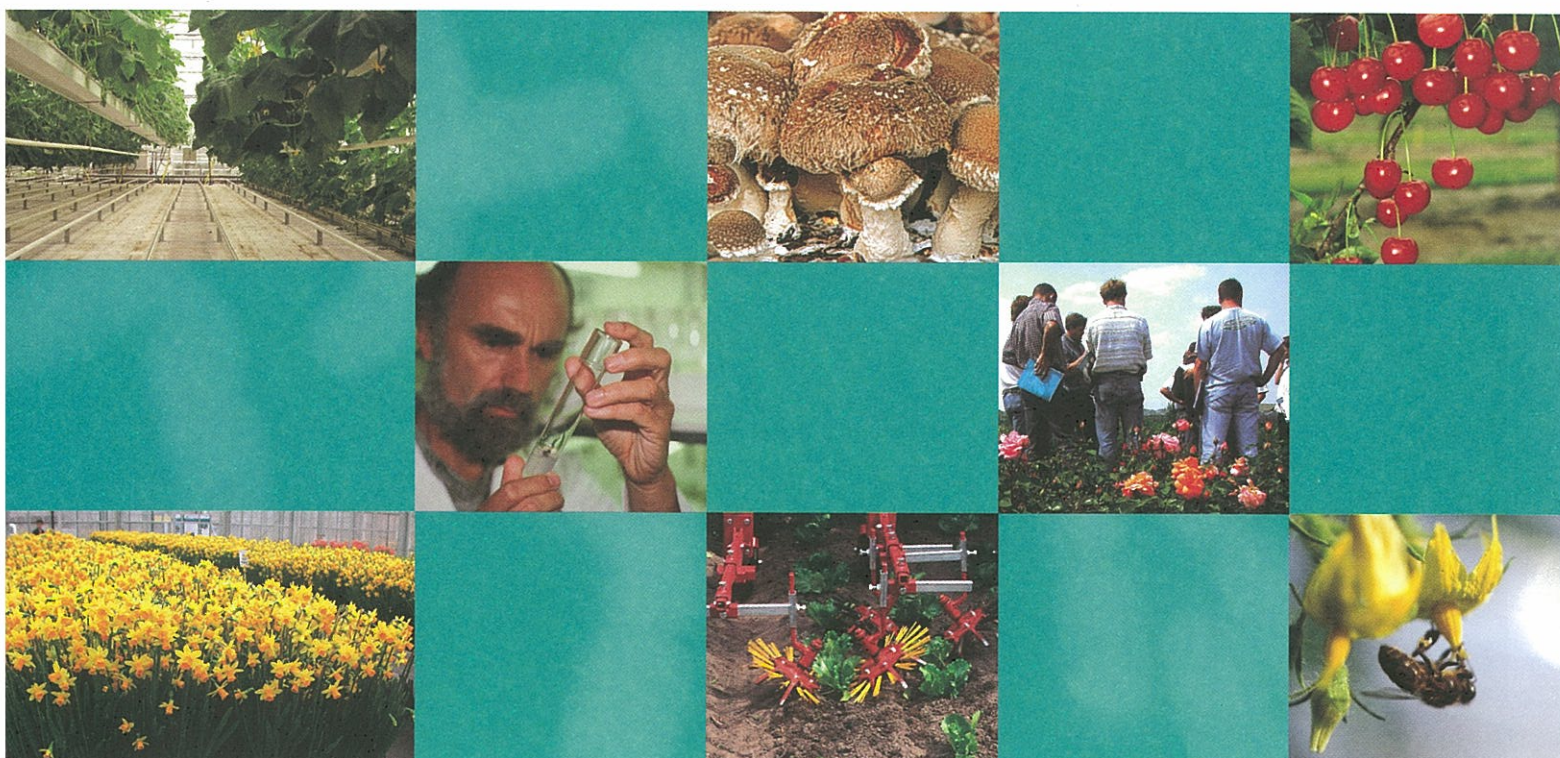




En de boer, hij ploegde niet meer?

Literatuurstudie naar effecten van niet kerende grondbewerking versus ploegen.

Rommie van der Weide, Frans van Alebeek & Rob van den Broek



Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Sector Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenteteelt
september 2008

PPO project nr. 3250128700

En de boer, hij ploegde niet meer?

Literatuurstudie naar effecten van niet kerende grondbewerking versus ploegen.

Rommie van der Weide, Frans van Alebeek & Rob van den Broek

© 2008 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Binnen het project "Implementatieprogramma erosie 2008" kunnen de projectpartners met bronvermelding vrij gebruik maken van het rapport.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit rapport is gemaakt is gemaakt in kader van project "Implementatieprogramma erosie 2008" en werd mede mogelijk door beperkte inzet vanuit LNV onderzoek (Gewasgezondheid BO-06 onkruid in de biologische teelt en uit Kennisbasis KB4 Thema 4.2 Robuuste systemen en gewasbescherming).



Foto p.3 : Niet kerende grondbewerking met een Dutzi pennenfrees voor de zaaimachine na een teelt van aardappel (loof blijft achter de zaaijpijpen hangen). PPO-AGV Wijnandsrade (Foto Jan Paauw).

Projectnummer: 3250128700.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenteteelt

Adres : Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad

: Postbus 430, 8200 AK Lelystad

Tel. : 0320 - 29 11 11

Fax : 0320 - 23 04 79

E-mail : info.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

En de boer, hij ploegde niet meer?

Literatuurstudie naar effecten van niet kerende grondbewerking versus ploegen.

Rommie van der Weide, Frans van Alebeek & Rob van den Broek



Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Sector Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenteteelt
september 2008

PPO project nr. 3250128700

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	7
1 DOEL EN WERKWIJZE	11
1.1 Doel van deze literatuurstudie	11
1.2 Werkwijze.....	12
1.3 Minimale en niet-kerende grondbewerking – een inleiding	13
1.4 Terminologie	13
1.5 Motieven en trends	14
1.6 Verschillende systemen voor niet kerende grondbewerking	17
1.7 Nederlands onderzoek	18
2 GEWASOPBRENGSTEN EN BENODIGDE MESTSTOFFEN BIJ NIET KERENDE GRONDBEWERKING	19
2.1 Effecten op de gewasopbrengst	19
2.2 Effecten op fysische bodemeigenschappen en nutriënten.....	22
3 ONKRUIDDRUK EN BEHEERSING BIJ NIET KERENDE GRONDBEWERKING.....	23
3.1 Onkruidruk en beheersing	23
3.2 Uitdagingen en ontwikkelingen voor de onkruidbeheersing bij niet kerende grondbewerking.....	24
4 VERANDERING IN ACTIVITEITEN EN BIODIVERSITEIT BODEMLEVEN	27
5 NATUURLIJKE ZIEKTE- EN PLAAGBEHEERSING BIJ NIET KERENDE GRONDBEWERKING.....	31
5.1 Effecten op de ziektebeheersing	31
5.2 Effecten op de plaagbeheersing.....	32
5.2.1 Insectenplagen	32
5.2.2 Natuurlijke vijanden van plagen	33
5.2.3 Aaltjes	33
5.2.4 Slakken.....	34
6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	35
REFERENTIES.....	39

Samenvatting

Al eeuwenlang zetten boeren de ploeg in om gewasresten en onkruidzaden onder te werken en de bodem losser te maken. De laatste decennia ontstaat er wereldwijd een snel toenemende belangstelling voor de mogelijkheden van een landbouw zonder ploegen. Een aantal belangrijke motieven om over te stappen op niet kerende grondbewerkingen zijn de verwachting van:

- Een lager energieverbruik, minder benodigde arbeid en minder machineonderhoud;
- Verminderde bodemerosie, minder uit- en afspoeling van nutriënten en pesticiden, daardoor een betere (oppervlakte)waterkwaliteit;
- Verbeterde draagkracht van de bodem, beter berijdbaar onder natte condities;
- Verbeterde bodemstructuur en –stabiliteit, betere drainage en waterberging;
- Betere vastlegging van C in de bodem (minder CO₂ uitstoot, tegengaan van klimaatsverandering).

Op basis van ruim 100 referenties wordt in dit rapport ingegaan op de terminologie en de verschillende systemen van niet kerende grondbewerking, de recente ontwikkelingen in technologie en areaal en op het weinige onderzoek dat onder Nederlandse omstandigheden is gedaan. In 4 hoofdstukken wordt verslag gedaan van wat in de wetenschappelijke literatuur gerapporteerd wordt met betrekking tot de 4 kernvragen van dit onderzoek. Een aantal meer algemene conclusies worden gerapporteerd omdat ze belangrijke drijfveren en kanttekeningen bevatten. Ze waren achter niet specifiek onderwerp van deze literatuurstudie en de zoektocht was in kader van dit onderzoek dan ook niet uitputtend. De studie was verder niet specifiek voor een Limburgse situatie. Veel van het gebruikte materiaal is afkomstig uit andere landen met soms andere grondsoorten, teeltsituaties en gewasbeschermingpraktijken. Daarom is bij een aantal punten ook de aanbeveling opgenomen dat nader onderzoek gewenst is.

Allereerst worden **algemene conclusies** getrokken:

- Hoewel niet het doel van deze literatuurstudie, is opnieuw duidelijk geworden dat de toepassing van niet-kerende grondbewerkingen een aantal substantiële voordelen kent. Deze voordelen zijn deels voor de ondernemer (een lager energieverbruik, minder arbeid en onderhoud aan machines), maar deels ook voor de samenleving door de bijdrage aan het tegengaan van klimaatsverandering en verbetering van de waterkwaliteit.
- Er is niet één systeem voor niet kerende grondbewerking. Er zijn veel systemen, die niet over één kam kunnen worden geschoren. Objectief onderzoek om die systemen te vergelijken is schaars. Bovendien wordt er doorlopend vooruitgang geboekt door aanpassingen in systemen en apparatuur naar de nieuwste inzichten.
- Processen in de bodem en het bodemvoedselweb zijn complex met veel factoren en interacties. Daarom is het niet verwonderlijk dat resultaten van onderzoeken naar grondbewerking elkaar regelmatig tegenspreken. Onze kennis en inzicht schieten simpelweg te kort om alle factoren goed in te kunnen schatten en te beheersen.
- De spraakverwarring over de verschillende systemen en technieken en de schijnbaar tegenstrijdige resultaten uit onderzoeken, dragen bij aan de soms scherpe toon van de debatten tussen voor- en tegenstanders van niet kerende grondbewerking. Beter luisteren naar elkaars ervaringen en een kritischer beschouwing van de onderliggende feiten zou de discussie vruchtbaarder kunnen maken.
- Bij het omschakelen van een systeem van kerende landbouw naar niet kerende systemen duurt het meerdere jaren voordat een nieuwe stabiliteit optreedt. Hierdoor zijn de risico's aanvankelijk groter en wordt daarvoor vaak leergeld betaald.

