

Rode regenwormen: sleutelspelers voor boerenlandbiodiversiteit

Jeroen Onrust, Eddy Wymenga & Theunis Piersma

Niemand zal het belang van regenwormen voor een ecosysteem ontkennen. Ten eerste omdat ze een belangrijke rol vervullen in de nutriëntencyclus en voor de bodemstructuur, maar ten tweede omdat ze ook voor andere organismen de leefomstandigheden verbeteren of als voedselbron dienen. In het boerenland zijn het vooral de rode regenwormen die deze functies vervullen. In het huidige reguliere boerenland staat deze groep wormen juist onder druk. Door de omstandigheden voor rode regenwormen te verbeteren, kunnen andere soorten hier ook van profiteren.

Halverwege de vorige eeuw hadden de Nederlandse agrarische graslanden een hoge rijkdom aan allerlei soorten planten en dieren (foto 1). Hoewel deze groten-deels voor de melkveehouderij gebruikte gronden nog steeds een typisch grasland-karakter dragen - vrij weids en heel groen-, is van die rijkdom tegenwoordig weinig meer over. Grootschalige ruilverkavelingen (later landinrichting genoemd) hebben het landschap soms letterlijk binnenste buiten gekeerd en ontdaan van zijn natuurlijke karakter. Structurele waterpeilverlaging en graslandvernieuwing (ploegen en inzaaien) hebben kruidenrijke graslanden tot monoculturen van Engels raaigras gemaakt, die meerdere keren per jaar gemaaid en bemest worden. Niet meer met ruige stalmest, maar met kunst- en

drijfmest, waarvan de laatste in de bodem wordt geïnjecteerd. Deze veranderingen hebben een negatieve invloed gehad op bijna elke soort in het graslandecosysteem, resulterend in een sterke afname van de onder- en bovengrondse biodiversiteit (Tsiafouli et al., 2015; Donald et al., 2006). In tegenstelling tot al die soorten die zijn verdwenen of op het punt staan om te verdwijnen uit het agrarische grasland, lijken regenwormen de uitzondering op die regel. De hoogste dichtheden aan regenwormen in Europa vinden we in Nederland (Rutgers et al., 2016). Een steek met een spade levert in een willekeurig grasland al gauw een handvol regenwormen op. Op het eerste gezicht lijkt het dus in het gangbare boerenland met regenwormen niet slecht te gaan. Aangezien regenwor-

men vanwege hun positieve bijdrage aan bodemstructuur, nutriëntencyclus en voedselbron voor andere organismen beschouwd worden als 'ecosysteemingeni-eurs' (Blouin et al., 2013), zou dat dus betekenen dat het wel goed zit. Echter de ene regenworm is de andere niet. In Nederland komen ongeveer 23 soorten regenwormen voor. Daarvan zijn er zes die in agrarische graslanden algemeen voorkomend zouden kunnen zijn.

Foerageerecologie van regenwormen

Op basis van hun voedsel生态学 kunnen regenwormen ingedeeld worden in twee ecotypen: de *detritivoren*, die van grof organisch materiaal leven, en de *geofagen*, die van bodemdeeltjes en organische stof leven (Curry & Schmidt, 2007). Aangezien

Foto 1. Een ecosysteem-gedreven agrarisch grasland waar zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van de ecosystemendiensten die de vele plant- en diersoorten leveren. Foto: Jeroen Onrust.



