

## Nieuwe ontwikkelingen om natuurlijke bodemvruchtbaarheid meetbaar te maken

# Een duurzaam bodembeheer volgt de bodemkwaliteit

**Duurzaam bodembeheer staat of valt met het kwantificeren van de natuurlijke bodemvruchtbaarheid. Op basis van recent wetenschappelijk onderzoek is een vernieuwd concept ontwikkeld dat beleidsmakers en bodemgebruikers helpt om de bodemkwaliteit integraal te beoordelen en met passende maatregelen de kracht van de bodem optimaal te benutten.**

Door: Gerard H. Ros, Arjan Reijneveld, Wim Bussink, Gerard Abbink en Debby van Rotterdam

#### Over de auteurs:

Dr. Ir. G.H. Ros, projectmanager bij Nutriënten Management Instituut NMI  
Dr. Ir. J.A. Reijneveld, senior productmanager bij BLGG AgroXpertus  
Dr. Ir. D.W. Bussink, senior projectmanager bij Nutriënten Management Instituut NMI  
Ing. G. Abbink, productmanager bij BLGG AgroXpertus  
Dr. Ing. A.M.D. van Rotterdam, projectmanager bij Nutriënten Management Instituut NMI

#### ACHTERGROND

De natuurlijke bodemvruchtbaarheid staat hoog op de politieke agenda omdat het één van de pijlers is onder onze voedselvoorziening én omdat het een rol speelt in een duurzaam bodembeheer.<sup>1</sup> Bodemvruchtbaarheid vanuit het landbouwkundig perspectief is gedefinieerd als het vermogen van de bodem om te voldoen aan de chemische, fysische en biologische eisen voor de groei en voortplanting van voldoende planten met de gewenste kwaliteit voor de voeding van mensen en dieren. Aan de bodemchemie valt af te lezen welke en hoeveel voedingsstoffen er be-

Bodemgebruik volgt  
bodemkwaliteit

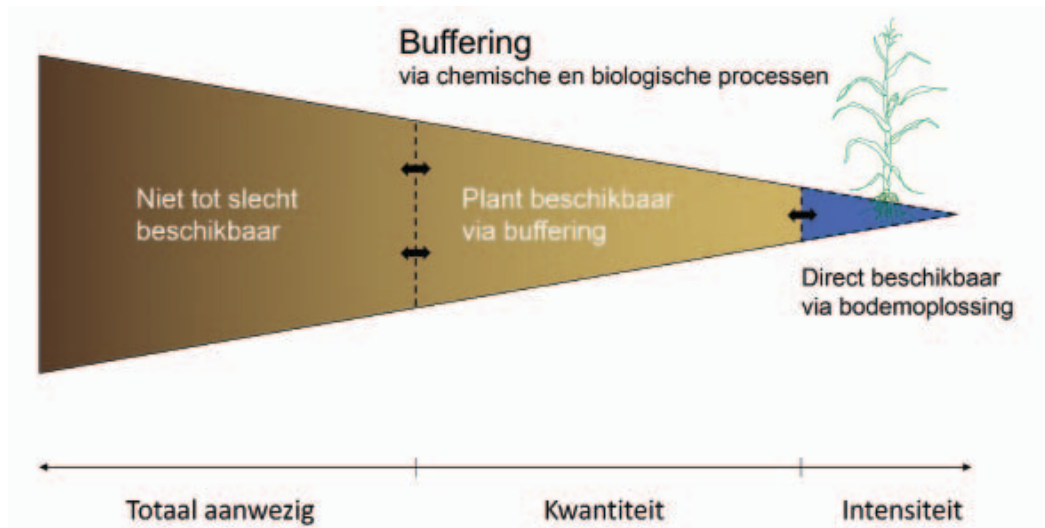
schikbaar zijn voor gewasopname. Naast de chemische processen is de bodemfauna actief betrokken bij de kringloop van nutriënten, structuurvorming en ziekteverendheid. De bodemstructuur en geohydrologische omstandigheden zorgen uiteindelijk voor een fysische structuur waarin plantenwortels water en voedingsstoffen kunnen opnemen en een habitat voor het bodemleven creëren. Om ecosysteemdiensten van de bodem in beeld te brengen en bodembeheer concreet handen en voeten te geven, is het belangrijk om al deze aspecten van bodemvruchtbaarheid kwantitatief in beeld te brengen én integraal te beoordelen.

