

Niet-kerende grondbewerking goed voor de bodembiodiversiteit?

Veldexperimenten uitgelicht

En de boer hij ploegde voort. Algemeen wordt aangenomen dat ploegen noodzakelijk is om de bodem geschikt te maken voor een optimale gewasproductie. Maar ploegen versnelt de afbraak van organische stof en verandert het bodemleven. In deze bijdrage worden ervaringen met acht veldexperimenten gebruikt om effecten op biodiversiteit en gereleerde bodemecosysteemdiensten in te schatten. Welke lessen kunnen we leren, en kan de landbouw ook zonder ploegen?

Door: Ton Schouten, Jaap Bloem, Ron de Goede, Nick van Eekeren, Joachim Deru, Marleen Zanen, Wijnand Sukkel, Derk van Balen, Gerard Korthals en Michiel Rutgers

Over de auteurs:

Ton Schouten (email: ton.schouten@rivm.nl) en Michiel Rutgers zijn onderzoeker bij het Centrum voor Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid van het RIVM. Zij coördineerden het landelijk meetprogramma Bodembologische Indicator (BoBI).

Jaap Bloem is microbioloog bij Wageningen Environmental Research.

Ron de Goede is assistent professor bij de sectie Bodembioogie van WUR-Omgevingswetenschappen.

Nick van Eekeren, Joachim Deru en Marleen Zanen werken als onderzoekers Agrobiodiversiteit en Duurzame veehouderij bij het Louis Bolk Instituut. Ze zijn betrokken bij een scala aan veldproeven, en onderzoek aan biologische landbouwsystemen.

Wijnand Sukkel en Derk van Balen zijn als onderzoekers duurzame landbouw en bedrijfssystemen werkzaam bij Wageningen Plant Research – Open teelten. Ze zijn o.a. betrokken bij het BASIS-project in Lelystad.

Gerard Korthals is onderzoeker terrestrische ecologie bij het Nederlands Instituut voor Ecologie in Wageningen.

INLEIDING

Het grootste deel van de Nederlandse bodem is in agrarisch gebruik. Vooral akkerbouw kan de diversiteit van het bodemleven sterk verminderen door een beperkt voedselaanbod en sterke fysieke verstoring (zie het artikel van Henk Siepel op pag. 11-13 van dit nummer). Een belangrijke uitdaging is de ontwikkeling van landbouwmethoden waarmee organische stof en bodemleven beter kunnen worden behouden en benut. Biodiversiteit en natuurlijke processen zijn essentieel voor het functioneren van de bodem. In deze bijdrage gaan we dieper in op de verwachte effecten van niet-kerende grondbewerking (NKG), op de ecosysteemdiensten van de bodem.

De afgelopen 10 jaar zijn er in Nederland meerdere initiatieven geweest om de bruikbaarheid van NKG te onderzoeken. Het is onder anderen gedaan in wetenschappelijk landbouwkundig onderzoek, het Praktijknetwerk Niet Kerende Grondbewerking en op individueel initiatief (zie: <http://www.nietkerendegrondbewerking.nl/praktijknetwerk-activiteiten>).

Dit artikel is gebaseerd op een studie in opdracht van het (toenmalige) ministerie van Infrastructuur en Milieu, over Ecosysteemdiensten en Natuurlijk Kapitaal. Er is ad hoc een werkgroep gecreëerd met onderzoekers van het RIVM, WUR-Open teelten, Louis Bolk Instituut, Nederlands Instituut voor

Ecologie (NIOO), WUR-Bodembioogie, en Wageningen Environmental Research (Alterra). Hiervoor hebben we onderzoekresultaten uit 8 veldproeven samengebracht, en deze geëxtrapoleerd naar effecten op ecosysteemdiensten van de bodem.