detritivore soorten over het algemeen donker gepigmenteerd zijn en daardoor roder van kleur dan geofage soorten, noemen we detritivore soorten *rode wormen* en geofage soorten *grijze wormen*. De algemeenste rode worm in agrarische graslanden is *Lumbricus rubellus*, die ook wel Rode worm wordt genoemd, en de algemeenste grijze worm is *Aporrectodea caliginosa*, die ook wel Grauwe of Grijze worm wordt genoemd (foto 2). Het belangrijkste verschil tussen deze twee ecotypen is het foerageergedrag. Rode wormen staan aan het begin van de nutriëntencyclus door dood, maar soms ook levend, organisch materiaal aan het oppervlak te verzamelen en dat vervolgens de grond in te brengen. Daar wordt het verder afgebroken en gekoloniseerd door micro-organismen, waaronder in het begin vooral schimmels (Aira et al., 2008). Juist die schimmels zijn voor rode wormen een belangrijk voedselcomponent. Pas wanneer het organisch materiaal verder wordt afgebroken en bacteriën het overnemen, komt de grijze worm om de hoek kijken. Voor dit ecotype zijn vooral de bacteriën van belang als voedselbron. In het boerenland wordt organisch materiaal vooral aangevoerd door strooisel van het gewas of door dierlijke mest. Efficiënt landgebruik zorgt er tegenwoordig voor dat er minder strooisel beschikbaar is: minder verouderde vegetatie door vaker oogsten en minder oogstresten door strakke percelen met nauwelijks enig reliëf. Ook het type dierlijke mest is veranderd door verandering in stalsystemen. Stonden de koeien vroeger nog op stro en werd het mengsel van stro met koeienmest (ruige stalmest) na een tijdje composteren in de mestvaalt bovengronds uitgereden, tegenwoordig staan de meeste koeien in ligboxstallen op roosters waar de dunne ontlasting en urine doorheen sijpelt. Dit mengsel wordt vervolgens als drijfmest geïnjecteerd in de bodem of tussen het gras (foto 3). In graslanden die alleen met drijfmest worden bemest komen minder rode wormen voor dan in graslanden waar ook of alleen met ruige stalmest wordt bemest; voor grijze wormen maakt het type van bemesting niet uit (Onrust & Piersma, 2019). Dat werd ook geïllustreerd door gecontroleerde lab-experimenten waarbij jonge rode wormen het hardst groeiden op een dieet van ruige stalmest, terwijl het voor jonge grijze niet uitmaakt of ze van ruige stalmest, drijfmest of stro als controle moesten leven (Onrust &

Piersma, 2019). Rode wormen hebben dus als voedsel vers organisch materiaal nodig. In het huidige boerenland is dat nauwelijks meer te vinden. Naast deze ingrijpende verandering in de bemesting van het agrarische grasland, speelt ook bodemverstoring door ploegen en scheuren een rol. Mestinjectie zorgt er voor dat bacteriën komen en schimmels verdwijnen (Wardle et al., 2004). De bodemstructuur die wordt gevormd door aan elkaar geplakte bodemdeeltjes (bodemaggregaten) gaat kapot bij verstoring waardoor uiteindelijk ook het organische stofgehalte en het waterbindend vermogen van de bodem afnemen (Pulleman et al., 2003). Op akkerland, waar een groot deel van het jaar nauwelijks organisch materiaal te vinden is en waar zeer regelmatig bodemverstoring activiteiten plaatsvinden, komen daarom ook niet of nauwelijks rode wormen voor. De hoge dichtheden aan regenwormen in Nederland worden dus vooral gerepresenteerd door de bacterië-etende grijze worm: de rode worm lijkt door het intensieve gebruik uit het boerenland te verdwijnen.