Conclusies naar aanleiding van de 4 gestelde vragen:

Vraag 1: *'Leidt niet kerende grondbewerking in vergelijking met ploegen tot betere opbrengsten, of bij gelijke opbrengsten tot minder input van meststoffen?'*

- Met bovengronds geoogste gewassen is het mogelijk zonder kerende grondbewerking gewasopbrengsten te halen die vergelijkbaar zijn met de opbrengsten na ploegen. Hierbij is het de eerste jaren bij sommige teeltsystemen nodig om iets meer stikstof te geven. Er is geen éénduidig beeld in de literatuur t.a.v. de termijn waarop het naleverend vermogen van de bodem voldoende verhoogd is. Bij de rooivruchten treden er meer problemen op, hoewel ook hier nieuwe mogelijkheden liggen om deze op te lossen.
- Crux is in hoeverre het bodemleven en de ondergrondse plantengroei erin slagen om te ernstige bodemverdichting te voorkomen. Goede rotaties en/of optimale bodem-bedekking met mulch en tussengewassen zijn belangrijk. Ook vaste rijpadensystemen en andere precisietechnieken kunnen hieraan een bijdrage leveren.
- Niet alle bodems en omstandigheden zijn geschikt voor niet-kerende grond-bewerking. Voorbeelden van niet of weinig geschikte gronden zijn:
 - Gronden die bij aanvang van de omschakeling al te dichte lagen hebben
 - Gronden met slechte drainage op locaties met veel neerslag
 - Bodems met hoge percentages zilt of fijn zand en een zwakke, onstabiele structuur
 - Gronden met een hoge concentratie van niet zwellende kleimineralen

Vraag 2: *'Leidt niet kerende grondbewerking in vergelijking met ploegen tot meer of minder onkruiddruk?'*

- Vooral wortelonkruiden, grassen en kortlevende eenjarige soorten kunnen bij systemen van niet kerende grondbewerking een groter probleem worden. Daardoor is de afhankelijkheid van chemische onkruidbestrijding vaak groter dan bij ploegen.

Vraag 3: *'Leidt niet kerende grondbewerking in vergelijking met ploegen tot een verandering in activiteiten en biodiversiteit van het bodemleven?'*

- De biodiversiteit van het bodemleven neemt bij niet kerende grondbewerking in kwantiteit en kwaliteit toe. Vooral regenwormen, loopkevers, kortschildkevers, langdradige schimmels, langere nematoden, en micro-arthropoden nemen toe in aantallen, biomassa en soortenrijkdom. Maar specifieke groepen kunnen afhankelijk van de omstandigheden anders reageren.

Vraag 4: *'Leidt niet kerende grondbewerking in vergelijking met ploegen tot meer natuurlijke weerstand tegen ziekten en een betere onderdrukking van plagen?'*

- Afhankelijk van het gekozen systeem, de gewasrotatie en tussenteelten kunnen bij niet kerende grondbewerkingen specifieke ziekten en plagen toenemen. Na omschakeling kan meer overlast verwacht worden van ritnaalden, emelten, aardrupsen, slakken en muizen. Fusarium en sommige schadelijke nematoden kunnen zich soms extra vermeerderen.
- Er zijn echter veel meer voorbeelden van ziekten en plagen waarvoor geen invloed van grondbewerking wordt gevonden, of waar uit verschillende studies tegenstrijdige resultaten blijken. Daar waar na omschakeling een verhoogde ziektedruk ontstaat, kan een uitgekende vruchtwisseling vaak al veel problemen oplossen.
- Een groot aantal studies toont aan dat natuurlijke vijanden van plagen toenemen in niet kerende teeltsystemen. Loopkevers, spinnen, kortschildkevers en roofmijten worden in (veel) grotere dichtheden en diversiteit gevonden dan in geploegde systemen.

Daarnaast wordt op basis van het literatuuronderzoek aanbevolen om waar mogelijk voor de volgende

vragen en onderwerpen nader onderzoek op te starten:

- Effectiviteit van nieuwe tussengewassen of het bevorderen van specifieke wormensoorten om verdichting en storende lagen tegen te gaan.
- Processen die het zelfleverend vermogen van N en P in ongeploegde bodems kunnen versterken en versnellen, zodat eerder minder extra mestgiften nodig zijn.
- Verminderde af- en uitspoeling van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen in niet kerende systemen, als bijdrage aan een betere kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater.
- Objectieve toetsing en vergelijking van diverse nieuwe systemen om de onkruiden en/of mulchlaag bij niet kerende grondbewerking te beheersen en tot een goede gewasopbrengst te komen.
- Nieuwe technieken en nieuwe ecologische inzichten bieden kansen om de onkruidproblemen in niet kerende teeltsystemen aan te pakken. Onderzoek om deze technieken voor de Nederlandse situatie toepasbaar te maken wordt aanbevolen.
- Onderzoek naar conserverende bodemsystemen die resulteren in toegenomen natuurlijke weerstand tegen ziekten en plagen onder verschillende managementcondities en omgevingsomstandigheden is gewenst.
- Economische toekomstverkenningen op bedrijfsniveau van verschillende niet kerende systemen in vergelijking met ploegen is belangrijk om telers de perspectieven te laten zien.
- Een literatuurstudie is niet het beste instrument om twijfels of zorgen weg te nemen, (demonstratie) proeven in de eigen regio zullen veel overtuigender zijn.

1 Doel en werkwijze

1.1 Doel van deze literatuurstudie

Teeltsystemen met minimale en/of niet kerende grondbewerkingen maken wereldwijd een stormachtige ontwikkeling door. Ook in Nederland is er grote belangstelling voor een meer duurzaam bodembeheer. In dat kader is er volop discussie over de mogelijkheden en noodzaak voor niet kerende grondbewerkingstechnieken. Gangbare telers op erosiegevoelige gronden in Limburg brengen dit voornamelijk het meeste in praktijk, maar ook daar leven weerstanden en onduidelijkheden t.a.v. consequenties van deze technieken en mogelijke verplichtingen. Binnen de biologische landbouw is er een brede belangstelling om minder intensief de grond te bewerken, niet zozeer om de besparing op tijd en energie maar door de overtuiging dat dit:

- het bodemleven bevordert;
- de bodemstructuur verbetert;
- het gehalte organische stof in de bovenlaag toeneemt;
- de benutting van nutriënten in de bodem verbetert;
- de ziektevermindering van de bodem verbetert;
- de gewasopbrengst kan verbeteren en de risico's verminderen;
- het bedrijfsrendement verbetert (Vermeulen, 2007).

De verwachting is dat hierdoor een stabiel systeem ontstaat dat onder meer minder gevoelig is voor ziekten en plagen.

Wederom geldt ook hier dat de (wetenschappelijke) onderbouwing veelal ontbreekt.

Op dit moment wordt door verschillende partijen voor de periode 2009 t/m 2011 een Interreg-programma voorbereid, waarin de verschillende vraagstukken rondom de implementatie van niet kerende grondbewerking aan bod zullen komen. Ter voorbereiding van dit programma en van verder beleid is vanuit project "Implementatieprogramma erosie 2008" gevraagd om meer duidelijkheid en onderbouwing vanuit de literatuur te leveren ten aanzien van een viertal vragen:

1. Leidt niet kerende grondbewerking in vergelijking met ploegen tot betere opbrengsten, of bij gelijke opbrengsten tot minder input van meststoffen?
2. Leidt niet kerende grondbewerking in vergelijking met ploegen tot meer of minder onkruiddruk?
3. Leidt niet kerende grondbewerking in vergelijking met ploegen tot een verandering in activiteiten en biodiversiteit van het bodemleven?
4. Leidt niet kerende grondbewerking in vergelijking met ploegen tot meer natuurlijke weerstand tegen ziekten en een betere onderdrukking van plagen?

1.2 Werkwijze

De literatuurstudie is uitgezet met een beperkt budget en een korte opleveringstijd. Daarom is het niet mogelijk om volledig te zijn, gezien ook de enorme snelle ontwikkelingen en grote hoeveelheid informatie. Afgelopen jaar zijn er bijvoorbeeld al meer dan vijf boeken over dit onderwerp geschreven. Het literatuursysteem van WUR bibliotheek levert alleen al meer dan 2600 hits op bij een gerichte zoekopdracht in de CAB abstracts met (conservation agriculture or no till or direct seeding or minimum tillage or ridge tillage or strip tillage) and (crop yield or nutrition or weed management or pests or diseases or biodiversity).

Om toch een zo goed mogelijk resultaat te geven werd ook beperkte inzet geleverd vanuit LNV onderzoek (Gewasgezondheid BO-06 onkruid in de biologische teelt en uit Kennisbasis KB4 Thema 4.2 Robuuste systemen en gewasbescherming). De betrokken onderzoekers hebben in het bijzonder gebruik gemaakt van de bij hun al bekende literatuur, aangevuld met kennis uit aantal belangrijke overzichtswerken en review artikelen en literatuur van vnl. oud Nederlands onderzoek. Hierbij zijn soms de referenties uit de bronnen overgenomen samen met de bron waaruit het overgenomen is, zonder in het desbetreffende artikel inhoud daadwerkelijk te checken. Uiteindelijk zijn toch nog meer dan 100 referenties voor dit overzicht gebruikt.

Voor een beter begrip van de verschillende termen en de verschillende systemen van conserverende landbouw die in ontwikkeling zijn, wordt daar in Hoofdstuk 2 met een inleiding aandacht aan besteed. Ook wordt in dit hoofdstuk expliciet stil gestaan bij het (weinig) wetenschappelijke onderzoek dat in Nederland is gedaan met betrekking tot deze systemen. Nederlands onderzoek heeft ook in de volgende hoofdstukken steeds extra aandacht gekregen.