Er is echter één probleem: een allesomvattend meetinstrument om de bodemvruchtbaarheid te kwantificeren is er niet. De meest klassieke indicatoren zijn vooral chemisch van aard, terwijl het juist de interactie tussen chemie, biologie en fysica is die bepalend is voor de bodemvruchtbaarheid. Daarnaast zijn meetresultaten an sich niet voldoende: de vertaalslag van bodemanalyse naar advies vraagt om een interpretatie van de gemeten waarden. Wanneer is een bodem nu goed en welke actie is er nodig om de bodemvruchtbaarheid optimaal te benutten?

#### WETENSCHAPPELIJKE ACHTERGROND

Het meetbaar maken van bodemvruchtbaarheid kan handen en voeten krijgen via het zogenoemde kwantiteit-buffering-intensiteitsconcept, hierna het KBI-concept genoemd (Figuur 1). De 'kwantiteit' geeft aan welk deel van een specifiek element of nutriënt *potentieel* beschikbaar kan komen voor gewasopname. Vaak hangt deze kwantiteit samen met het historisch landgebruik, de ontstaansgeschiedenis en de basiskenmerken van een bodem. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om textuur, zuurgraad en het organische stofgehalte. Van deze kwantiteit komt echter maar een beperkt deel daadwerkelijk beschikbaar voor gewasopname. De hoeveelheid van een specifiek nutriënt dat aanwezig is in de bodemoplossing, én daarmee beschikbaar is voor gewasopname, wordt vervolgens aangegeven met het begrip 'intensiteit'. De 'buffercapaciteit' is de snelheid waarmee de direct beschikbare hoeveelheid nutriënten wordt aangevuld vanuit de bodem wanneer deze aan de bodemoplossing worden onttrokken. De factoren die deze buffercapaciteit beïnvloeden verschillen per nutriënt: de buffercapaciteit van stikstof wordt bijvoorbeeld sterk gestuurd door de bodembioologie terwijl de buffering van fosfaat sterk afhangt van de bodemchemie.

Via toegepast onderzoek is het KBI-concept gekoppeld aan meetbare bodemeigenschappen én ingebouwd binnen bestaande adviessystemen die gebruikt worden in de agrarische sector.<sup>2-5</sup> De potentiële beschikbare voorraad aan nutriënten in een bodem wordt daarbij gemeten via Nabij-Infra-Rood (NIR)-spectroscopie of klassieke extractiemethoden. De hoeveelheid nutriënten die daadwerkelijk beschikbaar komen voor gewasopname wordt ge-



FIGUUR 1. HET INTENSITEIT-BUFFERING-KWANTITEITSCONCEPT SCHEMATISCH WEERGEGEVEN.

meten via een extractiemethode die de eigenschappen van de bodemoplossing reflecteert. In de praktijk wordt hiervoor gebruik gemaakt van een zwakke zoutoplossing zoals 0.01M  $\text{CaCl}_2$ .<sup>4</sup> De buffercapaciteit wordt nutriënt-specifiek gekwantificeerd door simulatie van chemische en biologische processen (als mineralisatie en immobilisatie, en adsorptie en desorptie) in afhankelijkheid van betrokken bodemparameters (als fosfaatpools, waterretentie en het bodemleven) en weersomstandigheden.