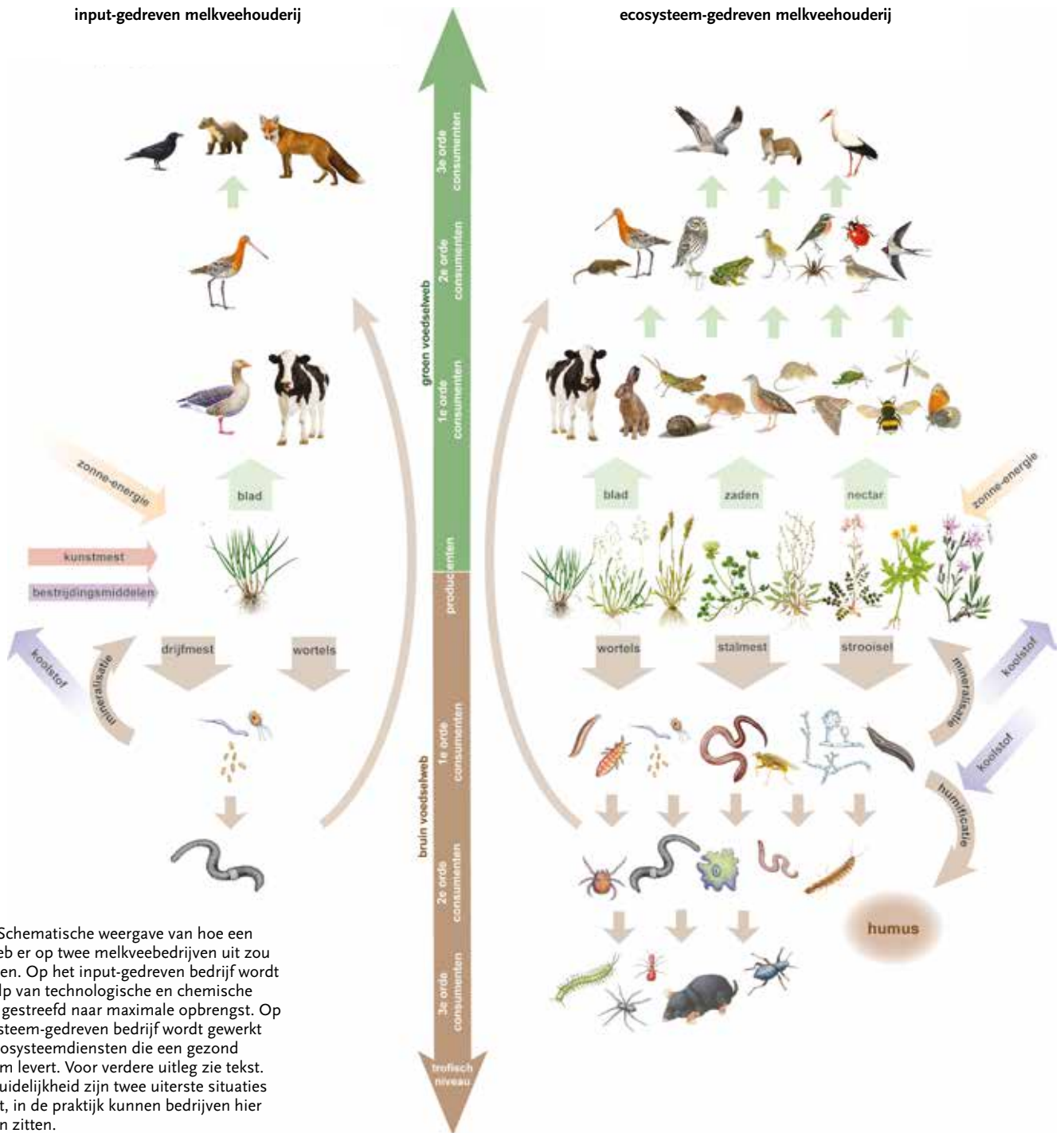
Het agrarisch grasland voedselweb

Net als grijze wormen verbeteren rode wormen de bodemstructuur door hun gegraveerde bodem en het vormen van bodemaggregaten. In het voedselweb van een agrarisch grasland spelen echter vooral de rode wormen een belangrijke rol. Zij staan namelijk aan het begin van de afbraakcyclus van mest en strooisel door dat materiaal de bodem in te trekken, op te eten en uit te poepen. Daarmee creëren ze perfecte omstandigheden voor micro-organismen die er vervolgens voor zorgen dat voedingsstoffen weer vrijkomen voor het gras dat vervolgens gegeten kan worden door de koe (Aira et al., 2008). Door hun gedrag om het voedsel aan het bodemoppervlak te verzamelen, stellen rode wormen zich ook bloot aan allerlei predatoren. Ondanks dat ze wel enige pigmentatie hebben, komen rode wormen alleen in het donker naar het bodemoppervlak (foto 4). Voor predatoren zoals vossen, dassen, egels, uilen en kieviten zijn rode wormen essentieel. Ze moeten daarbij niet alleen in de bodem aanwezig zijn, maar vooral hongerig zijn en zich daardoor naar het bodemoppervlak begeven (Onrust & Piersma, 2017). Het huidige intensieve gebruik van graslanden heeft ook een negatief effect op regenwormen en vooral de rode wormen.

