

HET N2-DILEMMA: IS ER SPRAKE VAN EEN MESTSTOFFENRAMP?

'DE BODEM BLOEDT'

Nieuw onderzoek: synthetische stikstof verwoest koolstof in de bodem en verslechtert de bodemgezondheid

Door Tom Philpott op 24 feb 2010



Wat precies doet al die stikstofhoudende mest met onze bodem? *"Meststoffen zijn goed voor de vader en slecht voor de zonen."* – Nederlands gezegde.

Naast alle slechte effecten, doet synthetische stikstof ook iets goeds voor het milieu: de meststof draagt bij aan de opbouw van koolstof in de bodem. Tenminste, dat is wat onderzoekers jarenlang als waar hebben aangenomen. En als dat inderdaad zo zou zijn, dan zou synthetische stikstof in grote mate bijdragen aan een beter milieu. In deze tijden van klimatologische wanorde en een wereldwijd blijvend toenemende uitstoot van broeikasgassen, zou alles dat bijdraagt aan het behoud van koolstof in landbouwgrond meer dan welkom zijn. Bodem die rijk is aan koolstof is beter in staat voedingsstoffen op te slaan en kan langer vruchtbaar zijn; een zegen voor toekomstige generaties. De theorie achter het gebruik van synthetische stikstof luidt als volgt: Door landbouwgrond te bewerken met synthetische stikstof groeien de gewassen sneller en worden ze groter. Tijdens het groeiproces onttrekken planten koolstofdioxide uit de lucht. Een deel van de plant wordt geoogst, maar de rest van het gewas blijft achter en wordt uiteindelijk ook grond. Op deze manier blijft een deel van het koolstof dat door deze met stikstof behandelde planten is opgenomen in de grond en niet in de lucht. Deze logica wordt echter in twijfel getrokken door een onderzoeksteam van de universiteit van Illinois, dat wordt geleid door hoogleraren Richard Mulvaney, Saeed Khan en Tim Ellsworth. In twee recentelijke publicaties (zie [hier](#) en [hier](#)) beargumenteert het trio dat het netto-effect van het gebruik van

synthetische stikstof een afname van het organisch materiaal in de bodem is. Waarom? Omdat, volgens de heren, stikstofhoudende mest de groei van bodemmicroben bevordert, die leven van organisch materiaal. In de loop der tijd ontstaan er dan zoveel bodemmicroben dat het voordeel van de gewasresten teniet wordt gedaan. En hun analyse brengt nog meer slecht nieuws. Ze beweren dat door het gebruik van synthetische stikstof een soort vicieuze cirkel ontstaat. Als het organische materiaal verdwijnt, neemt ook het vermogen van de bodem om organische stikstof op te slaan af. Het gevolg is dat een grote hoeveelheid stikstof uitspoelt, wat in de vorm van nitraat het grondwater vervuult, en ook in de lucht terecht komt als dikstikstofoxide (N_2O), een broeikasgas dat een 300 keer zo groot warmtevasthoudend vermogen heeft als koolstofdioxide. Omdat het vermogen om organische stikstof op te slaan vermindert, lijkt er maar één oplossing mogelijk om de zwaar bemeste landbouwgrond blijvend monsteropbrengsten te laten produceren: nog meer synthetische stikstof aanbrengen. Het verlies van organisch materiaal heeft volgens de onderzoekers nog andere negatieve effecten. De beschadigde grond wordt vatbaar voor verdichting, wat nadelige gevolgen heeft voor het watertransport, tot erosie kan leiden en nadelig is voor de wortelgroei van een gewas. Doordat de bodem niet goed in staat is om het water vast te houden, is het gewas nog meer afhankelijk van irrigatie. En nu water steeds schaarser wordt, zal dit gevolg van het grootschalige gebruik van synthetische stikstof een steeds grotere uitdaging gaan vormen. Het komt er in het kort op neer dat “de bodem bloedt”, aldus Mulvaney. Indien het team uit Illinois het bij het rechte eind heeft, verschuift het effect van synthetische stikstof op koolstofsekwestratie van ecologisch voordeel naar ernstig risico. Want dan dragen stikstofhoudende meststoffen niet alleen op een niet eerder overwogen wijze bij aan klimaatverandering, maar zorgen deze ook voor een afname van de productiviteit van de bodem op de lange termijn.