Na de inleiding volgen vier hoofdstukken die expliciet ingaan op elk van de vier vragen die het doel van deze studie vormen. Hoofdstuk 3 gaat over de opbrengsten en benodigde meststoffen onder verschillende systemen van grondbewerking. Hoofdstuk 4 gaat over de onkruiddruk en beheersing bij niet kerende grondbewerking. In Hoofdstuk 5 wordt gekeken naar de biodiversiteit en activiteit van het bodemleven en in Hoofdstuk 6 naar de natuurlijke ziekte- en plaagbeheersing bij niet kerende grondbewerking. De hoofdstukken beginnen steeds met Nederlandse ervaringen en worden vervolgens aangevuld met de internationale inzichten. Afgesloten wordt met enkele conclusies en aanbevelingen.

1.3 Minimale en niet-kerende grondbewerking – een inleiding

1.4 Terminologie

Vormen van minimale grondbewerking hebben de laatste 20 jaar vooral in Zuid-Amerika, de Verenigde Staten, Canada en Australië een grote vlucht genomen. Er zijn veel verschillende teeltsystemen en technieken ontwikkeld, en er vinden nog voortdurend innovaties plaats in de apparatuur om specifieke problemen aan te pakken. Dit alles leidt er toe dat er veel verschillende vormen van minimale grondbewerking bestaan, met een even veelvormige en soms verwarrende terminologie. Omdat in deze studie veel gebruik wordt gemaakt van Amerikaanse en Engelstalige reviews, volgt hieronder een beknopt overzicht van de belangrijkste termen in het Engels (Tabel 1A). Omdat West Europa en ook Nederland achter lopen in de ontwikkeling van teeltsystemen met minimale grondbewerking, zijn nog niet altijd geschikte Nederlandse vertalingen en equivalenten gevonden voor de Engelstalige terminologie. Voor zover die beschikbaar zijn worden die in Tabel 1B weergegeven. Door deze literatuurstudie heen wordt er daarom regelmatig gebruik gemaakt van de Engelstalige termen

Tabel 1A **Veelvoorkomende Amerikaanse / Engelstalige terminologie rondom kerende en niet-kerende grondbewerking (mede op basis van ECAF, 2005 en Stinner & House, 1990)**

Type of Tillage	Description
Conventional Tillage (CT)	Soil operation: (moldboard) plowing Result: Soil inversion (\pm 25 cm) prior to planting, little or no plant residues remain on the soil surface
Conservation Tillage (CsT) Conservation Agriculture (CA)	Reduced Tillage (RT) Soil operation: A range of superficial, mechanical soil loosening operations (disks, chisels, sweeps, etc.) Result: Loosing of top soil (5-10 cm), leaving a large (> 30%) amount of plant material on the soil surface Synonym: minimal tillage Specific variants: Mulch tillage, Ridge tillage, Strip tillage (zie paragraaf 3.1)
	No Tillage (NT) Soil operation: No soil operations prior to planting, seeds are put in narrow grooves cut into the soil Result: virtual all crop residues are left on the soil surface Synonyms: direct drill, Zero Tillage (ZT)

Tabel 1B **Nederlandse equivalenten van de meest gebruikte Amerikaanse / Engelstalige terminologie rondom kerende en niet-kerende grondbewerking (mede op basis van Goris, 2005).**

Type grondbewerking	Beschrijving
Kerende grondbewerking	<p>Bewerking: Ploegen</p> <p>Effect: Bovengrond (\pm 25 cm) wordt gekeerd voor het planten, er blijven nauwelijks gewasresten aan het oppervlakte</p> <p>Specifieke varianten: Ecoploeg, cultivatorploeg, Ecomat</p>
Niet-kerende grondbewerking	<p>Bewerking: met schijven, tanden of woelers wordt de bodem oppervlakkig gescheurd en verkruiemd.</p> <p>Effect: Bovengrond (\pm 5 cm) wordt los en kruimelig, en er blijft een groot aandeel van gewasresten aan het oppervlakte</p> <p>Synoniem: Minimale grondbewerking</p> <p>Specifieke varianten: Mulchen, ruggenteelt en strokenteelt (Zie Goris, 2005 voor uitleg)</p>
Geen grondbewerking	<p>Bewerking: geen grondbewerking, er wordt met speciale machines rechtstreeks gezaaid in de stoppels, door smalle sleuven te snijden waar het zaai in valt</p> <p>Effect: de bodem wordt niet verstoord, de maximale hoeveelheid gewasresten blijft op het bodemoppervlakte liggen</p> <p>Synoniem: notill, directe zaai ?</p>

1.5 Motieven en trends

Al eeuwenlang wordt door boeren de ploeg ingezet om gewasresten en onkruidzaden onder te werken en de bodem losser te maken. De laatste decennia bestaat er echter een toenemende belangstelling voor de mogelijkheden van een landbouw zonder ploegen.

Traditionele landbouw waarbij de grond geploegd wordt, zorgt voor extra CO₂ productie naar de atmosfeer en reduceert de opslag van CO₂ in de bodem. Indien niet een overmaat van organische mest wordt toegediend, leidt intensieve grondbewerking van agrarische grond tot C verliezen die na 20-30 jaar vaak meer dan 50% bedragen (European Environment Agency, 1998; Kinsella, 1995; ECAF, 2005; Holland, 2004). Systemen met veel minder of geen kerende hoofdgrondbewerking, ook wel 'conservation agriculture' (of CA) genoemd, gaan dit effect tegen en kunnen zelfs het organische stofgehalte weer omhoog brengen (González-Fernández, 1997; Gregorich et al., 1995, ECAF, 2005; Holland, 2004). In Europa is achteruitgang van de bodem door erosie en bodemverdichting één van de belangrijkste problemen die samenhangen met traditionele landbouw (ECAF, 2005; Holland, 2004). Systemen voor conserverende landbouw (CA) verminderen bodemerosie aanzienlijk (>90% voor directe zaai/geen grondbewerking en >60% voor niet kerend grondbewerking) en dragen bij aan een betere oppervlaktewater kwaliteit door aanzienlijk minder afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen (Towery, 1998; ECAF, 2005; Holland, 2004, zie ook tabel 2). De draagkracht van de grond verbetert waardoor minder compactie en een betere berijdbaarheid onder vochtige omstandigheden ontstaan (Ehlers, 1997; Tebrügge, 1993; ECAF, 2005; Holland, 2004). Resultaten wisselen echter sterk onder invloed van de lokale omstandigheden.

Tabel 2. **Effect van grondbewerking op bodemerosie en diffuse verontreiniging van een ziltige kleigrond in Engeland met winterhaver, wintertarwe en winterbonen van 1991 tot 1993 (bron Jordan et al, 2000 in Holland, 2004)**

Metingen	Ploegen	Niet kerend	Voordeel t.o.v. ploegen
Runoff (l ha ⁻¹)	213,328	110,275	48% reduction
Sediment verlies (kg ha ⁻¹)	2045	649	68% reduction
Total P verlies (kg P ha ⁻¹)	2.2	0.4	81% reduction
Beschikbaar P verlies	3 × 10 ⁻²	8 × 10 ⁻³	73% reduction
TON (mgNs ⁻¹)	1.28	0.08	94% reduction
Oplosbaar fosfaat (_g P s ⁻¹)	0.72	0.16	78% reduction
Isoproturon (_g s ⁻¹)	0.011	Not detected	100% reduction

De economie van conserverende landbouw is een andere belangrijke aspect. Het energieverbruik, de hoeveelheid benodigde arbeid en de investering in machines en onderhoud zijn hoger in systemen met kerende grondbewerking. Direct zaai zonder grondbewerking bespaart meer dan 30 l brandstof per hectare (15-50% besparing) en meer dan 90 euro/ha aan machinekosten (Pimentel, 1995; ECAF, 2005; Garcia-Torres et al., nn). Baker en Saxton (2007) berekenen nog hogere besparingen (tot 80% op energie; tot 60% minder arbeid; tot 50% minder machineonderhoudskosten). Zij geven een hele lijst voordelen maar ook nadelen waaronder de noodzaak om nieuwe machines aan te schaffen en zwaardere tractoren te gebruiken; meer inzet in onkruidbestrijding. Verder duurt het enige jaren voordat de systemen echt tot hun recht komen en maximaal op input bespaard kan worden.

Systemen zonder grondbewerking zijn wereldwijd enorm in opgang. ECAF (2005) meldt een wereldwijde groei in 10 jaar van 6 naar 47,6 miljoen hectare. Goddard et al. (2008) meldt inmiddels 95 miljoen hectare. De technologie wordt vooral toegepast in Zuid Amerika (47%), U.S.A en Canada (39%) en Australië (9%). De grootste groei (59 keer meer tussen 1987 en 2004) wordt waargenomen in de Mercosur regio (Brazilië, Argentinië, Paraguay en Uruguay). De schatting is dat in deze landen binnen 10 jaar op 85% van de productievelden de grond niet meer bewerkt wordt. De FAO ondersteunt conserverende landbouw als een bruikbaar concept voor meer duurzame landbouw (FAO, 2002 en 2006; Goddard, 2008).

Europa bleef vooralsnog erg achter in deze ontwikkelingen (geschat <1-2%) (ECAF, 2005). In 1998 werd het nog het meest gebruikt in Spanje en Frankrijk (1 en 0,6 miljoen hectare in 1998). Echter ook hier groeit de belangstelling zeer snel. Landen waar conserverende landbouw nu echt omvangrijk worden zijn Zwitserland (40% areaal), Engeland (30%) en Duitsland (20%) (Tabel 3).