#### ILLUSTRATIE VOOR FOSFAAT- EN STIKSTOFLEVERING

Voor een optimaal nutriëntenmanagement is inzicht nodig in de nutriëntenlevering door de bodem. De stikstof- en fosfaatbeschikbaarheid werden in het verleden gekwantificeerd via eenvoudige extractiemethodes waarbij een specifieke fractie uit de bodem werd gemeten.<sup>6</sup> In werkelijkheid is de beschikbaarheid van nutriënten echter een dynamisch proces dat niet één-op-één

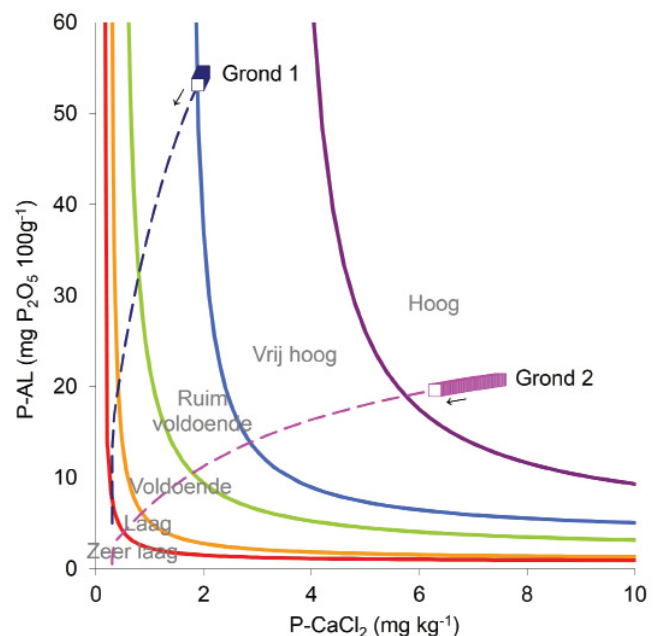
Inzicht in natuurlijke bodemvruchtbaarheid is cruciaal voor duurzaam bodembeheer

gerelateerd is aan één bepaalde bodemfractie. Gebruik makend van het KBI-concept blijkt dat een combinatie van P-AL (extractie met ammoniumlactaat), P- $\text{CaCl}_2$  (extractie met  $\text{CaCl}_2$ ) en de hoeveelheid ijzer en aluminium in een bodem het mogelijk maakt om de beschikbaarheid van fosfaat accuraat te beschrijven.<sup>2</sup> Deze vernieuwde benadering is recent gebruikt om nieuwe fosfaatbemestingsadviezen voor gras en mais te ontwikkelen (Figuur 2), die vervolgens zijn opgenomen in nationale richtlijnen en de Adviesbasis Bemesting.<sup>7</sup> Deze richtlijnen en adviezen worden door agrariërs (en hun adviseurs) gebruikt voor het opstellen van bemestingsplannen. De totale hoeveelheid stikstof in de bodem bleek in combinatie met een biologische incubatietest een nauwkeurige schatting te kunnen geven van de stikstofbuffering bij een constant vochtgehalte en temperatuur.<sup>3,8</sup> Aanvullende correctie op basis van weersgegevens creëert de mogelijkheid om een accurate schatting te geven van de actuele stikstofbeschikbaarheid gedurende het seizoen.<sup>8</sup> De verbeterde inschatting van stikstoflevering wordt op dit moment geïmplementeerd in de praktijk: via de verplichte bodembemesting krijgen agrariërs inzicht in de natuurlijke stikstoflevering

op hun percelen en kan de stikstofbemesting beter worden afgestemd op de daadwerkelijke behoefte.

#### IMPLEMENTATIE IN DE PRAKTIJK

Om agrariërs te ondersteunen bij het optimaal bemesten en het handhaven en inspelen op de bodemvruchtbaarheid, is het KBI-concept uitgewerkt tot een bemestingsadvies-systeem en een beoordelingsinstrument voor bodemkwaliteit. De uitwerking in bemestingsadviezen gebeurt via het Bodem-Teelt-Check (BTC) adviseringsysteem, een systeem dat sinds 2013 wordt toegepast in de agrarische praktijk. Het ontwikkelde beoordelingsinstrument maakt het mogelijk om biologische, fysische en chemische