Hoe dit doorspeelt in het hele voedselweb van het agrarische grasland wordt geïllustreerd in figuur 1. Een voedselweb van een ecosysteem is uiterst complex, figuur 1 is daarom een versimpelde weergave waarbij we een selectie van soorten laten zien die representatief zijn voor de groep organismen die dezelfde functie vervullen. De basis van een voedselweb van een ecosysteem wordt gevormd door de producenten, in graslandecosystemen de vegetatie. Vanuit die basis splitst het voedselweb zich op in een groen deel en een bruin deel. Het groene voedselweb is eigenlijk alles wat zich bovengronds afspeelt. Elk deel van een plant kan anders worden gebruikt door de eerste groep van consumenten. Blad en stengels, bijvoorbeeld, worden gegeten door herbivoren (bijv. koeien, ganzen, veldmuizen, sprinkhanen, hazen), zaden door zaadeters (bijv. muizen, gorzen, hoenderachtigen) en nectar door nectareters (bijv. bijen, vlinders). Deze primaire consumenten worden vervolgens gegeten door een tweede groep consumenten (bijv. insecteneters), die op hun beurt worden gegeten door een derde 'laag' van consumenten (bijv. roofvogels). Met een hogere diversiteit aan planten en vegetatiestructuur zijn er ook meer niches die door andere trofische niveaus kunnen worden bezet. Het bruine voedselweb speelt zich grotendeels ondergronds af en wordt voornamelijk gevoed door dood organisch materiaal. Ook hier is er eenzelfde structuur met eerste groep consumenten (bijv. bacteriën, schimmels, rode wormen), een tweede groep consumenten (nematoden, protisten, mijten, grijze wormen) en topconsumenten in een derde groep (bijv. spinnen, duizendpoten, mollen). Deze twee voedselwebben staan natuurlijk niet los van elkaar, een consument uit het groene voedselweb kan uiteraard ook een prooi uit het bruine voedselweb eten (bijv. weidevogel die een rode of grijze worm eet), en iedere plantengemeenschap heeft zijn eigen ondergrondse microflora (Wardle et al., 2004).

'Ecosysteem-gedreven' versus 'input-gedreven'

In figuur 1 zijn twee systemen naast elkaar gezet, een ecosysteem-gedreven melkveehouderij en een input-gedreven melkveehouderij, tegenwoordig de meest gangbare bedrijfsvorm. In het ecosysteem-gedreven melkveebedrijf worden natuurlijke processen benut die bijdragen aan een goed ontwikkeld bodemecosysteem waarbij de



Figuur 1. Schematische weergave van hoe een voedselweb er op twee melkveebedrijven uit zou kunnen zien. Op het input-gedreven bedrijf wordt met behulp van technologische en chemische middelen gestreefd naar maximale opbrengst. Op het ecosysteem-gedreven bedrijf wordt gewerkt met de ecosystemediensten die een gezond ecosysteem levert. Voor verdere uitleg zie tekst. Voor de duidelijkheid zijn twee uiterste situaties uitgewerkt, in de praktijk kunnen bedrijven hier ook tussen zitten.

capaciteit van de bodem als een dynamisch levend systeem functioneert en daarmee allerlei ecosysteem diensten levert (o.a. levering van nutriënten, ziektevering en opbouw bodemstructuur; Brussaard, 1997). Een goed ontwikkeld bodemecosysteem is ook beter in staat om langdurige droogte op te vangen en natte perioden te doorstaan. Op het input-gedreven melkveebedrijf worden natuurlijke processen vervangen door technologische middelen en wordt de bodem als substraat gebruikt, en is aanvoer (input) van kunstmest en krachtvoer nodig om het bedrijf draaiende te houden (Smit, 2018). Er wordt hier gestreefd naar maximale opbrengst van enkele eiwitrijke grassoorten, veelal uitgeteelde