Tabel 3. **Schatting van oppervlakte met conserverende grondbewerking of geen grondbewerking en direct zaai in Europese landen (ECAF, 2008)**

	Opp. onder conserverings-landbouw	% van het landbouw-areaal	Opp. onder directe inzaai	% van het landbouw-areaal
België	140.000	10%		
Ierland	10.000	4%	100	0,3%
Slowakije	140.000	10%	10.000	1%
Zwitserland	120.000	40%	9.000	3%
Frankrijk	3.000.000	17%	150.000	0,3%
Duitsland	2.375.000	20%	354.150	3%
Portugal	39.000	1,3%	25.000	0,8%
Denemarken	230.000	8%		
Verenigd Koninkrijk	1.440.000	30%	24.000	1%
Spanje	2.000.000	14%	300.000	2%
Hongarije	500.000	10%	8.000	0%
Italië	560.000	6%	80.000	1%
Totaal	10.054.000		960.250	

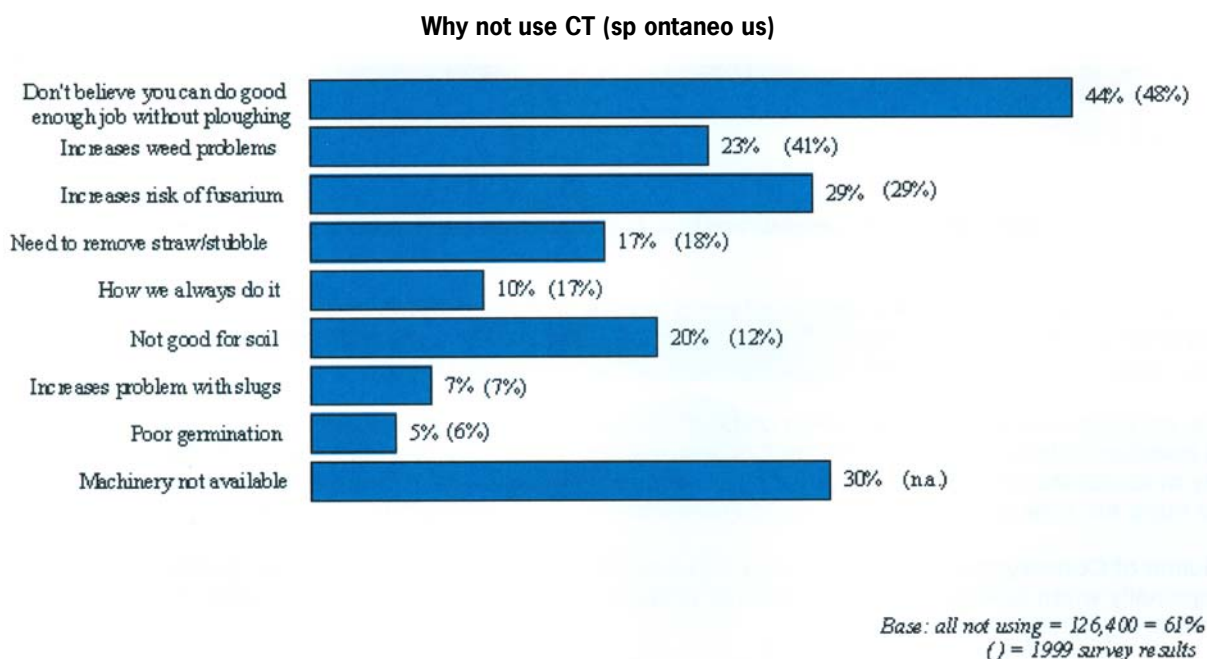
De langzamere ontwikkeling in Europa vergeleken bij de rest van de wereld wordt geweten aan:

- Minder noodzaak om risico's te nemen. In andere delen van de wereld waar boeren niet gesubsidieerd worden, zijn boeren nog meer gedwongen om technieken te adopteren die kosten reduceren.
- Gebrek aan technologie. Er is de noodzaak om systemen, technieken en machines te ontwikkelen die aangepast zijn aan de Europese omstandigheden.
- Gebrek aan kennisdoorstroming. De ontwikkelingen en vooruitgang in andere delen van de wereld zijn onvoldoende bekend bij de diverse actoren.
- Gebrek aan institutionele ondersteuning. Tot voor kort was er geen duidelijk gezamenlijk Europees beleid. Maar dat is snel aan het veranderen (ECAF, 2005).

In Duitsland heeft men in 1999 bij boeren geïnventariseerd waarom ze niet zouden willen overstappen naar een meer conserverende landbouw (ECAF, 2008). De resultaten staan in Figuur 1 op de volgende bladzijde. Als belangrijkste obstakels noemen ondernemers:

- Geen vertrouwen dat men zonder ploeg goede resultaten kan bereiken.
- Gebrek aan de juiste machines
- Vrees voor grotere Fusarium problemen
- Vrees voor grotere onkruidproblemen

Het is echter onvoldoende bekend in hoeverre dit reële afwegingen zijn, immers op een aanzienlijk areaal in o.a. Duitsland wordt het inmiddels in de praktijk gebracht.

























Figuur 1. Motieven van Duitse boeren waarom ze niet willen overstappen naar een meer conserverende landbouw (ECAF, 2008).

1.6 Verschillende systemen voor niet kerende grondbewerking

Er zijn veel verschillende systemen waarbij de grond niet gekeerd wordt, bovendien zijn deze systemen flink in ontwikkeling en zijn er veel verschillende varianten. In Figuur 2 (volgende pagina) staat een indeling zoals deze door KTBL (1993) gehanteerd wordt.

De indeling van de ECAF (2005) past hier ook grotendeels binnen maar maakt meer onderscheid wat er met bovenliggend resterend plantenmateriaal gebeurt:

- Directe zaai, geen grondbewerking op mestinjectie na (stoppel e.a. resten blijven staan, worden beheerst) veelal notill genoemd.
- Ruggenteelt (ridgetill), geen hoofdgrondbewerking, naast mestinjectie, zaai op top van rug met beetje verwijdering aarde, met anaardende schoffelfbewerking gedurende teelt (veel tussengewasresten e.a. tussen de rijen)
- Mulch bewerking, gereduceerde of minimum grondbewerking (hierbij worden gewasresten e.a. wel ingewerkt voordat er gezaaid wordt en wordt de grond enigszins losgemaakt, maar wordt niet geploegd (meestal mulch tillage of minimum tillage genoemd).
- Veelal worden systemen gecombineerd met 'Cover crops' spontane danwel ingezaaide vegetatie volvelds of tussen gewasrijen of in bepaalde perioden die weer op verschillende manieren beheerst kan worden. Soms wordt dan alleen een strookje bewerkt waarin het gewas komt (strip tillage)

Conventional soil cultivation with plough		or	 		Separate
			 or 		Reduced seed bed preparation and seeding combined
					Reduced, all working processes combined
Conservation tillage without plough with loosening	 or 	or	 or 		Separate
	 or 		 or 		Reduced seedbed preparation and seed combined
			 or 		Reduced, all working processes combined
Conservation tillage without plough and without loosening			 or  or 		Reduced seedbed preparation and seed
Direct seeding, no soil cultivation					Only seed

Figuur 2. Indeling van systemen voor grondbewerking overgenomen uit KTBL (1993)

In de praktijk zijn daar weer allerlei verschillende varianten op ontstaan, waarbij soms toch nog tussendoor geploegd wordt, of een rug steeds verplaatst (nogal intensieve en niet permanente ridgetill versus ridge tillage met weinig grondverplaatsing op een permanente plaats etc.; zie ook paragraaf 4.2). Verder worden de systemen soms gecombineerd met vaste rijpaden (Chamen, 2007). Er is erg veel verschillende apparatuur die gebruikt wordt en daarin is ook steeds verdere ontwikkeling (Bowman, 1997; zie ook Goris, 2005 en de daarin vermelde bronnen).

1.7 Nederlands onderzoek

Er is in de literatuur maar weinig Nederlands wetenschappelijk onderzoek te vinden. De oudste goed gedocumenteerde Nederlandse proeven werden beschreven door Bakermans et al (1970) en Bakermans en de Wit (1970). Van 1964 tot 1968 lagen er permanente proefvelden op zand, zware klei en venige klei in de buurt van Wageningen. Uitgangspunt was permanent grasland waarop vanaf 1964 conventionele landbouw met ploegen werd beoefend en vergeleken met een systeem van minimum tillage (veel mulch en tussengewassen, voor zaai doodgespoten en oppervlakkig ingewerkt). In de proeven lagen ook nog 4 stikstoftrappen. Verder doen ze verslag van een grondbewerkingproef op de Mariënhof bij Westmaas en een proef bij Randwijk die ze wel bij hun conclusies betrekken maar die op moment van publicatie nog te jong waren voor goede resultaten.

Van 1972 tot 1979 heeft er onderzoek gelegen op de zavelgrond bij proefboerderij Westmaas (Lumkes et al., 1983). In dit onderzoek werd een vergelijk gemaakt tussen een systeem met alle jaren ploegen (conventioneel), ploegen voor suikerbiet en aardappel en cultivatoren voor wintertarwe en zomergerst (rationeel) en minimale grondbewerking met cultivator 6 cm diep voor granen en ondiep frezen voor aardappel en suikerbiet. In de proeven ligt een variant met respectievelijk 20 kg/ha meer of minder N. Uitgangspunt was waarschijnlijk een geploegd systeem.

Op Proefboerderij Wijnandsrade is van 2000 t/m 2003 onderzoek uitgevoerd naar de invloed van grondbewerking op de mate van erosie. De grondsoort is löss en de percelen hebben een diepe grondwaterstand. Om een vruchtwisseling met 50% graan, 25% bieten en 25% aardappelen rond te zetten zijn minimaal 4 percelen nodig. Onderzoek is uitgevoerd op 5 percelen waarop 8 verschillende grondbewerkingen (ploegen (2), spitten (1), niet kerend (pennenfrees (5)) in 3 herhalingen zijn uitgevoerd. Vanaf 2004 is dit onderzoek omgebouwd naar een demonstratie vruchtwisseling. Op vier percelen is een vruchtwisseling aangehouden met graan, suikerbieten, aardappelen en snijmaïs. Op een ander perceel is snijmaïs als continue teelt verbouwd. Het effect van 11 verschillende grondbewerkingen op de opbrengst en kwaliteit van de verschillende gewassen is gemeten en vergeleken. De grondbewerkingen verschilden van elkaar in machine (ploeg, ecoploeg, rotoeg met en zonder ganzenvoet, pennefrees, cultivator, vaste tand, woeler en schijveneg), bewerkingsdiepte en frequentie van toepassen (Pauw, 2003, 2006). Ook Geelen (2006) rapporteert over dit onderzoek, waarbij de focus ligt op de mate waarin de verschillende teeltsystemen kunnen bijdragen aan het tegengaan van erosie.