FIGUUR 2. BEOORDELING VAN P-BESCHIKBAARHEID VIA HET KBI-CONCEPT. DE WAARDERINGSKLASSEN (GEKLEURDE LIJNEN) HANGEN SAMEN MET DE KWANTITEIT (P-AL), DE INTENSITEIT (P-CACL2) EN DE BUFFERING (GESTIPPELDE LIJNEN). VOOR TWEE HYPOTHETISCHE GRONDEN IS DE INITIËLE FOSFAATTOESTAND WEERGEGEVEN, INCLUSIEF DE VERANDERING DIE KAN OPTREDEN GEDURENDE ÉÉN GROEISEIZOEN (SYMBOLLEN) VOOR EEN ONBEMESTE SITUATIE. GROND NUMMER 1 VALT IN EEN LAGERE WAARDERINGSKLASSE EN MOET DAAROM MEER P-BEMESTING KRIJGEN VOOR EEN GEZONDE GEWASONTWIKKELING. DE VERANDERING OVER DE TIJD IS ECHTER KLEIN DOOR DE HOOG BUFFERING. GROND NUMMER 2 VALT IN DE HOOGSTE WAARDERINGSKLASSE, MAAR DOOR DE LAGE BUFFERING ZAL DEZE BINNEN EEN AANTAL JAREN VERSCHUIVEN NAAR EEN LAGERE WAARDERINGSKLASSE.

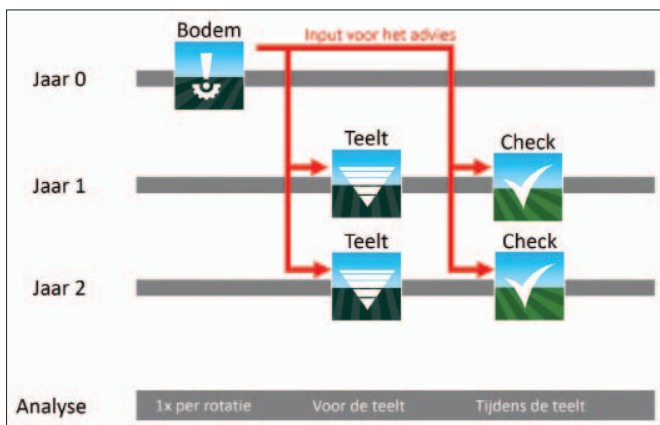
aspecten van bodemvruchtbaarheid te integreren in één beoordelingscore (BodemQ®). Via dit beoordelingsinstrument is het mogelijk om bodembeheer af te stemmen op gewenste en haalbare ecosysteemdiensten van de bodem wat betreft nutriëntenlevering, bodemstructuur, ziekte- en plaagwering, waterregulatie en klimaatfuncties.<sup>9</sup>

### TOEPASSING BINNEN EEN BEMESTINGS-ADVIESSYSTEEM

Het BTC-adviesysteem geeft agrariërs concrete handvatten om bodemkwaliteit en nutriëntenmanagement te optimaliseren door rekening te houden met de natuurlijke bodemvruchtbaarheid. Omdat de basiskenmerken van een bodem slechts langzaam veranderen, worden deze eenmaal per drie á vier jaar gemeten (Onderdeel Bodem; Figuur 3). Naast de klassieke bodemkenngetallen als textuur, organische stof en zuurgraad wordt inzicht gegeven in de bodemvoorraad aan nutriënten die potentieel beschikbaar kunnen komen voor gewasgroei (de kwantiteit), het klei-humus-complex en het bodemleven. Waar mogelijk wordt een perceelsspecifieke waarderingsscore gegeven aan de gemeten bodemeigenschap, rekening houdend met de textuur en buffercapaciteit van de bodem. Deze waardering is afgeleid van agronomische veldproeven. Zodra één van de bodemeigenschappen suboptimaal is, wordt aangegeven welke acties nodig zijn om dit op te lossen.