In de laatste 50 jaar heeft modernisering en intensivering in de landbouw in een hoog tempo plaatsgevonden, aangemoedigd door een snel groeiende vraag naar goedkope landbouwproducten. De productie is sterk gestegen en minder afhankelijk geworden van de beperkingen die het natuurlijke bodemsysteem oplegt. De gangbare landbouw steunt echter steeds meer op mechanisering, peilbeheer, watervoorziening en -afvoer, bodembewerking, nutriëntenaanvoer, toepassing van hoogproductieve rassen en plantenziekten-bestrijding. Ook de bedrijfsstructuur (schaalvergroting) en de aanvoer- en distributiesystemen ontwikkelden zich snel mee. Nog niet eerder werden wereldwijd zoveel landbouwgoederen geproduceerd, en ondanks de sterk groeiende wereldbevolking is het aandeel van mensen dat honger lijdt, in de afgelopen 25 jaar gestaag teruggedrongen.¹

Intensieve en technologische landbouw trekt een wissel op natuurwaarden en de ecosysteemdiensten van de bodem (zie kader). Voor het streven naar een duurzamere landbouw, en meer gesloten kringlopen is onderzoek noodzakelijk. De cruciale vraag is waar het optimum ligt voor duurzame landbouw, en op welke manier dat kan worden bereikt? Brengt dat onvermijdelijk een vermindering van opbrengsten met zich mee, en een winst in termen van andere ecosysteemdiensten?

Natuurlijk kapitaal in de vorm van ecosysteemdiensten van de bodem

Dit zijn eigenschappen en processen waar de mens nuttig gebruik van kan maken. We onderscheiden elf ecosysteemdiensten die in vijf clusters zijn in te delen.³

1. Bodem(leven) ondersteunt de gewasproductie door (1a) nutriëntenlevering, (1b) bodemstructuur vorming en (1c) het bieden van habitat aan plaag-bestrijders en bestuivers.
2. Tevens heeft een gezonde bodem de (2a) veerkracht om te blijven functioneren onder extreme abiotische omstandigheden, en is tegelijkertijd

- (2b) flexibel om zich aan te passen bij verandering in beheer of na aantasting (adaptatie en veerkracht).
- De bodem levert ook buffer- en regulatiefuncties: (3a) het reguleren van water, mineralen en nutriënten door middel van organische stof, (3b) het zelfreinigend vermogen en zuiveren van grondwater, (3c) als medium voor waterretentie en (3d) het reguleren van het lokale klimaat en koolstof-opslag.
 - De biodiversiteit in de bodem zorgt voor behoud van een genenpool, adaptatie en producerend vermogen.
 - Als laatste levert de bodem ook cultureel-historische diensten zoals natuurbeleving, educatie en het bewaren van cultureel erfgoed.

BODEMBEWERKING

Het ploegen van de bodem is zo oud als de landbouw zelf. Na ontginning van ‘woeste gronden’, werd geploegd om de bodem losser te maken, de afwatering te verbeteren, en het zaaien en het ontkiemen van het gewas te bevorderen. Door het ploegen worden gewasresten en onkruiden ondergewerkt. Na versnelde vertering komen daaruit voedingsstoffen vrij voor de volgende teelt. De grond wordt tevens geëgaliseerd en stenen of stronken worden verwijderd. Ploegen is zo vanzelfsprekend geworden, dat voorbij wordt gegaan aan negatieve effecten die na verloop van tijd gaan optreden. Ploegen vergt een grote hoeveelheid energie (c.q. olie) om de grond om te zetten. Hierbij vallen aggregaten (kruimels) uit elkaar, vermindert de bodemstructuur, verdwijnt organische stof versneld als CO₂, en spoelen nutriënten uit als deze niet tijdig door een volgend gewas kunnen worden opgenomen. Zware machines veroorzaken verdichting door hun gewicht, maar vooral wanneer met de trekker eenzijdig door de ploegvoor wordt gereden. De verdichting van de ondergrond leidt tot een slechte waterafvoer, verslemping, verkorte bereikbaarheid van percelen, en erosie. In de zoektocht naar duurzamere vormen van rendabele landbouw is niet-kerende grondbewerking een interessant alternatief. De effecten van gereduceerde grondbewerking staan al geruime tijd in de belangstelling. Veel gebruikte Engelse benamingen en varianten zijn: conservation agriculture, reduced tillage, zero tillage en minimal tillage. Wereldwijd ligt het accent van het onderzoek op het risico van productieverlies, of ongewenste neven-effecten zoals de onkruid-druk. Er zijn een aantal mogelijke voordelen die veel minder zijn onderzocht, te weten: verbeterd bodemleven, bodemstructuur, opbouw en samenstelling van organische stof, en waterhuishouding. Meestal duurt het een aantal jaren voordat er een nieuw evenwicht is ontstaan en verande-

ringen in de bodem zichtbaar worden. NKG is niet per definitie een biologische of minder intensieve manier van bewerken. Het gebruik van een diepe vaste-tandcultivator is weliswaar niet kerend maar is evengoed destructief voor de structuur van de bodem. Het doel moet dus zijn om met gereduceerde grondbewerking een geschikt zaai-, poot, of plantbed en een ongestoorde groei te realiseren voor het betreffende gewas. De intensiteit van de grondbewerking kan daarmee variëren binnen een bouwplan.

