul	175	47

Gewas	Bemonstering		Einde N-opname periode	advies	N-mineralisatie in opname periode kg N per ha
	laag, cm	datum			
Grofbollige Iris <i>planten najaar</i>	30	1-feb	1-aug	145	62
Bijzondere bolgewassen <i>planten najaar</i>	30	1-feb	15-jun	155	30
Kleinbollige Iris <i>planten najaar</i>	30	1-feb	1-aug	140	62
Krokus, Grote Gele <i>planten najaar</i>	30	1-feb	1-aug	125	62
Narcis <i>planten najaar</i>	30	1-feb	1-aug	125	62
Gladiool, pitten <i>planten voorjaar</i>	30	1-apr	1-okt	240	85
Gladiool, kralen <i>planten voorjaar</i>	30	1-apr	1-okt	170	85
Bijzondere bolgewassen <i>planten voorjaar</i>	30	1-apr	1-okt	175	85
Knolbegonia <i>planten voorjaar</i>	30	1-apr	1-okt	130	85

Bijlage 2 Relatie tussen N-indicatoren en de N-mineralisatie in de incubatieproef

Relatie tussen N-indicatoren (totaal C in g C kg⁻¹, totaal N in g N kg⁻¹, DOC in mg C kg⁻¹, DON in mg N kg⁻¹, hot KCl extrabeerbaar NH₄ in mg N kg⁻¹), leeftijd in jaren en de N-mineralisatie (y) in g N m⁻² week⁻¹) (Smit & Velthof, 2008).

Model	R ²
y = 0,750 + 0,204*Ntotaal	50%
y = 0,543 + 0,160*Ntotaal + 0,187*ln(leeftijd)	59%
y = 0,521 + 0,022*Ctotaal	48%
y = 0,329 + 0,018*Ctotaal + 0,204*ln(leeftijd)	59%
y = 0,920 + 0,018*DON	32%
y = 0,612 + 0,013*DON + 0,241*ln(leeftijd)	48%
y = 0,941 + 0,001*DOC	38%
y = 0,637 + 0,001*DOC + 0,227*ln(leeftijd)	52%
y = 0,714 + 0,020*hot-KCL NH ₄	47%
y = 0,505 + 0,015*hot-KCL NH ₄ + 0,197*ln(leeftijd)	57%