Jaarlijks wordt voor de start van het groeiseizoen een bodemanalyse uitgevoerd van de plant-beschikbare nutriënten (de intensiteit) via een multinutriënt-extractiemethode (Onderdeel Teelt). Hierdoor krijgt de agrariër inzicht in de op dat moment beschikbare nutriënten voor gewasgroei. Deze teelt-gerelateerde analyse is belangrijk omdat het aanbod en de verdeling van voedingsstoffen van belang zijn voor het gewas (productie en kwaliteit). Ook wordt de waardering gekoppeld aan de gemeten hoeveelheid, rekening houdend met de buffercapaciteit van de bodem én de verwachte dan wel gewenste opbrengst. Afhankelijk van het nutriënt en de mogelijke buffering vanuit de bodem wordt een bemestingsadvies opgesteld dat aansluit bij de behoefte van het gewas en past binnen de mestwetgeving. Omdat bodemprocessen beïnvloed worden door actuele weersomstandigheden, is het tevens gewenst om, indien nodig, bijsturingmogelijkheden te creëren tijdens het seizoen (Onderdeel Check).

Wat betekent dit voor de praktijk? Vandaag de dag wordt een goede afstemming tussen gewasbehoefte, bodemvoorraad en bemesting steeds belangrijker om te kunnen voldoen aan de randvoorwaarden van een optimale productie, een gemaximaliseerde input van nutriënten, wettelijke gebruiksnormen en minimale verliezen naar lucht en water. De implementatie van BTC (of ver-



FIGUUR 3. BEMESTINGSMONITOR BODEM - TEELT - CHECK. DE RESULTATEN UIT BODEM WORDEN BENUT BIJ HET GEWASGERICHTE BEMESTINGSADVIES VOOR EN TIJDENS DE TEELT.

gelijkbare concepten) maakt het mogelijk strakker te sturen op de gewasbehoefte zonder risico op opbrengstderiving, en kan daarmee leiden tot substantiële verbeteringen van de bodem- en waterkwaliteit. Een duurzame landbouw staat of valt met een verantwoord bodembeheer en nutriëntenmanagement van *individuele* agrariërs. Op regionaal niveau zal dat vervolgens bij kunnen dragen aan een verhoging van de water- en luchtkwaliteit, de instandhouding dan wel verbetering van natuurgebieden, de ecologische kwaliteit van oppervlaktewateren en de diepe grondwaterkwaliteit.