Niet Kerende Grondbewerking nader bekeken

Niet-kerende grondbewerking is een containerbegrip, dat anders dan ploegen op allerlei manieren kan worden toegepast. Er kan worden gekozen voor verschillende machines met combinaties van oppervlakkige- en diepe bodembewerking, onkruidbestrijding of zaaibedbereiding.^{2,3,4}

De diepe bewerking (‘woelen’) heeft tot doel vaste lagen te doorbreken.

Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een cultivator met verticale ‘tanden’ die door de grond worden getrokken, al dan niet voorzien van horizontale messen (beitels of ‘vleugels’).

Oppervlakkige grondbewerking voor het snijden van stoppels, verwijderen van onkruid, inwerken van groenbemesters, egaliseren en zaaibedbereiding, vindt onder andere plaats met een vleugeltandcultivator, rotoreg, pennenvrees en verkruiemelrol. Ook de bemesting en het zaaien/poten moeten in de werkgang een plek krijgen.



Foto 1: Werktuigen voor grondbewerking. Van links naar rechts: ploeg, NKG vol-veld, Strokenfrees, beperkt woelen + zaaien. Foto's J. Deru, LBI.

Vooraf in het begin van omschakeling naar NKG kan toename van onkruiden een probleem zijn. In teelten als mais wordt NKG daarom hoofdzakelijk nog toegepast in combinatie met chemische onkruidbeheersing. In het stimuleringsprogramma Praktijknetwerk Niet Kerende Grondbewerking (2011-2014), zijn verschillende mogelijkheden uitgetoetst op effectieve manier de onkruiddruk te verminderen. Het heeft geleid tot een lijst van praktische ervaringen en aanbevelingen.⁵ Bij biologische teelten spelen andere combinaties van factoren een rol. NKG lijkt daar wel meer te worden toegepast, mede omdat groenbemesting, opbouw van organische stof en het achterwege

Type NKG/ Experiment	Bodem type	Instituut	plaats	Start	Opbrengst	Organische stof	Regenwormen	Onkruid	Stikstof of Omszettingen	totaal N, totaal P	Bodemstructuur	Bacteriele biomassa	Nematoden (aaltjes)	Schimmels	Waterinfiltratie
Gereduceerde grondbewerking Mais	klei	PPO	Lelystad	2009											
Basis gereduceerde grondbew. Conventioneel	klei	PPO	Lelystad	2008											
Basis gereduceerde grondbew. Biologisch	klei	PPO	Lelystad	2008											
Gereduceerde grondbew. rotatie biologische	zand	PPO	Vredepeel	2011											
Gereduceerde grondbew. geïntegreerd systeem	zand	PPO	Vredepeel	2011											
Geen grondbew. permanente tarwe	zware klei	LBI	Oldambt	2007											
Maisteelt in stroken	zand	LBI	De Moer	2012											
Gereduceerde grondbew. gangbare rotatie	loss	PPO	Wijnandsrade	2010											
Bodemleven in gereduceerde grondbew	loss	RIVM	Wijnandsrade	2008											
Microbiologie gereduceerde grondbew. tarwe	zavel	Alterra	Carlow, Ierland	2000											
Regenwormen in gered. grondb. 15 bedrijven	loss	Alterra	Limburg	2009											

TABEL 1. OVERZICHT VAN NKG VELDPROEVEN IN NEDERLAND, MET GEMETEN EFFECTEN OP BODEMEIGENSCHAPPEN, BODEMLEVEN EN GEWASPRODUCTIE. GRIJZE VAKJES BETE-KENT: GEMETEN IN HET BETREFFENDE EXPERIMENT, SOMS INCIDENTEEL. BIJ ÉÉN PROEF BETREFT HET NEDERLANDSE DEELNAME IN VELDPROEF IN IERLAND.

laten van kunstmest en bestrijdingsmiddelen onderdeel uit maken van het bedrijfssysteem. Op biologische bedrijven is ook de meeste ervaring opgedaan met mechanische onkruidbestrijding.