De handen vuilmaken: Saeed Khan, Richard Mulvaney, en Tim Ellsworth (v.l.n.r.), voor de Morrow Plots, Universiteit van Illinois. **Een nieuw idee ontkiemt uit een oud idee** Hoewel hun onderzoek ingaat tegen wijsheden die decennia lang zijn ontwikkeld, weten de onderzoekers dat ze niets nieuws vertellen. “Eigenlijk is de boodschap die we in onze publicatie brengen een herontdekking van een inzicht dat in de jaren '20 en '30 al werd gepubliceerd”, zegt Mulvaney hierover. In hun laatste publicatie ‘Synthetic Nitrogen Fertilizers Deplete Soil Nitrogen: A Global

Dilemma for Sustainable Cereal Production' (synthetische, stikstofhoudende meststoffen breken koolstof in de bodem af: een wereldwijd dilemma voor de duurzame productie van graangewassen), die vorig jaar verscheen in het *Journal of Environmental Quality*, wijzen de onderzoekers op twee vooroorlogse academische publicaties die, volgens Mulvaney, "op een duidelijke en eenvoudige wijze verklaren dat synthetische, stikstofhoudende meststoffen bevorderend zijn voor het verlies van koolstof en organische stikstof in de bodem".

Datzelfde idee komt prominent naar voren in *The Soil and Health* (1947) (de bodem en gezondheid), een publicatie die de basis vormt voor de moderne, organische landbouw. In het boek beschrijft de Britse landbouwkundige Sir Albert Howard de situatie op een duidelijke wijze: "Het gebruik van kunstmest, met name [synthetische stikstof] ... veroorzaakt onbeduidend veel schade. De aanwezigheid van eenvoudig assimileerbare stikstof stimuleert de groei van fungi en andere organismen die, op zoek naar organisch materiaal voor energie en voor het opbouwen van microbiel weefsel, eerst de reserves van de humus in de bodem en vervolgens het meer resistente organische materiaal dat de bodemdeeltjes cementeert verbruiken." In andere woorden: synthetische stikstof verslechtert de bodem. Die conclusie is sinds de publicatie van Sir Albert binnen de organische landbouw vaker naar voren gekomen. In een essay in de belangrijke anthologie uit 2002, *Fatal Harvest Reader*, stelt de in California gevestigde organische landbouwer Jason McKenney het als volgt: "Het gebruik van meststoffen heeft een negatieve invloed op de biodiversiteit in de bodem, omdat de rol van stikstofbindende bacteriën kleiner wordt en die van al het andere dat leeft van stikstof juist groter. Alles wat leeft van stikstof zorgt er vervolgens voor dat het organische materiaal en de humus in de bodem nog sneller wordt afgebroken. En als het organische materiaal minder wordt, verandert de fysieke structuur van de bodem. Doordat de verdichting van de bodem dan toeneemt en het opnamevermogen afneemt, is dergelijke grond minder efficiënt in het opslaan van water en lucht. En daardoor is weer meer irrigatie nodig. Het water dat niet kan worden opgenomen, spoelt samen met voedingsstoffen weg, omdat deze zich niet kunnen hechten aan de bodem. Doordat er minder zuurstof beschikbaar is, groeien micro-organismen minder snel en werkt het complexe ecosysteem van biologische uitwisseling niet meer." Hoewel deze ideeën wijdverspreid waren binnen de biologische landbouw, bleven bodemonderzoekers van grote onderzoeksuniversiteiten steeds het tegendeel beweren. Mulvaney zegt hierover dat hij tijdens zijn academische opleiding — hij beschikt over een doctorstitel in bodemvruchtbaarheid en -chemie van de Universiteit van Illinois, waar hij nu als hoogleraar werkzaam is op het Department of Natural Resources and Environmental Sciences — nooit iets heeft geleerd over de bewering dat synthetische stikstof slecht is voor de bodem. "Dat werd totaal over het hoofd gezien", aldus Mulvaney. "Ik had er zelf nooit iets over gehoord, tot we de literatuur indoken." Wat de wetenschappers uit Illinois onderscheidt van andere critici aangaande synthetische stikstof, is hun achtergrond. De kritiek van Sir Albert is te vinden in een stoffig, oud naslagwerk dat, zelfs in de biologische landbouwsector, als nogal vaag wordt beschouwd en Jason McKenney is een biologische landbouwer uit de buurt van **Berkeley**, waarvan de bodem door de conventionele wetenschap als middelmatig wordt beschouwd. Niet zo gek dus dat deze genegeerd zouden kunnen worden, en genegeerd zijn, door beleidsmakers en grote landbouwbedrijven. In contrast daarmee zijn Mulvaney en