### TOEPASSING VIA EEN BEOORDELINGSSYSTEMATIEK

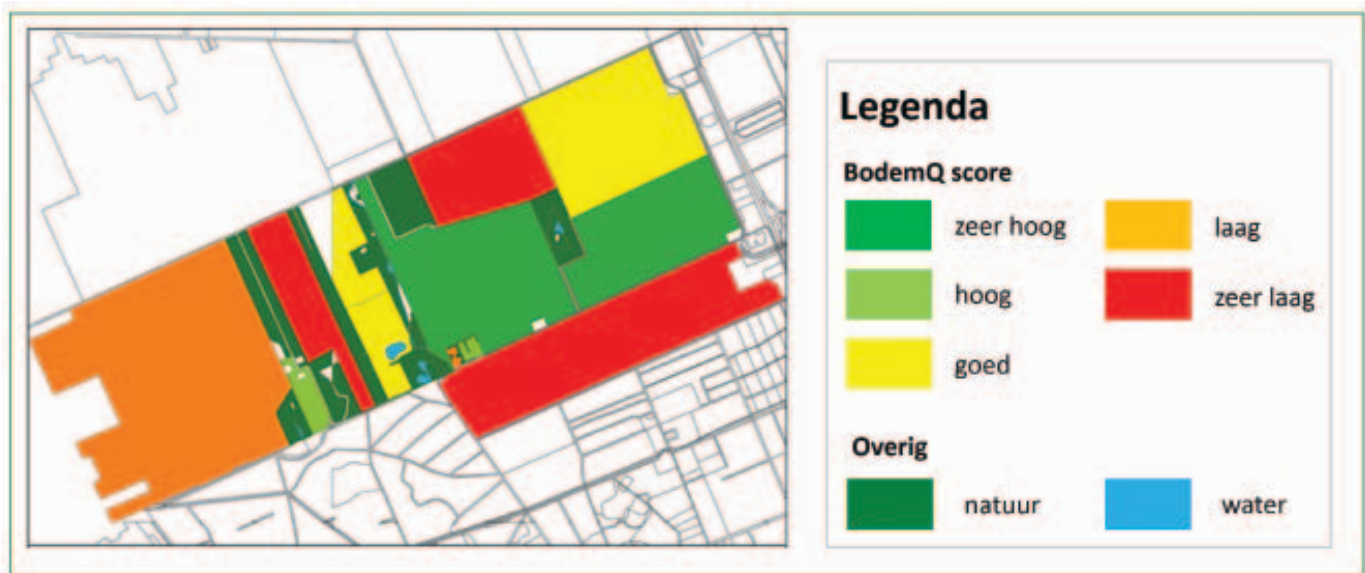
BodemQ® is een beoordelingssystematiek die de zwakke schakels van de bodemvruchtbaarheid op perceels- of gebiedsniveau identificeert en oplossingen geeft om de bodemkwaliteit te verbeteren (Figuur 4). Het geeft inzicht in de complexe samenhang tussen bodemchemie, fysica en biologie door de verschillende bodemeigenschappen te integreren. De bodemchemie wordt in kaart gebracht aan de hand van de kationen-uitwissel-capaciteit, de pH en de bodemvoorraad en buffering van macro- en meso-nutriënten. De koppeling tussen de direct beschikbare hoeveelheid (“intensiteit”) én de potentieel beschikbare bodemvoorraad (“kwantiteit”) wordt hierbij gemaakt op basis van het KBI-concept. Voor de fysische parameters wordt rekening gehouden met de beschik-

De bodem is te complex voor één simpele analysemethode

baarheid van vocht, de bodemstructuur en verkruijmelbaarheid, en het risico op verslemping en verstuijving. De bodembioologie wordt meegenomen via de hoeveelheid en activiteit van het microbiële bodemleven, de samenstelling van het voedselweb, de beschikbaarheid van voedsel, en (indien bekend) de hoeveelheid regenwormen. Afhankelijk van bodemtype, landgebruik en geohydrologische situatie worden de gemeten bodemparameters gewogen in relatie tot het doel waarvoor de bodem gebruikt gaat worden (de bodemfunctie).

Toegepast op de landbouwkundige regio's in Nederland bleek bijvoorbeeld dat de zuidoostelijke zandgronden gemiddeld genomen hoog scoren op de beschikbaarheid van fosfaat, kalium, magnesium en sulfaat, terwijl de nalevering vanuit het kleihumuscomplex, de zuurgraad en de stikstoflevering relatief laag scoren. Gecombineerd leidde dit tot een score van 8 voor de bodemchemie (met als doelfunctie maïsteelt, op een schaal van 1 tot 10) en een 9 voor fysische en biologische bodemeigenschappen. Gebruik makend van individuele bodemanalyses op perceelsniveau bleek echter dat er aanzienlijke variatie bestaat binnen de regio: de scores varieerden van 5 tot 9. De grootste knelpunten lagen bij het organische stofbeheer, de uitspoeling van stikstof, de zuurgraad en de aanwezigheid van pathogenen.

De ontwikkelde beoordelingssystematiek kan toegepast worden op verschillende schaalniveaus, variërend van perceel tot regio. Als illustratie wordt in Figuur 4 een voorbeeld gegeven van de beoordeling van enkele percelen op een bedrijf in Nederland. De daaraan gekoppelde adviezen hebben de eigenaar van dit bedrijf geholpen om het bodembeheer op zijn bedrijf beter af te stemmen op perceelsspecifieke knelpunten. Naast de agrarische sector is de onderliggende systematiek ook gebruikt om bijvoorbeeld de effecten van verhoogde depositie op de N- en P-beschikbaarheid binnen Natura 2000 gebieden in de Zuid-Hollandse duinen in



FIGUUR 4. OPZET EN BEOORDELING VAN DE BODEMKWALITEIT VIA BODEMQ®. SCORES VARIËREN VAN ZEER LAAG (<5), LAAG (5-6), GOED (6-8), HOOG (8-9) TOT ZEER HOOG (>9).

beeld te brengen. Het kwantificeren en waarderen van bodemprocessen via een integrale systematiek zorgt daarmee voor inzicht in het bodemsysteem én helpt om het bodembeheer aan te laten sluiten bij de lokale bodemkwaliteit.