vormen van Engels raai gras. Om er voor te zorgen dat het bij die enkele snelgroeiende grassoorten blijft, wordt er stevig bemest, het grondwaterpeil laag gehouden en wordt het grasland periodiek gescheurd en opnieuw ingezaaid, veelal voorafgegaan met het doodspuiten van de zode door bestrijdingsmiddelen. Het grasland wordt meerdere keren per jaar bemest met drijf- en kunstmest, en eveneens meerdere keren gemaaid om vervolgens ingekuild te worden en later samen met krachtvoer gevoerd te worden aan de koeien in de stal. Deze twee systemen kunnen er op het eerste gezicht hetzelfde uitzien, maar het voedselweb en vooral het functioneren ervan, waaronder de snelheid van de

nutriëntencyclus, is totaal anders. De variatie aan plantensoorten in het kruidenrijk grasland van een ecosysteem-gedreven melkveebedrijf creëert verschillende niches en voedselbronnen die andere soorten kunnen gebruiken. Een diverse groep aan primaire consumenten kan vervolgens gegeten worden door diverse secundaire consumenten etc. Het bodemvoedselweb profiteert hier ook van. Rode wormen zijn gebaat bij strooisel en ruige stalmest. Door hun gedrag om dat



de grond in te trekken en in kleine stukjes af te breken versnellen ze de afbraak en faciliteren ze hiermee andere bodemorganismen en uiteindelijk de opbouw van organische stof. Micro-organismen gebruiken op hun beurt de organische stof als voedselbron waarbij door mineralisatie nutriënten vrijkomen en beschikbaar worden voor de plant. Echter een deel van de organische stof wordt vastgelegd in moeilijk afbreekbaar verbindings, ook wel humus genoemd. Dit proces van humificatie zorgt er niet alleen voor dat de bodemvruchtbaarheid en bodemstructuur verbeterd wordt, maar er wordt daarbij ook koolstof vastgelegd (Lal, 2004). Dat is een belangrijk gegeven met het oog op bodemvorming en het beperken van uitstoot van broeikasgassen in verband met klimaatverandering.

Op het input-gedreven melkveebedrijf wordt de natuurlijke vorm van bemesting door het afbreken van organisch materiaal door het bodemleven vervangen door het gebruik van drijf- en kunstmest. De drijfmest zorgt ervoor dat de rode wormen verdwijnen en daarmee verdwijnt dus een belangrijke sleutelspeler uit de natuurlijke nutriëntencyclus. Kunstmest voedt alleen de plant en zet het bodemleven buitenspel. Kort door de bocht, houden we uiteindelijk slechts een systeem over dat draait op bacteriën en de continue input van nutriënten, een systeem waar alleen grijze

wormen nog goed gedijen.

Naast het gebruik van bestrijdingsmiddelen, dat in grasland voornamelijk bij graslandvernieuwing wordt toegepast, nemen ook door hogere mestgiften de diversiteit en de aantallen insecten af. Vooral grotere insecten worden zeldzaam, waarschijnlijk doordat ze hun levenscyclus van larve tot imago niet meer kunnen vervullen omdat het habitat van de larve (de bodem of een mestflat) niet meer geschikt of aanwezig is. Ook neemt macrofauna in de bodem (regenwormen, potwormen en aaltjes) sterker af dan de microfauna (protisten, schimmels, bacteriën etc.) (Wardle, 1995). Dit heeft grote gevolgen voor het hele voedselweb omdat hogere trofische niveaus daardoor harder moeten werken om genoeg voedsel binnen te krijgen. Dat probleem wordt nog eens versterkt wanneer de bodem ook sneller uitdroogt en bodemfauna helemaal niet meer bereikbaar is. Het verhogen van het grondwaterpeil in intensief gebruikte graslanden om dit probleem aan te pakken, heeft niet altijd het gewenste effect doordat de toplaag dermate verstoord is dat het zijn natuurlijke waterbindend vermogen is kwijtgeraakt (Onrust et al., 2019). Wanneer de toplaag uitdroogt zijn regenwormen niet meer actief en kan een weidevogel ook niet meer in de grond prikken op zoek naar regenwormen.

