

Uit de mest- en mineralenprogramma's

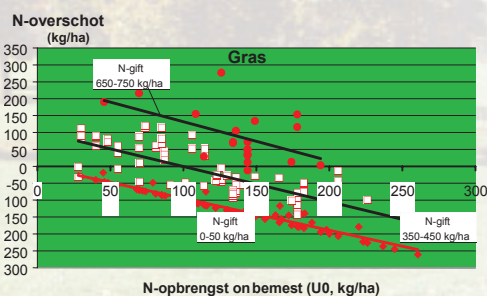
Het stikstof-overschot als maat voor emissies II. Residuaire minerale stikstof in N-trappenproeven

Inleiding

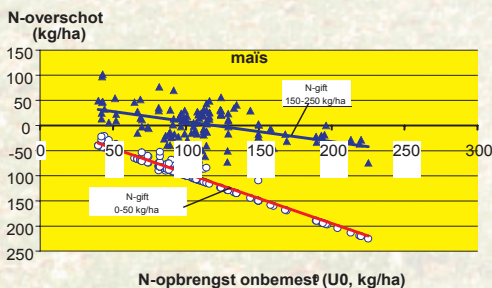
In Infoblad 398.28 werd betoogd dat een hoger N-leverend vermogen van de bodem - bij gelijkblijvende N-gift - weliswaar leidt tot een lager overschot op de bodembalans, maar dat tegelijkertijd op die 'rijkere' bodem de verliezen toch groter kunnen zijn. Dat verschijnsel werd de 'overschot-paradox' genoemd, en treedt op in datasets die van meerdere lokaties betrokken zijn. Deze paradox vertaalt zich meestal niet in een volledige omkering van de relatie tussen overschot en verlies (dus: hoge verliezen bij lage overschotten) omdat variatie in de N-gift en in de 'N-recovery' binnen een dataset kan overheersen, of tenminste even belangrijk kan zijn als variatie in N-leverend vermogen. De mechanismen die de paradox veroorzaken blijven echter wel bestaan, en zorgen dan op zijn minst voor forse ruis in de relatie tussen overschot en verlies-indicatoren. Bedoelde mechanismen worden hier verder toegelicht aan de hand van experimentele data.

Data sets

De basis van deze studie is een dataset uit 20 N-trappenproeven met gemaaid gras en 78 proeven met snijmaïs, verzameld ten behoeve van het project 'Sturen op Nitraat'. In alle proeven waren onbemeste veldjes opgenomen waar de gewasopname uit de bodem (N-opbrengst U_0) werd vastgesteld. Daarnaast omvatten de proeven natuurlijk vooral wel bemeste veldjes, met uiteenlopende N-giften. De per proef vastgestelde U_0 wordt gebruikt als indicator voor de bodemvruchtbaarheid in betreffende proef, en wordt voor alle veldjes gelijk verondersteld. Als maat voor de verliezen wordt hier gebruikt de hoeveelheid residuaire minerale stikstof in de bodem op het moment van oogst ($N_{\min,H}$). Dit is zeker geen perfecte maat voor het totale N-verlies uit het systeem, maar ze kan wel dienen ter illustratie van bedoelde mechanismen, bij gebrek aan een betere (meetbare) verliesmaat. $N_{\min,H}$ heeft steeds betrekking op diepte-intervallen 0-100 cm (gras) en 0-60 cm (maïs). $N_{\min,H}$ werd geregistreerd in 237 (gras) en 345 (maïs) objecten van genoemde proeven. De figuren in infoblad 398.28 zijn op deze zelfde data gebaseerd.



Figuur 1. N-overschot bij drie bemestingsniveaus, versus N-opbrengst in onbemest object (gras op zandgrond)



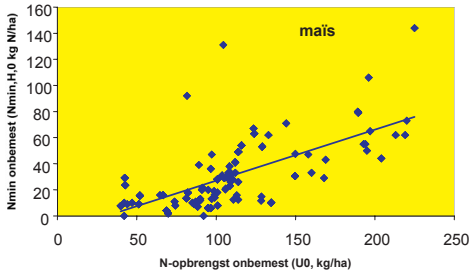
Figuur 2. N-overschot bij twee bemestingsniveaus, versus N-opbrengst in onbemest object (maïs op zandgrond)

Lineaire regressie

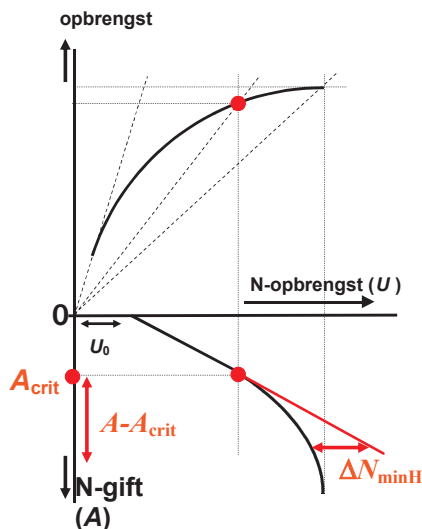
De datasets bevestigen voor gras en maïs de eerdergenoemde patronen:

- een negatieve correlatie tussen U_0 en overschot; dus lager overschot op 'rijkere' bodem
- een positieve correlatie tussen U_0 en residuaire stikstof $N_{\min,H}$; dus hoger verlies op 'rijkere' bodem
- negatieve correlatie tussen overschot en $N_{\min,H}$ (binnen N-gift intervallen met breedte van steeds 100 kg N/ha)

Figuren 1 en 2 illustreren het eerste punt (i). In deze figuren zijn de data ingedeeld naar bemestingsklassen, teneinde de 'range' in N-gift zodanig klein te houden dat de daling van het overschot bij toenemende U_0 zichtbaar wordt. De rode lijn in beide figuren is de 'basislijn' voor vrijwel onbemeste plots, waar het overschot ongeveer even groot is als de gewasafvoer, maar tegengesteld ($Z = -U_0$). Het mechanisme van afnemend overschot bij toenemend U_0 blijkt regelrecht uit de data, en blijft bestaan tot hoge gift-niveaus.



Figuur 3. Relatie tussen de N-opbrengst op onbemeste plots, en de hoeveelheid residuair minerale N in de bodem (0-60 cm diepte) van deze plots, onder maïs.



Figuur 4. Relaties tussen N-gift, N-opbrengst, biomassa-opbrengst, en residuair minerale N in de bodem. A_{crit} is de gift benodigd om het kritisch punt (rode bollen) te bereiken en waarboven de opname-efficiëntie (dU/dA) gaat afwijken van zijn initiële waarde, ρ_{ini} . De rode pijl ($\Delta N_{min,H}$) geeft de opbouw van residuair minerale N aan boven de basiswaarde die in onbemeste bodem gevonden wordt.

Het belang van U_0 in de verklaring van waargenomen variatie in $N_{min,H}$ werd door lineaire regressie vastgesteld. Wordt alléén het overschot beschouwd (regressor $A-U$), dan wordt in maïs 13% en in gras 54% van de variatie in $N_{min,H}$ verklaard. Wordt naast het overschot ook U_0 beschouwd (regressor $A-(U-U_0)$), dan stijgt de verklaarde variatie naar 49% (maïs) en naar 64% (gras). De veel sterkere stijging in maïs ondersteunt dat variatie in U_0 vooral in dit gewas de samenhang tussen overschot en verlies verstoort. Dat komt doordat in maïs bij stijgende U_0 één van de mechanismen die tot verhoging van verliezen leiden (zie infoblad 398.28) versterkt optreedt. Dit betreft de verliezen die direct geassocieerd zijn met de omvang van de jaarlijkse N-mineralisatie. Is deze groot, dan zal niet alleen U_0 groot zijn (en daardoor het overschot laag), maar kan er ook meer vrijgekomen N verloren gaan. Maïs neemt immers maar gedurende een beperkt deel van het seizoen N op, terwijl de mineralisatie in de nazomer voortgaat. Dat komt tot uiting in Fig.3, waar $N_{min,H}$ gemeten in onbemeste veldjes ($N_{min,H,0}$) is uitgezet tegen daarbij gemeten U_0 . Wordt dan ook in plaats van U_0 de parameter $N_{min,H,0}$ opgenomen als regressor (naast het overschot) dan stijgt de fractie verklaarde variatie eveneens fors: van 13% naar 61% (maïs). Voor gras levert dit een beperkte verbetering: van 54% naar 62%. Figureren U_0 en $N_{min,H,0}$ beide naast het N-overschot, dan scoort zo'n lineair regressiemodel nog iets beter.

Verdere analyse van deze datasets laat zien dat $N_{min,H}$ pas gaat stijgen boven de basiswaarde (gemeten in onbemeste veldjes), zodra de N gift hoog genoeg wordt om een zekere N-verzadiging in het gewas te bereiken. De N-gift waarbij dat bereikt wordt, noemen we de kritische N-gift (A_{crit}). De rode bollen in Fig 4 markeren dat punt. In de bovenste helft van de figuur is te zien dat daarbij een zekere N-concentratie in het gewas bereikt wordt (inverse van de helling van de middelste stippellijn). Bij hogere giften gaat de terugwinning van gegeven stikstof ('recovery') afnemen: de curve in het onderste deel van de figuur buigt af. Via regressie-analyse werd aangetoond dat de overschrijding van de kritische gift, dus $(A-A_{crit})$, een veel betere maat is voor $N_{min,H}$ dan het overschot. Deze indicator heeft geen last van de 'overschot-paradox' die in het voorgaande toegelicht werd. Immers, deze indicator stijgt niet alleen met stijgende gift, maar óók met stijgende U_0 : de overschrijding van A_{crit} bij zekere gift A is groter op een bodem met hogere U_0 , omdat daar het kritisch punt reeds bij lagere gift bereikt wordt.

Conclusie

In datasets die zijn samengesteld uit gegevens van meerdere lokaties, is het overschot op de bodembalans een slechte maat voor emissies naar de omgeving. Dat komt vooral door variatie in het N-leverend vermogen van de bodem. Het effect kan zo sterk zijn dat het, in monitoring-programma's waar de N-gift zelf niet erg varieert, leidt tot een volledig 'omgekeerd verband' tussen overschot en nitraat in grondwater, of tussen overschot en N_{min} in de bodem. Dit treedt vooral op in maïs. De overschrijding van de kritische N-gift is een veel betere maat voor emissie, doordat variatie in N-leverend vermogen hier de relatie niet ontwricht.