RESULTATEN VAN EXPERIMENTEEL VELDONDERZOEK

In vergelijking met andere Europese landen, wordt NKG in Nederland slechts op kleine schaal in de praktijk toegepast.^{2,6} Inmiddels zijn er in de afgelopen 10 jaar verschillende praktijkproeven gedaan, waarvan er enkele nog lopen. Ook in Nederland is het praktijkonderzoek vooral gericht op de gewasopbrengst en bedrijfseconomische aspecten. Daarmee is er een beperkte hoeveelheid kennis beschikbaar om de relatie tussen NKG, bodembiodiversiteit en ecosysteemdiensten uit te werken. In tabel 1 is een samenvatting gemaakt van de praktijkproeven die we hier voor hebben gebruikt.

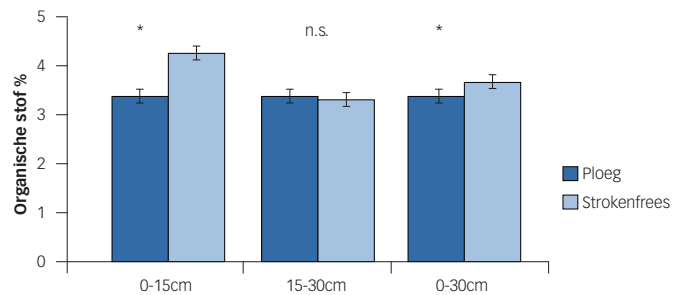
In het algemeen kan met methoden voor gereduceerde grondbewerking de gewasopbrengst op peil worden gehouden, of op den duur zelfs vergroot. Bij het achterwege laten van bodembewerking ('no-till') vindt aanvankelijk een opbrengstdaling plaats van 10 a 20 procent. Een verlies aan opbrengst kan worden gecompenseerd door lagere kosten. NKG is veelal maatwerk en bedrijfs-specifiek.

Bodemorganische stof is de sleutelfactor voor bodemeigenschappen (vruchtbaarheid, bodemleven, structuur, draagkracht, waterhuishouding) die nodig zijn voor een duurzaam gebruik. Organische stof breekt sneller af bij intensieve landbouw en ploegen van de grond. Het organische stof gehalte is alleen met grote inspanning, en slechts heel traag weer omhoog te brengen. Toepassing van compost of organische mest alleen is niet voldoende, of vraagt onrealistisch hoge doseringen. Ook bij NKG, gaat de aangroei van het organische stofgehalte traag. In combinatie met tussengewassen/groenbemesters, het bedekt houden van de bodem, en het onderwerken van gewasresten, is een meetbare verbetering te behalen.

Het effect van NKG op processen in de bodem is het eerst te zien in de omvang en activiteiten van het bodemleven. Ze zijn als 'early indicators' te beschouwen, voor de veranderingen in de kwaliteit en opbouw van de organische stof. Een duidelijk voor-

beeld komt uit de BASIS-proef op de Broekemahoeve in Lelystad. In het gangbare bedrijfssysteem bleken microbiële indicatoren, mineraliseerbare stikstof, en heet-water-extraheerbaar-koolstof, na 8 jaar duidelijk hoger te zijn in de NKG-velden (figuur 1). Vergelijkbare trends traden op in het biologische teeltsysteem.⁷ Naast de 'early indicators' zijn in de praktijkproef met name effecten op regenwormen in detail onderzocht.⁸ NKG bleek hier in het gangbare bedrijfssysteem anders op de regenwormen uit te werken dan in de biologische teelt, waardoor zowel een afname als toename werd gevonden afhankelijk van de combinatie van factoren (ploegen, gewas, beheer organische stof). In de NKG-behandeling van BASIS-proef was de voorraad organisch gebonden stikstof in de bodem na 8 jaar al 10 procent verhoogd. Dit komt overeen met een verschil in voorraad van 400 kg N/ha.

Herstel van organische stof in de bodem treedt het eerst op in de toplaag. Figuur 2 toont een voorbeeld van de maisproef in De Moer. Hier zijn na drie jaar al de eerste significante verschillen zichtbaar in tussen ploegen en strokenfrees.⁹



FIGUUR 2. GEHALTEN ORGANISCHE STOF IN TWEE LAGEN VAN DE BOUWVOOR. VERSCHILLEN TUSSEN MAISTEELT IN GEPLOEGDE VELDJES EN IN GEFREESDE STROKEN, NA 3 JAAR OP LOCATIE DE MOER. GEGEVENS VAN [9].