zijn collega's bekwame wetenschappers, die bovendien nog in leven zijn en werken op de belangrijkste onderzoeksuniversiteit in een van de grootste maisproducerende, en stikstofconsumerende, gebieden van de Verenigde Staten.



Bemestingsexperts die hier binnenkomen, geef alle hoop maar op. **De vuiligheid van stikstof, bodem en koolstof** Voordat de onderzoekers tot hun conclusies kwamen, analyseerden ze gegevens van de Morrow Plots van de Universiteit van Illinois, op de Urbana-Champaign-campus, 's werelds oudste proefpercelen met continue teelt van mais. De Morrow Plots zijn in 1876 aangelegd. Mulvaney en de andere onderzoekers analyseerden jaarlijks de resultaten van de bodemtesten van stukken grond die op drie verschillende manieren werden bebouwd: alleen mais, mais-soja, mais-haver-soja. Een aantal van de percelen kreeg een gemiddelde hoeveelheid meststoffen, andere hoge hoeveelheden en op een aantal werd geen gebruik gemaakt van meststoffen. Van de gewassen, en met name van de mais, bleef na de oogst ontzettende veel restmateriaal over. Stel u maar eens een maisveld voor in hoogzomer. Alleen de maiskolven worden geoogst, de rest van de plant blijft op het perceel liggen. Indien het gebruik van synthetische stikstof echt de koolstofsekwestratie bevordert, kan worden verwacht dat de biologische koolstof in de bodem van de percelen in de loop der tijd duidelijk toeneemt. Maar in plaats daarvan ontdekten wetenschappers dat “er bij alle drie de bebouwingswijzen, ondanks de massale plantenresten, sprake was van een netto daling van koolstof in de bodem”. (Hun bevindingen werden in 2007 gepubliceerd in het *Journal of Environmental Quality* onder de titel "**The Myth of Nitrogen Fertilization for Soil Carbon Sequestration**" (de mythe van de stikstofbemesting voor koolstofsekwestratie in de bodem).) In andere woorden: het synthetische stikstof zorgde voor een snellere afbraak van het organisch materiaal dan de plantenresten erin konden voorzien.

Er werd uitgebreid onderzoek gedaan naar de hoeveelheid organische koolstof (Soil Organic Carbon/SOC) in de bovenste laag van de bodem in de Morrow Plots van 1904 tot 2005. Het SOC nam in de eerste decennia, toen de percelen werden bemest met mest van vee, geleidelijk toe. Na 1967, toen de synthetische stikstof het belangrijkste bemestingsmiddel werd, nam het SOC geleidelijk af. In hun andere grote publicatie, "**Synthetic Nitrogen Fertilizers Deplete Soil Nitrogen: A Global Dilemma for Sustainable Cereal Production**" (2009), analyseren de auteurs de stikstofretentie. De jaarlijkse behandeling van de percelen met synthetische stikstof zou volgens de

conventionele wetenschap moeten leiden tot een toename van koolstof in de bodem. Natuurlijk zou het koolstofgehalte licht afnemen door het oogsten van de gewassen en door uitspoeling. maar gezonde, vruchtbare grond zou nog genoeg koolstof op moeten kunnen slaan.