In het voedselweb van een input-gedreven melkveehouderij overleven slechts de soorten die profiteren van eiwitrijk gras (o.a. ganzen) of die generalisten zijn en zich gemakkelijk kunnen aanpassen (o.a.

kraaien, vossen). Wat de vogels betreft worden in die situatie benthivore soorten (vooral wormen-eters) in het ecosysteem vervangen door herbivore soorten: van een rijke weidevogelgemeenschap naar een graslandsysteem dat gedomineerd wordt door ganzen, en in sommige jaren veldmuizen. Tegelijkertijd zijn na het stoppen van jaren van

vervolging en vergiftiging de meeste soorten aaseters en predatoren sterk in aantal toegenomen. Voor veel van deze predatoren, waaronder vossen en dassen, zijn rode wormen een belangrijk

deel van hun dieet. Wanneer er minder rode wormen beschikbaar zijn zullen generalistische predatoren jagen op prooien die wel beschikbaar zijn, en in het voorjaar zijn dat in de weidevogelreservaten nog steeds de eieren en kuikens van, en zelfs de op het nest zittende volwassen, weidevogels.

De belangrijkste boerenknecht moet weer aan het werk

De hoge dichtheden aan regenwormen in de Nederlandse graslanden maskeren de deplorabele staat van het voedselweb van die graslanden aangezien dit merendeels graslanden van input-gedreven melkveebedrijven zijn met voornamelijk nog grijze wormen. De input, in termen van energie, die nodig is om dit grasland draaiende te houden is vele malen hoger dan de output (Smit, 2018). De cruciale rol die rode wormen spelen in het voedselweb, niet alleen als voedselbron, maar ook als bouwer van het bodemecosysteem, wordt in het ecosysteem-gedreven grasland juist gebruikt waardoor er minder input nodig is. De positieve bijdrage van regenwormen op de productiviteit van planten is inderdaad hoger, wanneer er minder kunstmest en meer dood grof organisch materiaal beschikbaar is (van Groenigen et al., 2014). Minimale bodemberoering en gebruik van organische mest met een hoog koolstofgehalte, kan het begin zijn van een zelfversterkend systeem waarvan rode wormen zullen profiteren. Daardoor profiteren uiteindelijk ook andere organismen doordat de bodemstructuur verbeterd, organisch stofgehalte toeneemt en daarmee het bodemvochtgehalte waardoor rode wormen actief blijven én beschikbaar voor hogere trofische niveaus. Naast dat dit de boerenlandbiodiversiteit bevordert, zal ook de boer hiervan profiteren omdat een gezonde bodem een hogere nutriënten leverend vermogen heeft en resistenter tegen ziektes en droogte is (Brussaard, 1997). De boer hoeft dan minder te vertrouwen op kunstmest en bestrijdingsmiddelen en meer vertrouwen op de kracht van zijn belangrijkste knecht, de rode worm.



Foto 2. Een typische grijze worm *Aporrectodea caliginosa* (boven) en een rode worm *Lumbricus rubellus*.
Foto: Jeroen Onrust.



Foto 4. Een nachtelijk foeragerende rode worm. Met zijn staart verankerd in zijn holletje, zoekt hij naar grof organisch materiaal dat vervolgens de bodem in wordt getrokken om verder afgebroken te worden. Foto: Jeroen Onrust.



Foto 3. Links wordt ruige stalmeest uitgestrooid, rechts wordt drijfmest geïnjecteerd. Foto: Jeroen Onrust.

Literatuur

Aira, M., L. Sampedro, F. Monroy & J. Domínguez, 2008. Detritivorous earthworms directly modify the structure, thus altering the functioning of a microdecomposer food web. *Soil Biology and Biochemistry* **40**: 2511-2516.