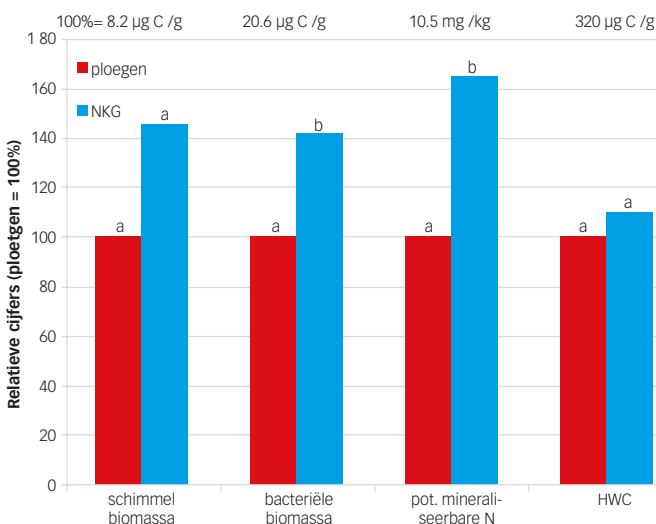
D'Hose en collega's geven elders in dit nummer een overzicht van Europese veldproeven. Ook daar blijkt weinig onderzoek aan effecten op biodiversiteit terug te vinden. De meeste informatie lijkt te bestaan over nematoden (aaltjes) en regenwormen. In de internationale literatuur verschijnen al sinds langere tijd publicaties over effecten van 'reduced-tillage' of 'no-tillage'. Wardle heeft in 1995 een meta-analyse gepubliceerd over 106 studies waarin effecten op het bodemleven zijn onderzocht.¹⁰ Grotere bodemorganismen blijken sterker af te nemen door bodembewerking dan de microfauna. In individuele situaties kunnen er echter aanzienlijke variaties optreden. Soane en collega's komen tot dezelfde conclusie in een review van NKG-onderzoek in Europa.⁶

VAN NKG NAAR BIODIVERSITEIT EN ESD

Om de stap te kunnen maken naar effecten op het niveau van ecosysteemdiensten van de bodem, is de beschikbare informatie uit het Nederlandse NKG-onderzoek gebruikt. Met de betrokken onderzoekers zijn gemeten effecten op bodemleven en processen geëxtrapoleerd naar de functies van de bodem. Er zijn aanzienlijke verschillen in de mate van detail in de proeven (zie tabel 1). Gezien de variatie tussen de experimenten, in bodemtype, teeltsysteem, gewassen, grondbewerking, gemeten responsvariabelen en 'eindpunten', loopt een totaaloverzicht al snel uit op het vergelijken van appels en peren. Daarom is een benadering gekozen met een semi-kwantitatieve beoordeling. De resultaten zijn samengevat in tabel 2.

De beoordelingen geven per proef de verwachte effecten van NKG op ecosysteemdiensten, ten opzichte van ploegen. De onderzoekers hebben onafhankelijk van elkaar en op basis van beschikbare bodem- en gewasparameters, de overige diensten van het akkerbouwsysteem beoordeeld op een schaal van -2 (sterke negatieve effecten) tot +2 (sterke positieve effecten). Hieruit is

Gaagbaar teeltsysteem BASISproef 2016



FIGUUR 1. VERGELIJING VAN (RELATIEVE) EFFECTEN VAN 8 JAAR BODEMBEWERKING: PLOEGEN EN NIET KEREND (NKG), OP 'EARLY INDICATORS' IN DE BASIS-PROEF. BEWERKING PLOEGEN 25 CM DIEP, NKG (WOELEN) 12 CM DIEP. MICROBIËLE EIGENSCHAPPEN GEGEVEN ALS GEMIDDELTE WAARDEN IN DE BOVENSTE 30 CM. DE 'BEHANDLING PLOEGEN' IS OP 100% GESTELD. BIJBEHORENDE ABSOLUTE WAARDE IS BOVEN DE KOLOMMEN VERMELD (NAAR [7]).