2 Gewasopbrengsten en benodigde meststoffen bij niet kerende grondbewerking

2.1 Effecten op de gewasopbrengst

Bakermans e.a. (1970) vinden vergelijkbare opbrengsten na wel dan niet kerend grondbewerking wanneer voldoende stikstof was gegeven en de teelt geslaagd was bij de gewassen koolzaad, granen, erwten en maïs. Ook bij aardappelen en suikerbieten worden vergelijkbare kg opbrengsten vermeld maar zijn er wel kwaliteitsproblemen. De oogstzekerheid van akkerbouw zonder ploegen was echter minder. De nieuwe techniek moet met vallen en opstaan geleerd worden. De mislukkingen, waarvan de opbrengsten niet bepaald werden, waren meestal duidelijk toe te schrijven aan bv. onvoldoende onkruidbestrijding of de toen nog gebrekkige zaaitechniek. Sommige gewassen zoals erwten en wortelen zijn bijzonder gevoelig voor ongunstige omstandigheden of raken door hun langzame beginontwikkeling in het jeugd stadium gemakkelijk onder het onkruid. Naar de mening van de auteurs in 1970 dienen dergelijke mislukkingen voor een op de toekomst gerichte beschouwing niet meegeteld te worden.

Lumkes e.a. (1983) nemen de opbrengsten van de tegenvallende teelten wel mee in hun beschouwing en komen op deze manier op gemiddeld tegenvallende resultaten voor aardappel en suikerbiet na minimale grondbewerking. Tegenvallers waren bijvoorbeeld het veel later de grond op kunnen nadat de grond bij minimale grondbewerking gefreesd was t.o.v. direct poten in de ploegsnede. In de eerste rotatie had aardappel gemiddeld 9% minder opbrengst (variatie 0 tot 22% minder opbrengst) in de tweede rotatie was het gemiddelde resultaat nog slechter. Ook bij suikerbieten waren de gemiddelde opbrengsten veel lager (gemiddeld 17 en 14%). Een jaar waarop de conventionele en rationele teelt mislukt t.g.v. slemp en de minimale grondbewerking daar geen last van had en veel hogere opbrengsten gaf werd wel buiten beschouwing gelaten. Men had vooral problemen met de opkomst van de bieten (eerste jaren flinke strolaag op veld niet weggehaald). Bovendien was N niveau suboptimaal want de extra N gift van 20 kg gaf een flinke compensatie bij met name minimale grondbewerking. In de granen waren de opbrengsten ook wisselend en gemiddeld ca. 5% lager. Slemp en problemen met zaaïen worden als de oorzaken genoemd. Bij een wat ruimere N gift waren de resultaten beter.

Geelen (2006) verstaat onder directe inzaai: Bij directe inzaai wordt geen hoofd- grondbewerking en evenmin een zaaibedbereiding uitgevoerd. Zonder bewerkingen wordt zo in de onbewerkte grond gezaaid. Het zegt dus enkel iets over de wijze van inzaai van het hoofdgewas. Zo kan het zaaibed voor inzaai van de groenbemester wel zijn geploegd. Directe inzaai leidde tot minder afstromend water en gaf een sterke vermindering van de hoeveelheid afgevoerde bodemdeeltjes (maat voor erosie). De opbrengst lag 5% lager (Tabel 4). Waar in de roggeresten na oppervlakkige bewerking was ingezaaid, was de hoeveelheid afstromend water niet minder dan op geploegd land, maar de hoeveelheid grond die dit water meevoerde, was slechts de helft. De opbrengst ligt op een vergelijkbaar niveau. Door na het ploegen stro aan te brengen, nam zowel de waterafvoer als het bodemverlies sterk af. De opbrengst nam iets toe. Bij de teelt van bieten werden dezelfde tendensen gevonden (Tabel 5)(Geelen, 2006).

Tabel 4. **Effecten van een aantal teeltwijzen bij snijmaïs in continue teelt (monocultuur) op de waterafvoer en het bodemverlies, gemeten in het voorjaar. Wijnandsrade 1990 – 1993 (Geelen, 2006).**

Gewas	Water- afvoer (%)	Bodem- verlies (%)	Opbrengst (%)
Snijmaïs ingezaaid na ploegen in het voorjaar	100	100	100
Snijmaïs ingezaaid na ploegen in het voorjaar, met in het voorjaar aangebrachte strobekking	59	9	104
Snijmaïs ingezaaid na oppervlakkige grondbewerking in mulch-materiaal van rogge	109	56	102
Snijmaïs volgens de directe inzaaimethode in mulch-materiaal van rogge (30%)	87	16	95
100%=	41 l/m ²	2.41 g/m ²	16.4 ton ds/ha

Tabel 5. **Directe inzaai van bieten in gewasresten van een groenbedekker of in resten van graanstro. Erosiemetingen in mei en juni bij kunstmatige neerslag in 1993. Opbrengstbepalingen 1993 – 1995 in Wijnandsrade (Geelen, 2006).**

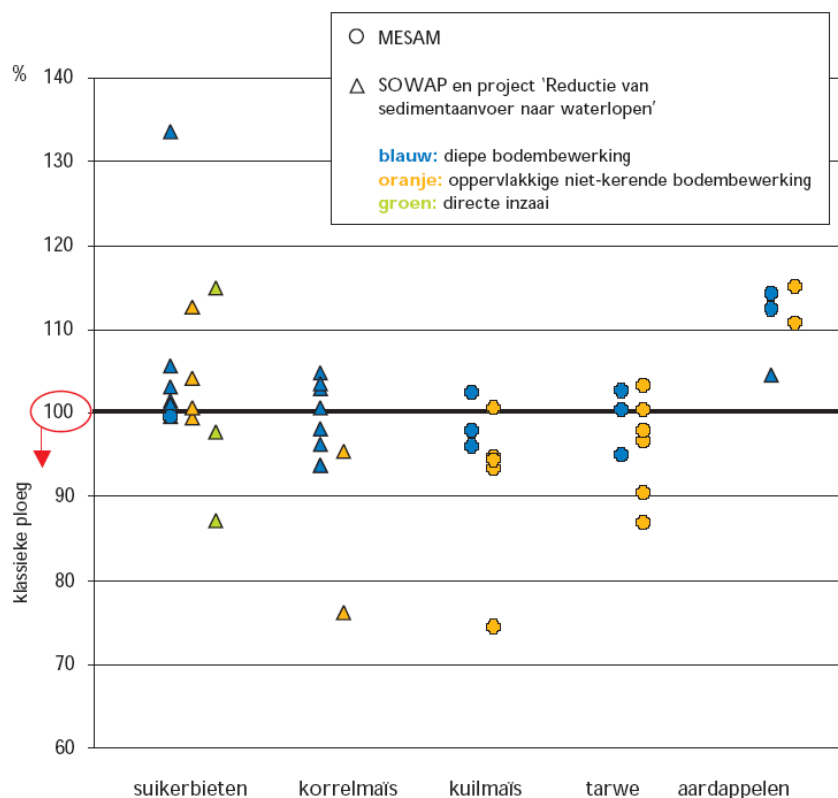
Gewas	Water- afvoer (%)	Bodem- verlies (%)	Opbrengst (%)
Bieten ingezaaid na ploegen in voorjaar	100	100	100
Bieten na oppervlakkige grondbewerking ingezaaid in mulchmateriaal van gele mosterd	101	31	101
Bieten volgens directe inzaaimethode in mulchmateriaal van gele mosterd	48	8	95
100%=	27 l/m ²	949 g/m ²	13.4 ton ds/ha

Bij de continue teelt van snijmaïs geeft ploegen een betrouwbare hogere opbrengst dan bij een niet kerende grondbewerking (Pauw, 2006). Deze tendens komt ook naar voren in bovenstaand beschreven onderzoek (Geelen, 2006)

Uit het onderzoek dat in 2000-2003 en 2004-2006 op Proefboerderij Wijnandsrade is uitgevoerd, komt naar voren dat zomergerst, wintertarwe, aardappelen, suikerbieten en snijmaïs in vruchtwisselingsverband weinig tot niet reageren in opbrengst en kwaliteit door de wijze van grondbewerking. De opbrengst en kwaliteit van niet kerende grondbewerkingen zijn vergelijkbaar met die van ploegen (Pauw, 2003 en 2006). Aardappelen en suikerbieten reageren beter op een systeem van niet kerende grondbewerking waarbij de grond intensiever wordt bewerkt (Pauw, 2006).

In België werden de afgelopen zes jaar gewasopbrengsten verzameld van 35 akkers in de Leemstreek (17 met suikerbieten, 12 met maïs en 6 met wintertarwe) die alle opgesplitst zijn in een niet kerend bewerkt deel en een geploegd deel. Vastgesteld werd dat de gewasopbrengsten bij ploegen en een niet-kerende bewerking van eenzelfde grootteorde zijn; bij suikerbieten is er gemiddeld genomen een meeropbrengst van 4%, terwijl er bij maïs en wintertarwe gemiddeld een minderopbrengst van 5% is (figuur 3). De eerste resultaten geven aan dat de kans op een minderopbrengst toeneemt bij afnemende bewerkingsintensiteit. De minderopbrengst bij maïs en wintertarwe wordt in veel gevallen wel gecompenseerd door het feit dat er minder bewerkingsgangen nodig zijn. De hogere opbrengsten bij consumptieaardappelen en bieten zijn vermoedelijk te wijten aan een efficiënter watergebruik door de planten, omdat het water gemakkelijker vanuit de diepere bodemhorizonten naar de bouwlaag kan opstijgen. Dat moet echter verder onderzocht worden. Globaal kunnen we dus stellen dat niet kerende grondbewerking zeker economisch haalbaar is (Masscheleyn, 2006).

Figuur 3. Relatieve opbrengsten van suikerbieten, maïs, wintertarwe en consumptieaardappelen bij een diepe (25-5 cm) en oppervlakkige (< 5 cm) niet kerende bodembewerking en bij directe inzaai (overgenomen uit: Gillijns et al., 2005b).