Blouin, M., M.E. Hodson, E.A. Delgado, G. Baker, L. Brussaard, K.R. Butt, J. Dai, L. Den-doooven, G. Peres, J.E. Tondoh, D. Cluzeau & J. Brun, 2013. A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *European Journal of Soil Science* **64**: 161-182.

Brussaard, L., 1997. Biodiversity and ecosystem functioning in soil. *Ambio* **26**: 563-570.

Curry, J.P. & O. Schmidt, 2007. The feeding ecology of earthworms - A review. *Pedobiologia* **50**: 463-477.

Donald, P.F., F.J. Sanderson, I.J. Burfield & F.P.J. van Bommel, 2006. Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification on European farmland birds, 1990-2000. *Agriculture Ecosystems & Environment* **116**: 189-196.

Groenigen, J.W. van, I.M. Lubbers, H.M.J. Vos, G.G. Brown, G.B. de Deyn & K.J. van Groenigen, 2014. Earthworms increase plant production: a meta-analysis. *Scientific Reports* **4**: 1-7.

Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* **304**: 1623-1627.

Onrust J. & T. Piersma, 2017. The hungry worm feeds the bird. *Ardea* **105**: 153-161

Onrust, J. & T. Piersma, 2019. How dairy farmers manage the interactions between organic fertilizers and earthworm ecotypes and their predators. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **273**: 80-85.

Onrust, J., E. Wymenga, T. Piersma & H. Olff, 2019. Earthworm activity and availability for meadow birds is restricted in intensively managed grasslands. *Journal of Applied Ecology*, <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13356>.

Pulleman, M., A. Jongmans, J. Marinissen & J. Bouma, 2003. Effects of organic versus conventional arable farming on soil structure and organic matter dynamics in a marine loam in the Netherlands. *Soil Use and Management* **19**: 157-165.

Rutgers, M. & 27 mede-auteurs, 2016. Mapping earthworm communities in Europe. *Applied Soil Ecology* **97**: 98-111.

Smit, M., 2018. De duurzaamheid van de Nederlandse landbouw: 1950 – 2015 – 2040. Proefschrift WUR.

Tsiafouli, M.A. & 24 mede-auteurs, 2015. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* **21**: 973-985.

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.

Wardle, D.A., R.D. Bardgett, J.N. Klironomos, H. Setälä, W.H. van der Putten & D.H. Wall, 2004. Ecological linkages between above-ground and belowground biota. *Science* **304**: 1629-1633.

Red earthworms: key players for farmland biodiversity

Farmland biodiversity is under threat, most species cannot cope with agricultural intensification. Contrary, earthworms seem to do well, with high abundances in intensively managed dairy farmland. However, a species specific approach reveals that a particular group of earthworms, the red earthworms (also called detritivores), are harmed by intensive farming. This group of earthworms feed on organic material at the soil surface, or they pull it down into their burrows. By doing so, they play an important role in

the food web dynamics of the farmland ecosystem: they accelerate the nutrient cycling, they facilitate the feeding and living conditions for other soil biota, and they are an important prey for visually hunting predators. Using coarse organic material as a manure, e.g. farmyard manure instead of slurry or artificial fertilizers, and with minimal soil disturbance, red earthworms would be supported which eventually will benefit other trophic levels and result in a farming system that relies on ecosystem services.

Dr. Jeroen Onrust: Conservation Ecology Group, Groningen Institute for Evolutionary Life Sciences (GELIFES), Rijksuniversiteit Groningen, Nijenborgh 7, 9747 AG, Groningen. E-mail: j.onrust@rug.nl

Eddy Wymenga: Altenburg & Wymenga Ecologisch Onderzoek B.V., Suderwei 2, 9269 TZ Feanwâlden. E-mail: e.wymenga@altwym.nl

Prof. dr. Theunis Piersma: Conservation Ecology Group, Groningen Institute for Evolutionary Life Sciences (GELIFES), Rijksuniversiteit Groningen, Nijenborgh 7, 9747 AG, Groningen. Tevens: Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ), afdeling Coastal Systems en Universiteit Utrecht, Landsdiep 4, 1797 SZ 't Horntje (Texel). E-mail: theunis.piersma@nioz.nl