Maar de wetenschappers ontdekten het tegendeel. Ze schreven: “In plaats van een toename, ontdekten we een significante afname van koolstof in elk subperceel dat we onderzochten.” De enige verklaring, zo concludeerden ze, was dat de bodem niet meer in staat was om koolstof op te slaan door het verlies aan organisch materiaal in de bodem. Het jaar na jaar bemesten met synthetische stikstof had ervoor gezorgd dat de Morrow Plots in een chemische vicieuze cirkel terecht waren gekomen: niet meer in staat om efficiënt koolstof op te slaan en afhankelijk van hun volgende shot stikstof.

De onderzoekers ontdekten dat andere proefpercelen te maken hadden met vergelijkbare resultaten. “Dergelijke bewijzen komen vaker voor in de wetenschappelijke literatuur, maar zijn zelden erkend; misschien omdat het gebruik van stikstof als meststof, in plaats van duurzaamheid op de lange termijn, voornamelijk een groot economisch voordeel op de korte termijn oplevert”, schreven de onderzoekers over hun bevinding dat meer dan twintig andere onderzoeken dezelfde resultaten als de onderzoeken van de Morrow Plots lieten zien. Het meest recente bewijs dat de stikstofthesis van het team van Mulvaney onderbouwt, komt van een onderzoeksteam van de Iowa State University en de USDA. In een [publicatie van 2009](#) (PDF) analyseerde dit team gegevens van twee lange tijd in bedrijf zijnde proefpercelen in Iowa. Ook zij ontdekten dat de koolstof in de bodem was afgenomen na het decennia lange gebruik van synthetische stikstof. Zij schrijven: “Een toename van het gebruik van stikstofhoudende meststoffen zorgt blijkbaar niet voor een toename van koolstof in de bodem, aangezien in 78 % van de onderzochte systemen de koolstofsekwestratie in de bodem praktisch nihil was, ondanks dat er 48 jaar lang stikstof aan deze bodems is toegevoegd.”



Vruchtbare onderzoeksbodems: de Morrow Plots van de Universiteit van Illinois.
Foto: [brianholsclaw](#)

Met modder gooien

Mulvaney en Khan reageren lachend als ze wordt gevraagd wat de reactie was vanuit de bodemkunde op hun werk. “Natuurlijk is de mestindustrie op de hoogte van wat wij doen, en zij zijn niet zo blij met ons werk”, zegt Mulvaney. “Het draait allemaal om geld en onze conclusies zijn natuurlijk niet zo goed voor de verkopen.”