Door het IRS zijn in zuidelijk Flevoland van 2003 – 2005 proeven aangelegd in bieten, na een teelt van consumptieaardappelen (Wilting 2007). De conclusies zijn:

- Een niet-kerende hoofdgrondbewerking (bewerkingsdiepte circa 25 cm) in het najaar na de teelt van aardappelen verminderde de kans op (veel) aardappelopslag in het volggewas suikerbieten.
- De financiële opbrengst van de suikerbieten werd in de proeven niet significant door de soort hoofdgrondbewerking beïnvloed (kerend, niet kerend; bewerkingsdiepte circa 25 cm).

Internationaal worden de minimale grondbewerkingssystemen vooral gebruik voor de bovengronds te oogsten gewassen. Hier worden ook regelmatig flinke opbrengstverhogingen (>10%) gemeld afhankelijk van het vooraf gekozen mulchgewas en de gegeven bemesting bij bijvoorbeeld maïs, sojabonen en tarwe (Calvari, 2003). Er zijn echter ook wel goede ervaringen opgedaan met het direct planten van aardappel in de stoppel en vervolgens ridging (Ekeberg en Riley, 1996; Peigne et al, 2007). In Amerika worden zelfs langjarig hogere opbrengsten gemeld met het direct poten van aardappel op bedden met een mulchlaag en vervolgens maaien van de mulchlaag voor opkomst van de aardappelen (Morse, 2008). Essay en Honeycutt (2004) concluderen dat de techniek van aardappelteelt op in het najaar aangelegde bedden veelbelovend is op plaatsen met een kort groeiseizoen. De redenen hiervoor zijn het vroeger opdrogen van de grond in het voorjaar en beter vochthoudend vermogen van de grond gedurende kritische perioden in de groei. Wanneer voorgekiemd pootgoed wordt gebruikt is de opbrengst significant hoger dan conventioneel geploegde teelt. Niet voorgekiemde aardappelen geteeld met ridge_tillage op in het najaar aangelegde ruggen, brengen evenveel op als conventioneel geteelde aardappelen in het Noorden van de USA. Ook in Denemarken worden goede ervaringen en opbrengsten gehaald met een aangepast ridge_tillage systeem (ruggen in najaar aangelegd; geopend, gepoot en bemest in voorjaar soms gecombineerd met grond losmaken tussen de ruggen) (Hendriksen et al., 2007).

Ridge tillage kan opbrengstvermeerdering opleveren bij maïs en sojabonen in Noord Amerika (Mohler, 2001; Hendriksen et al., 2006; Cloutier et al, 2007b). Zie voor meer informatie over ridge tillage paragraaf 4.2. Recent onderzoek in Duitsland met ruggenteelt laat ook een meeropbrengst bij suikerbiet zien van 5-10% bij gelijkblijvend suikergehalten (Schlinker et al, 2007). Ridge tillage heeft voor het gewas het voordeel dat het op het topje van de afgeschaafde rug warmer wordt en er daar eerder gezaaid kan worden dan bij notill waar de afgedekt bodem langer koud blijft (Goris, 2005). Over ridgetill systemen is nog meer onderzoek gepubliceerd, maar binnen het bereik van deze literatuurstudie moet het bij dit beknopte overzicht blijven.

2.2 Effecten op fysische bodemeigenschappen en nutriënten

Bakermans et al. (1970) rapporteren dat na de eerst ploegbewerking in het eerste jaar het poriënvolume in de bovenlaag en middenlaag hoger is na het ploegen, maar in de laag beneden 20 cm met name op termijn lager (ploegzoolvorming). Ze halen vele referenties aan die aangeven dat de grond na ploegen losser is maar dat dit effect erg tijdelijk is. Inzakking en het vervolgens veelvuldig rijden bepalen voornamelijk de uiteindelijke dichtheid en ploegzool. Bovendien geeft veel mulch en geen kerende grondbewerking veel meer regenwormen die de bodem weer losser maken. Na ploegen is het waterbergend vermogen in de bovenlaag wat lager en onderin hoger (samenhangend met organisch stof verdeling).

Verder rapporteren Bakermans et al. (1970) dat door de geringere aëratie van het organisch materiaal in de vaste grond er waarschijnlijk minder stikstofmineralisatie plaats vindt dan in losse grond. Vooral de eerste jaren stelden ze dan ook een iets grotere N behoefte vast bij minimale grondbewerking versus ploegen (ca. 30 kg N/ha in de uitgevoerde proeven, P en K was niet nodig). Ook Lumkes et al. (1983) kon met een wat hogere stikstofgift (20 kg N/ha) opbrengsten met name in minimale grondbewerkings-systemen verhogen. Bakermans verwacht echter dat dit effect op termijn wegeeft omdat als voordeel van de geringere afbraak er extra humusvorming plaatsvindt waardoor op de duur een evenwicht ontstaat.

Dit beeld wordt in recente overzichten bevestigd (Sá, 2004, Goddard et al. 2008). Zij melden dat er de eerste 5 jaar in de initiatie fase meer N nodig is bij no tillage systemen, tussen 5 en 10 jaar start de nalevering uit geïmmobiliseerd organisch materiaal. Pas na 20 jaar is deze zo hoog geworden dat daadwerkelijk minder N en P toediening nodig is. Goddard laat ook resultaten zien waaruit blijkt dat de graanopbrengsten na 20 jaar notill duidelijk minder reageren op toegevoegde stikstof (tabel 6). Dit wordt bevestigd door Andrade et al (2003), Sisi et al (2004) en Peigne et al (2007) mits er voldoende input van vers organisch materiaal van leguminosen als mulch toegevoegd wordt. Uiteindelijk wordt de opbrengst dus minder afhankelijk van mestgift en heeft eventuele suboptimale N gift minder consequenties.

Tabel 6. **Graanopbrengsten (ton/ha) na 2 en 20 jaar notill waarbij geen of een stikstofgift van 60 kg N/ha is gegeven (Goddard et al., 2008).**

Notill	Opbrengst Geen N gift	Opbrengst Gift 60 kg N/ha
Na 2 jaar	10.9	11.6
Na 20 jaar	13.3	14.0

De behoefte aan extra N in de eerste jaren leidt tot een extra kostenpost. Dit wil niet zeggen dat er ook extra emissie van N naar water hoeft op te treden. Er wordt immers ook meer vastgehouden in de grond en er treedt minder erosie op. Ook t.a.v. ridgetillage wordt aanzienlijk minder erosie en mineralenverliezen gerapporteerd (Romkens et al., 1973; Felsot et al., 1990; Essah en Honeycutt, 2004; Klein et al., 1996; Hendriksen et al., 2006). Met het oog op de afbakening van deze studie is hierover niet meer informatie gezocht.

3 Onkruidruk en beheersing bij niet kerende grondbewerking

3.1 Onkruidruk en beheersing

Ploegen beïnvloedt de onkruidpopulatie direct door de vernietiging van onkruiden die op het veld staan en het veranderen van de verticale verdeling van de zaden, wortelstokken etc. Voortplantingsorganen worden daarmee op een diepte gebracht waar ze niet meer kunnen uitlopen totdat ze, wanneer ze dan nog levenskrachtig zijn, weer naar boven worden gebracht. De jaarlijkse afsterving verschilt veel voor de verschillende soorten (van der Schans et al., 2006). Vooral vegetatieve delen (wortelonkruiden) en niet persistente zaden (vnl. grassen) worden door ploegen op ernstige achterstand gezet. Verder werkt de ploeg de gewasresten goed in en ontstaat daarbij een veld waarop makkelijker mechanische (geen last van veel residu) en chemische bestrijding (geen afscherming) van nieuw opkomend onkruid kan worden uitgevoerd. Wanneer er dus niet geploegd wordt, kan dat de onkruidbeheersing bemoeilijken.

Bakermans e.a. (1970) melden mislukkingen van de teelt die zich vooral voordoen t.g.v. een mislukte onkruidbestrijding bij de mulch tillage en een toegenomen inzet en kosten voor onkruidbestrijdingsmiddelen. Lumkes et al. (1983) meldt bijna 40% hogere kosten aan bestrijdingsmiddelen. Waarschijnlijk betreft het hier vooral onkruidbestrijdingsmiddelen maar hierover wordt niet meer detail gegeven.

In België was het effect van niet kerende grondbewerking op onkruiden in 2004 eenduidig en in 2005 niet eenduidig. Op sommige percelen werden na minimale grondbewerking (niet kerende grondbewerking) meer onkruiden waargenomen, op andere juist minder (tabel 7). Zo worden onkruiden van de vorige teelt bij niet kerende grondbewerking niet ondergewerkt en op de bodem aanwezige oogstresten kunnen de werking van bodemherbiciden bemoeilijken.

Tabel 7. **Het aantal onkruiden per m² geteld in 2004 en 2005 waargenomen op de proefpercelen (Gillijns et al., 2005a)**

Perceel	Locatie	Datum	geploegd	Onkruiden (#/m ²)		
					Min.bewerkt	
2004						
Hoogveld	Bertem	19/05/2004	101	a	28	b
Lange Weide	Huldenberg	24/05/2004	64	a	75	a
Kortrijk dorp	Kortrijk-Dutssel	10/05/2004	74	a	62	a
Hangaar	Kessel-Lo	25/05/2004	135	a	74	b
2005						
Bertembos	Bertem	10/05/2005	63	a	100	a
Lange Weide	Huldenberg	03/05/2005	38	a	12	b
Kortrijk dorp	Kortrijk-Dutssel	10/05/2005	22	b	44	a
Hangaar	Kessel-Lo	-	-	-	-	-

In Zuid-Limburg wordt bij een ploegloze bietenteelt in het voorjaar het onkruid vaak met glyfosaat gedood. Bij zaadonkruiden is 1.5 l/ha meestal voldoende, maar bij hardnekkige wortelonkruiden is vaak 4 à 5 l/ha nodig. Als na deze behandeling de grond opdroogt, is een ondiepe zaaibedbewerking voldoende om bieten te zaaien. (Hoenderken, 2005).