Expert-judgement van effect NKG-variant op ecosysteemdiensten					Ecosysteemdiensten											
Type NKG/ Experiment	Bodemtype	Instituut	plaats	Start	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gereduceerde grondberwerking Mais	klei	PPO	Lelystad	2009	-0.3	0.5	1.0	0.3	0.8	0.0	0.8	0.8	1.0	0.5	0.8	1.0
Basis gereduceerde grondbew. Conventioneel	klei	PPO	Lelystad	2008	-0.3	0.8	1.0	0.7	0.8	0.0	0.8	0.8	1.0	0.5	0.8	1.0
Basis gereduceerde grondbew. Biologisch	klei	PPO	Lelystad	2008	-0.3	1.0	0.8	1.0	0.5	0.0	0.5	1.0	1.3	1.0	1.0	1.0
Gereduceerde grondbew. rotatie biologische	zand	PPO	Vredepeel	2011	0.0	0.3	0.3	0.7	1.0	0.0	0.3	0.7	0.7	0.7	0.3	0.3
Gereduceerde grondbew. geïntegreerd systeem	zand	PPO	Vredepeel	2011	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.0	0.3
Geen grondbew. permanente tarwe	zware klei	LBI	Oldambt	2007	-0.5	1.5	1.0	1.0	1.0	0.8	1.3	1.3	1.3	1.0	1.3	1.3
Maisteelt in stroken	zand	LBI	De Moer	2012	0.0	1.3	0.3	1.0	0.7	0.3	0.5	0.8	1.3	0.7	0.5	1.0
Gereduceerde grondbew. gangbare rotatie	loss	PPO	Wijnandsrade	2010	-0.3	0.3	-0.3	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Bodemleven in gereduceerde grondbew	loss	RIVM	Wijnandsrade	2008	0.0	0.8	0.5	0.5	0.7	0.3	0.5	0.0	0.5	0.0	0.8	0.3
Microbiologie gereduceerde grondbew. tarwe	zavel	Alterra	Carlow, Ierland	2000	0.0	1.3	1.2	1.0	1.3	1.0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Regenwormen in gered. grondb. 15 bedrijven	loss	Alterra	Limburg	2009	0.0	0.8	1.3	0.7	0.3	0.0	0.8	0.0	0.5	0.3	0.5	0.7
Gemiddelde EHS					-0.1	0.8	0.7	0.7	0.7	0.2	0.6	0.6	0.8	0.6	0.6	0.8

TABEL 2: OVERZICHT VAN DE DOOR EXPERTS VERWACHTE EFFECTEN VAN GEREDUCEERDE GRONDBEWERKING (IN VERSCHILLENDE VARIANTEN) OP DE ECOSYSTEEMDIENSTEN VAN DE BODEM IN 8 VELDPROEVEN. BEOORDELING VOLGENS EEN SEMI-KWANTITATIEVE 5-PUNTENSCHAAL, VAN -2 TOT +2 (NEGATIEF, MATIG NEGATIEF, NEUTRAAL, MATIG POSITIEF, POSITIEF). NUMMERS VAN ECOSYSTEEMDIENSTEN CORRESPONDEREN MET: 1. OPBRENGST (PRIMAIRE PRODUCTIE), 2. VOEDINGSSTOFFENLEVERING EN -OPSLAG, 3. BODEMSTRUCTUUR, 4. ZIEKTEWERING, 5. STABILITEIT VAN HET SYSTEEM, 6. FLEXIBILITEIT LANDGEBRUIK, 7. AFBRAAK EN STOFKINGLOPEN, 8. NATUURLIJKE REINIGING BODEM EN GRONDWATER, 9. WATERHUISSHOUING, 10. KLIMAATFUNCTIES, 11. BIODIVERSITEIT EN HABITAT, 12. MAATSCHAPPELIJKE DIENSTEN.

een gemiddelde score berekend die de consequentie van de bodembewerking per ecosysteemdienst zo goed mogelijk inschat (zie onderaan tabel 2).

Alle waarden boven de 1 (= positief) hebben een donkergroene kleur gekregen. Op die manier bezien, wordt in de twee proeven met tarwe de meest positieve bijdrage aan de ecosysteemdiensten verwacht. Dit zijn ook de proeven waar de meeste aanvullende metingen aan het bodemleven zijn gedaan, waardoor meer achtergrondinformatie voor handen is. Verhoging van het organische stofgehalte, aantal regenwormen en microbiologische eigenschappen, werken in de beoordeling van meerdere diensten door. De combinaties waarin geen effect van NKG wordt verwacht, hebben de waarde 0 gekregen. Deze vakjes zijn niet gekleurd (c.q. wit) in de tabel. De waarde 0 komt relatief veel voor bij een meer abstracte ecosysteemdienst als de ‘flexibiliteit van het landgebruik’ (nr.6), waar lastig een effect voor te beredeneren is. De inschatting van de gevolgen van NKG voor de gewasproductie staat in kolom 1. Deze is van alle ESD’s het best onderbouwd. Licht-negatieve effecten zijn een aantal keren vastgesteld. Dit is het meest duidelijk terug te vinden in Oldambt, waar een ‘no-till-variant’ deel uit maakt van de proef.