“En,” gniffelt Mulvaney, “de bodemkundige wereld werkt nog aan een reactie.” Hij voegt eraan toe dat er weliswaar ook negatieve reacties de ronde gaan, maar er tot nu toe nog maar twee reacties zijn gepubliceerd; een opmerkelijk feit, gezien de eerste publicatie al in 2007 uitkwam. De gepubliceerde reacties zijn allebei in de trant van: jullie gegevens tonen niet aan wat jullie zeggen dat ze aantonen. De eerste, gepubliceerd als [brief aan de redactie](#) (PDF) in het *Journal of Environmental Quality*, kwam van D. Keith Reid, specialist op het gebied van bodemvruchtbaarheid, die werkzaam is voor het landbouwministerie van Ontario. Reid schrijft dat de conclusie van het team van Mulvaney betreffende de synthetische stikstof en koolstof in de bodem “sensationeel” en “enorm belangrijk” zou zijn, “als het waar zou zijn”. Reid erkent de afname van organische koolstof in de bodem, maar stelt dat de oorzaak hiervan niet synthetische stikstof is, maar eerder het verschil in samenstelling tussen mest en synthetische stikstof. Mest is een mengsel van organische stikstof dat langzaam vrijkomt en organisch materiaal, terwijl synthetische, stikstofhoudende meststoffen een pure bron van gelijk beschikbare stikstof zijn. “Het is meer waarschijnlijk dat de SOC-afname te wijten is aan het verschil in samenstelling van de meststof, dan aan de mate waarop meststoffen worden toegepast”, schrijft Reid. Dan doet hij een opmerkelijke concessie: “Uit het bewijs dat in deze publicatie wordt gepresenteerd, kan worden geconcludeerd dat moderne gewasbeheersystemen in verband kunnen worden gebracht met de afname van SOC in de bodem, en dat een toename van het gebruik van stikstofhoudende meststoffen deze afname niet in de mate die we misschien hopen teniet kan doen.” In andere woorden: moderne teeltwijzen — die op bijna alle landbouwgrond in de Verenigde Staten wordt toegepast — zorgen voor een verwoesting van koolstof in de bodem. (De reactie van het team van Mulvaney op de kritiek van Reid is te vinden via de link hierboven.)

De [tweede tegenreactie](#) (PDF) kwam van een team onder leiding van D.S. Powlson van het Department of Soil Science and Centre for Soils and Ecosystem Function van het Rothamsted Research Station in het Verenigd Koninkrijk. Powlson en zijn collega's vallen de stelling van het team van Mulvaney aan dat het gebruik van synthetische stikstof leidt tot een afname van het vermogen van de bodem om stikstof op te slaan. Ze schrijven: “Wij zijn van mening dat de conclusie van Mulvaney et al. (2009), dat het gebruik van anorganische, stikstofhoudende meststoffen leidt tot een afname van de stikstofconcentratie in de bodem, niet correct is en niet wordt onderbouwd door de gegevens van Morrow Plots of andere onderzoeken wereldwijd.” Vervolgens doen zij ook een belangrijke toegeving: “De waarneming van een significante afname van koolstof en stikstof in de bovenste bodemlagen is interessant en verdient verder onderzoek”. Hieruit blijkt dat de overtuiging van het team van Mulvaney dat synthetische stikstof organische koolstof in de bodem verwoest niet in twijfel wordt getrokken.

In hun [reactie](#) (PDF) verdedigen Mulvaney en zijn collega's hun methodologie op krachtige wijze. Als conclusie volgt: “In deze moderne tijden van geïntensiveerde landbouw, wordt landbouwgrond vaak beheerd met economisch voordeel op de korte

termijn als doel. Helaas gaat dit concept geheel voorbij aan de gevolgen voor een groot aantal biotische en abiotische bodemprocessen, die niet alleen de lucht- en waterkwaliteit beïnvloeden, maar ook, het meest belangrijk, de bodem zelf.” Dus wie heeft er gelijk? Op dit moment weten we dat het team uit Illinois een krachtig pakket aan bewijzen op tafel heeft liggen, dat ingaat tegen vijftig jaar conventioneel bodemonderzoek en dat door de conventionele wetenschap als ‘sensationeel en ongelooflijk belangrijk indien waar’ wordt gezien. We weten ook dat hun analyse overeenkomt met de basisprincipes van de organische landbouw: dat niet synthetische stikstof, maar het op de juiste wijze aanbrengen van natuurlijke meststoffen en het toepassen van stikstofherstellende wisselteelt de belangrijkste factoren voor een gezonde en vruchtbare bodem zijn.

Het onderwerp moet nader worden onderzocht en bediscussieerd. Maar indien Mulvaney en zijn team het bij het recht eind hebben, kunnen we voor de toekomst van onze landbouwgrond allesbehalve vertrouwen op synthetische, stikstofhoudende meststoffen.