In het onderzoek te Wijnandsrade (Geelen, 2006) kwam naar voren dat bij inzaai zonder zaaibedbereiding het aantal onkruiden dat in het voorjaar kiemt, beduidend geringer is dan bij de gangbare teelt. Bovendien blijven deze onkruiden kleiner. De onkruiddruk bij niet kerende grondbewerking is vooral gerelateerd aan het voorgaande gewas: als in het voorgaande gewas veel onkruid tot zaadvorming komt, dan is ook in de volgende ronde meer onkruid te verwachten (Bernaerts et al., 2008). Indien na ploegen een zaaibed wordt

gemaakt, kiemen er veel onkruiden. Bij een oppervlakkige zaaibedbereiding in een groenbemester beduidend minder. Na ploegen komen alleen voorjaarskiemers voor, terwijl bij de teelt in een bodembedekker, ook nog overwinterende onkruiden voorkomen. Minder en kleinere onkruiden lijken wellicht positief, maar als deze moeilijk chemisch of mechanisch bestreden kunnen worden, leveren ze toch een probleem op (Geelen, 2006).

Tabel 8. **Veronkruiding, weergegeven in aantallen onkruiden, bij drie teeltmethoden met daarbij het % voorjaarskiemers. Wijnandsrade 1990 t/m 1992 (Geelen, 2006).**

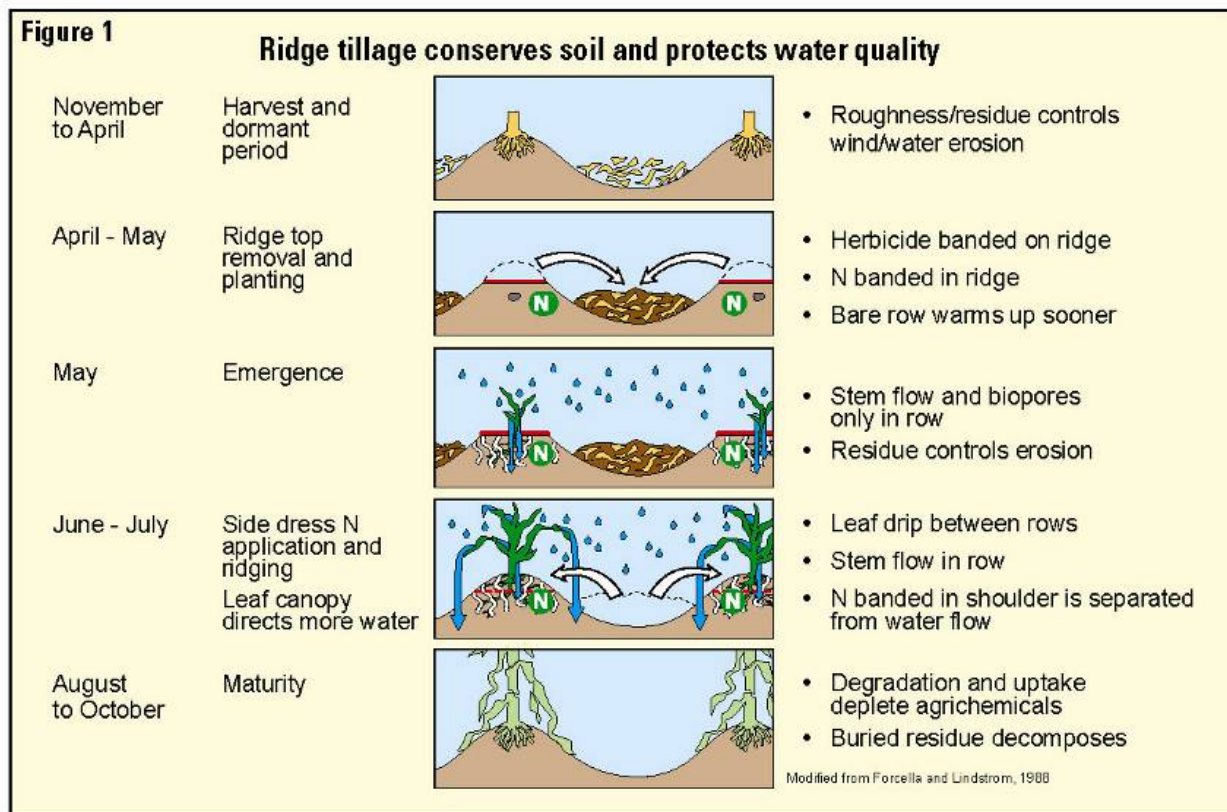
	aantal onkruiden per m ²	waarvan voorjaarskiemers
Teelt in bodembedekker, directe inzaai	23	< 61%
Teelt in bodembedekker, oppervlakkige zaaibedbereiding	29	90%
Ploegen voorjaar	52	100%

In de internationale literatuur wordt veel melding gemaakt van de grote bijdrage die ploegen levert ten aanzien van de beheersing van onkruiden. Trewavas (2004) meldt dat ploegen cruciaal is voor de beheersing van onkruiden in biologische landbouw. Wortelonkruiden en vooral eenjarige grassen zijn in veel hogere dichtheden aanwezig bij conserverende grondbewerking dan bij ploegen (Kouwenhoven, 2000; Torresen et al., 2003; Moonen & Barberi, 2004; Holland, 2004) en de bestrijding van grassen wordt als een kritische factor gezien voor het succes van gereduceerde grondbewerking (Davies & Finney, 2002; Peigne et al., 2007). Het gebruik van glyfosaatresistente rassen maakte het in Amerika mogelijk om met minimale grondbewerking voldoende bestrijding van wortelonkruiden te krijgen (Nalewaja, 2003), maar deze GMO rassen zijn anno 2008 nog niet beschikbaar op de Nederlandse markt. Ook kan men meer problemen krijgen met soorten die in korte tijd tot zaadproductie komen (El Titi, 2003). Ten slotte kan men problemen verwachten met onkruiden die resistent zijn voor de herbiciden die veelvuldig ingezet worden in systemen met minimale grondbewerking (Nalewaja, 2003; Holland, 2004; Kropff et al., 2008).

3.2 Uitdagingen en ontwikkelingen voor de onkruidbeheersing bij niet kerende grondbewerking

Traditioneel worden systemen zonder kerende grondbewerking geassocieerd met een grotere afhankelijkheid en gebruik van onkruidbestrijdingsmiddelen (herbiciden) (Wiese, 1985; Cloutier et al, 2007b). Echter er worden in toenemende mate ook nieuwe op niet kerende grondbewerking gebaseerde systemen en machines ontwikkeld die het mogelijk maken om de onkruiden in een dergelijk systeem mechanisch te bestrijden (Cloutier et al., 2007 a en b). Voorbeelden zijn o.a. gewasproductie op permanente ruggen (ridge tillage) zoals zich dat ontwikkeld heeft in Noord Amerika, groenteteelt op permanente opgehoogde bedden en het Kermink exact bodemmanagement systeem.

Ridge tillage (of teelt op permanente ruggen) wordt frequent gebruikt in Noord Amerika bij de teelt van o.a. mais en sojabonen vooral op middelmatig of zware gronden. Met ridge tillage kan de opbrengst en de economische marge toenemen door kostenvermindering, eerdere bodemopwarming, minder bodem compactie en minder nutriënten uitspoeling (Mohler, 2001; Hendriksen et al., 2006; Griebink, 1999; Cloutier et al, 2007b; Forcella and Lindstrom, 1988). Klein et al. (1996) concludeerden dat ridgetill het ideale systeem is voor erosiebestrijding en geïntegreerde onkruidbestrijding. Door modernisering van de apparatuur en herbiciden werd het in 1996 in Amerika al als economische productiemethode beschouwd.



Figuur 4. Schematische voorstelling van het ridge tillage (ruggenteelt) systeem, door Cloutier bewerkt van Forcella and Lindstrom (1988).

Bij ridge tillage (zie Figuur 4) wordt een gewas gezaaid of geplant op een rug die al in het najaar ervoor is aangelegd en steeds op dezelfde plaats wordt gehouden (o.a. met gebruik precisietechnieken). Bij zaai wordt in één werkgang het topje van de rug afgesneden en op de top gezaaid en vervolgens weer aangedrukt. Mulch van de top wordt tussen de ruggen gegooid en breek daar snel af. Conventionele boeren kunnen (op de top van de rug) herbiciden inzetten. Biologische boeren zetten vervolgens een roterende eg (Prairie Agriculture Machinery Institute, 1992) in om onkruiden en eventuele andere gewasresten op de top van de rug te bestrijden. Deze eg die in Amerika de omvang heeft van onze gedragen eggen is geschikt voor situaties met veel gewasresidu. Een grote biologische teler heeft daarnaast de Europese gedragen eg aangepast voor verdere bestrijding op de rij. Wanneer mulch en onkruid op de zijanten van de ruggen te groot wordt, wordt tussen de rijen met special apparatuur geschouffeld en aangeaard (met in begin speciale beschermerschijven voor het gewas waar maar weinig aarde doorkomt). Het systeem en illustraties van de apparatuur staan in Cloutier et al. (2007a).

Bedden worden algemeen gebruikt voor de groenteteelt meestal na een ploegbewerking. Recent zijn hier ook systemen ontwikkeld om de bedden op permanente plek te houden en geen kerende groundbewerking te gebruiken (Schonbeck, 2004; Morse, 2008). De bedden worden ingezaaid met verschillende mengsels die zich flink moeten ontwikkelen voordat aardappelen gepoot of groentegewassen geplant kunnen worden. Dit mengsel wordt vervolgens gemaaid en op het oppervlak gelaten of met behulp van rollers / crimpers, die door het Rodale instituut zijn ontwikkeld, plat gelegd zodanig dat ze ook dood gaan (<http://www.newfarm.org/depts/notill/features/2005/0602/msuroller.shtml>). Speciale apparatuur die hierin kan poten of zaaien is inmiddels doorontwikkeld. Peigny (2007) constateert dat er in Europa nog geen onderzoek naar deze in Noord en Zuid Amerika in ontwikkeling zijnde methoden is uitgevoerd en dat dit wenselijk is om de effectiviteit te onderzoeken voor Europese omstandigheden. Het Kermink exact bodem managementsysteem is ontwikkeld in Duitsland en is gebaseerd op vlak onder de grond losmaken, ruggenvormen en vaste rijpaden (Hendriksen et al., 2005).

Cloutier et al. (2007b) beschrijven ook andere apparatuur die ontwikkeld is om in systemen met minimale grondbewerking op niet chemische wijze onkruid en gewasresten te doden of te onderdrukken. Liebman & Davies (2000) beschrijven ook methoden om bodembedekkende gewassen die niet door vorst gedood worden mechanische te lijf te gaan.