De gemiddelde score per ESD geeft een verdere generalisatie van de verwachte effecten. Onder in tabel 2 is te zien dat de ecosysteemdiensten voedingsstoffenlevering en -opslag (2), waterhuishouding (9) en maatschappelijke diensten (12) naar verwachting het meest profiteren van een niet-kerende vorm van grondbewerking. De verschillen met de overige ecosysteemdiensten zijn gering, en de onzekerheden relatief groot. Over het geheel is de som van de verwachte effecten op ecosysteemdiensten matig-positief.

TOT SLOT

Niet-Kerende Grondbewerking wint langzaam terrein. Het kan aanzienlijk bijdragen aan een duurzamer bodemgebruik. De komende jaren moet de methode verder worden verbeterd. Omdat de bodem maar langzaam verandert, zijn lange termijn veldproeven onmisbaar. NKG kan helpen om het organische stofgehalte en het bodemleven op peil te houden of te verhogen. Het heeft een positief effect op de biodiversiteit, en naar verwachting ook op een groot deel van de ecosysteemdiensten van de bodem. Meer kennis van effecten van NKG op natuurlijke processen en bodemleven kan helpen bij het beter benutten van ecosysteem-

diensten, als noodzakelijk alternatief voor het gebruik van fossiele energie en chemische middelen.

REFERENTIES

1. FAO, IFAD and WFP. 2015. The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress. Rome, FAO. Table 1: Undernourishment around the world, 1990–92 to 2014–16, the global trends. <http://www.fao.org/3/a-i4646e.pdf>.
2. Weide, R.Y. van der; Alebeek, F.A.N. van; Broek, R.C.F.M. van den, 2008. En de boer, hij ploegde niet meer? : literatuurstudie naar effecten van niet kerende grondbewerking versus ploegen. Rapport Praktijkonderzoek Plant en Omgeving BV. Lelystad.
3. Bernaerts, S., Muijtjens, S., Van Iperen, C. 2008. BioKennis Bericht #15. Akkerbouw en Vollegronds Groente. Niet kerende grondbewerking (NKG). Wageningen UR, Louis Bolk Instituut, DLV Plant.
4. Jong, S. de. 2011. Stoppelbewerking in een systeem met Niet Kerende Grondbewerking. Werking en geschiktheid van machines voor Niet Kerende Grondbewerking. Hogeschool HAS den Bosch. Projectstage DLV Plant. <http://www.nietkerendegrondbewerking.nl/downloads/Boerenexperiment3.pdf>
5. Russchen, H.J., den Herder, C. 2014. Duurzame onkruidbestrijding bij Niet-Kerende Grondbewerking. Deskstudie naar de mogelijkheden om de inzet van glyfosaat in NKG systemen te beperken. DLV Plant BV. <http://www.nietkerendegrondbewerking.nl/downloads/deskstudieNKGonkruid>
6. Soane, B.D., Ball B.C., Arvidsson, J., Basch G., Moreno, F., Roger-Estrade, J. 2012. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. Soil & Tillage Research 118, 66–87.
7. Bloem, J., Dimmers, W., van Balen, D., Postma, J. 2017. Gereduceerde grondbewerking, labiele organische stof en micro-organismen. Gewasbescherming 48, 67-68. <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/427607>
8. Crittenden, S.J., 2015. Biophysical soil quality of reduced tillage in conventional and organic farming. PhD thesis. Wageningen University. <http://edepot.wur.nl/364181>
9. Deru, J., Van Schooten H., Huiting H., Van der Weide R. 2015. Reduced tillage for silage maize on sand and clay soils: effect on yield and soil organic matter. In: EGF, Grassland and forages in high output dairy farming systems, Grassland Science in Europe Volume 20.
10. Wardle, D.A. 1995. Impacts of Disturbance on Detritus Food Webs in Agro-Ecosystems of Contrasting Tillage and Weed Management Practices. Advances in Ecological Research 26, 105-185.