#### REFLECTIE EN VOORUITBLIK

Het hierboven beschreven KBI-concept, en de uitwerking ervan in een integrale beoordelingssystematiek en een agrarisch adviesstelsel, draagt bij aan het kwantificeren en het optimaliseren van bodembeheer op basis van de natuurlijke bodemvruchtbaarheid. Op dit moment wordt de hier gepresenteerde uitwerking van het KBI-concept toegepast binnen de agrarische sector voor de optimalisatie van bodem organische stof, de bemesting met macronutriënten, en bekalking. Lopend wetenschappelijk onderzoek met Wageningen UR zal in 2015 leiden tot een uitbreiding van de systematiek met meso- en micronutriënten.

Een integrale analyse en beoordeling van bodemparameters zoals verwerkt in BodemQ® helpt om concrete maatregelen te koppelen aan ecosysteemdiensten die onder druk staan. Omdat vooral gebruik wordt gemaakt van routinematige analyses (die beschikbaar zijn voor heel de agrarische sector in Nederland) is dit instrument ook te gebruiken om de uitvoering van bodembeheer op gebiedsniveau aan te laten sluiten bij de lokale bodemkwaliteit.

Beoordeling van bodemkwaliteit vereist metingen én systeemkennis

teit. De komende jaren zal gewerkt worden aan een verdere verdieping van en uitbreiding met biologische parameters die de rol van het bodemleven beter in beeld brengen. Uitgangspunt hierbij is een goede wetenschappelijke onderbouwing, de beschikbaarheid van (nieuwe) routinematige analyses én de koppeling met praktische agrarische bedrijfskennis.

#### NOTEN

- Schils R (2012) 30 vragen en antwoorden over bodemvruchtbaarheid. Uitgave Wageningen Universiteit, 146 pp.
- Van Rotterdam-Los AMD (2010) The potential of soils to supply phosphorus and

potassium, processes and predictions. PhD thesis Wageningen University, 144 pp.

- Ros, GH (2011) Predicting soil nitrogen supply; relevance of extractable soil organic matter fractions. PhD thesis Wageningen University, 248 pp.
- Van Erp P (2002) The potentials of multi-nutrient soil extraction with 0.01M CaCl<sub>2</sub> in nutrient management. PhD thesis Wageningen University, 237 pp.
- Reijneveld A (2013) Unravelling changes in soil fertility of agricultural land in the Netherlands. PhD thesis Wageningen University, 240 pp.
- Van Rotterdam AMD, Temminghoff EJM & Van Riemsdijk WH (2009) Naar een betrouwbare schatting van de chemische beschikbaarheid van fosfaat in de bodem. Bodem 19, 27-29.
- Bussink DW, Bakker RF, Van der Draai H & Temminghoff EJM (2011) Naar een advies voor fosfaatbemesting op nieuwe leest. Deel 1: Snijmais. Deel 2: Grasland. NMI-rapport 1246.1 (56 pp) en 1246.2. (54 pp).
- Ros GH, Van Schöll L, Bussink DW (2011) N-advies op nieuwe leest. NMI-rapport 1248.N.07., 65 pp.
- Faber JH, Jagers op Akkerhuis GAJM, Bloem J, Lahr J, Diemont WH & Braat LC (2009) Ecosysteemdiensten en transitie in bodemgebruik; maatregelen ter verbetering van biologische bodemkwaliteit. Alterra rapport 1813, 150 pp.