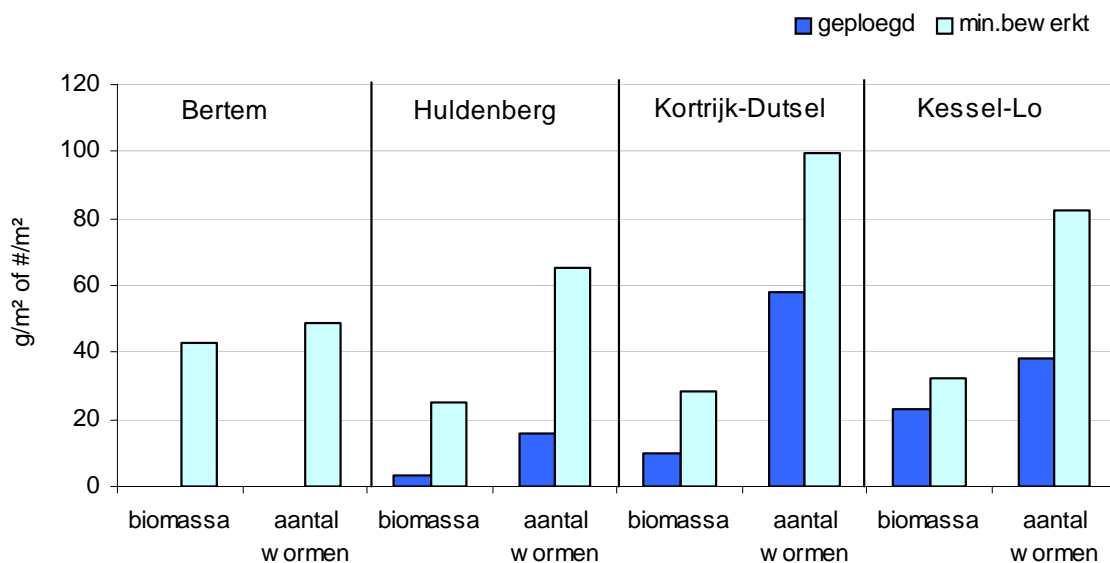
De onderzoeksgroep van o.a. Liebman komt tot het inzicht dat door slim spelen met de rotatie (verschillende gewasgroeiperioden, concurrerende gewassen en aangepaste managementstrategieën) de verschillende niches van onkruidsoorten verstoord kunnen worden en toename van sommige soorten ook met minimale grondbewerking voorkomen kunnen worden.

Een ander nieuw inzicht is het belang van zaadpredatie van onkruidzaden. Wanneer onkruidzaad op de bodem blijft liggen, vooral met gewasresten, dan voelen zich daar allerlei loopkevers en sommige muizensoorten zich thuis. Deze kunnen enorme hoeveelheden zaden opeten (Heggenstaller et al, 2006; Westerman et al., 2003 en 2006, Tooley & Brust, 2002). Zaadpredatie van meer dan 95% binnen 2 weken is gerapporteerd. In sommige situaties zou het dus wel gunstiger kunnen zijn om onkruidzaad op het oppervlak te laten en juist niet onder te werken. Dit is een terrein waarop nog veel onderzoek nodig is om er optimaal gebruik van te kunnen maken.

4 Verandering in activiteiten en biodiversiteit bodemleven

Bakermans et al. (1970) en Lumkes et al. (1983) doen geen uitspraken over de biodiversiteit van het bodemleven. Ook de rapporten van het onderzoek in Wijnandsrade gaan niet in op veranderingen in het bodemleven (Pauw, 2003, 2006; Geelen, 2006).

In België komen 25 soorten regenwormen voor. Op akkers worden maximaal 7 soorten terug gevonden, maar meestal komen er slechts 4 soorten voor. Op basis van hun gedrag en morfologische kenmerken worden 3 groepen onderscheiden, nl. de strooiselwormen (epigeïsche), de bodemwoelers (endogeïsche) en de diepgravers (anekische) (Masscheleyn, 2006). De regenwormen binnen elke categorie hebben hun eigen functies in de bodem. Op alle percelen met een minimale grondbewerking werden in december 2004 een hoger aantal en een hogere biomassa aan regenwormen waargenomen ten opzichte van het klassiek geploegde deel van het perceel (Figuur 5). Bodembewerking kan een directe en indirecte invloed hebben op de regenwormpopulatie. De indirecte gevolgen van bodembewerking houden in dat de leefomgeving van de regenwormen verandert: gangen worden vernield en de verdeling van organische stof wijzigt. De directe invloed van bodembewerking is het doden van de regenwormen zelf. De globale invloed van verschillende types van bodembewerking bestaat uit een combinatie van de bewerkingsintensiteit, de bewerkingsdiepte, de periode van bodembewerking, het bodemtype en de bodemcondities (Gillijns et al., 2005a).



Figuur 5. Biomassa en aantal van regenwormen op verschillende proefvelden in december 2004 (uit Gillijns et al., 2005a).

Het effect van niet-kerende bodembewerkingen op regenwormpopulaties is dat regenwormpopulaties zich in enkele jaren spectaculair kunnen herstellen wanneer er overgeschakeld wordt naar minder intensieve bodembewerkingen. Dit vertaalt zich in een significante toename van de aanwezige regenwormbiomassa. Heel belangrijk is dat deze stijging nagenoeg volledig te wijten is aan het herstel van de diepgravende soorten, met name *Lumbricus terrestris*. De populaties van bodemwoelende soorten blijven min of meer gelijk. De diepgravende soorten kunnen zich herstellen onder minder intensieve en niet-kerende bodembewerkingen omdat de permanente verticale gangen waarin ze wonen niet of minder vernield worden en omdat er een strooisellaag aanwezig blijft aan de oppervlakte. Dit laatste is belangrijk omdat de diepgravende soorten 's nachts naar de oppervlakte komen om zich met materiaal uit de strooisellaag te voeden. Diepgravende soorten spelen, meer nog dan andere soorten die een bodemverbeterend effect hebben, een belangrijke rol in erosiecontrole. Hun diepe, permanente verticale gangen met dikwijls diameters van 1 cm fungeren als drainagekanalen bij hevige neerslag (Masscheleyn, 2006).

In de internationale literatuur wordt veelvuldig melding gemaakt van de toename van de biodiversiteit van het bodemleven onder invloed van minder intensieve grond-bewerkingen (reviews van: Stinner & House, 1990; Holland, 2004; Peigne et al, 2007; Goddard et al, 2008).

Bacteriën, schimmels, protozoa, nematoden, regenwormen e.a. hebben allen voedsel, lucht, water en een geschikte leefomgeving nodig. De leefomgeving wordt verbeterd indien de grond minimaal bewerkt wordt; de bodem met plantmateriaal bedekt is; een rotatie van gewassen en het vermijden van overmatig pesticiden en meststoffen gebruik. Grondbewerking heeft hierop de volgende negatieve effecten:

- een grote hoeveelheid zuurstof wordt in de grond gewerkt wat resulteert in een snelle afbraak van het aanwezige plantaardige voedsel;
- langgerekte en kwetsbare organismen zoals draadachtige schimmels worden beschadigd waardoor de gronden vooral gedomineerd worden door kleine eencellige bacteriën;
- de bodemstructuur wordt beschadigd en dit geeft een significante reductie van arthropoden en regenwormen;
- vaak ontstaan er harde lagen (ploegzool; korsten) die wortelgroei, zuurstof en waterinfiltratie in de diepere grondlagen hinderen;
- een kale onbedekte grond geeft geen uitdamping van extreme temperaturen op het grondoppervlak en geeft makkelijker verslemping
- indien gronden ontstaan met zuurstofniveaus onder de 16%, wordt een andere groep van organismen bevorderd waaronder veel ziekteverwekkende bacteriën en schimmels, zoals *Pythium* en *Phytophthora* (Goddard et al., 2008).

Ploegen verstoort de leefomgeving van voornamelijk de wat dieper gravende soorten regenwormen en stelt regenwormen bloot aan predatie en uitdroging (Holland, 2004). Goddard et al. (2008) presenteert metingen aan de regenwormactiviteit op 18 velden die geploegd zijn dan wel onder notill regime beheerd werden in Zwitserland. De activiteit van de wormen in augustus was 20% op de notill velden vergeleken met 2% op de geploegde velden. Wanneer ploegen uit teelttechnisch oogpunt nodig is, wordt kerende grondbewerking bij voorkeur uitgevoerd voor het zaaien van de groenbemester en niet voor de inzaai van het hoofdgewas. Het effect van één maal tussendoor ploegen op de regenwormpopulatie lijkt dan beperkt. Het bodemleven kan zich dan gedurende de herfstmaanden en het voorjaar enigszins herstellen. Maar het is ook mogelijk dat de bewerking zich beperkt tot de bovenste 7 – 10 cm (Geelen, 2006).

Regenwormactiviteit is (naast beworteling) erg belangrijk om compactie van de grond tegen te gaan. Ook El Titi & Ipach (1989), Rasmussen (1999) en Chan (2001) vinden meer regenwormen na conservation tillage in plaats van ploegen. De hoeveelheid en activiteit hangen af van de bewerkingsdiepte en intensiteit (notillage > reduced tillage > ploegen). De effecten worden echter ook beïnvloed door tijd in jaar en type grond. Soms zijn percelen echter zoveel bereiden e.d. dat de ondergrond al bij omschakelen naar conserverende landbouw zo dicht is dat de regenwormen hier niet doorheen kunnen dringen ook kan ernstige verslemping en korstvorming een mechanische barrière voor regenwormen vormen. Peigne et al. (2007) stelt dat het zinvol zou zijn om meer onderzoek te doen naar de capaciteiten van regenwormen om compactie onder veldomstandigheden op te lossen.

Kladivko (2001) rapporteert meer nematoden in de bodem en meer schimmels dan bacteriën in de gewasresten op de grond. Stinner & House (1990), Pimentel et al. (1995) en ECAF (2005) melden een hoge kwantiteit van diverse bodemorganismen waaronder bacteriën in aantal oplopende tot 3 biljoen per gram grond en regenwormen tot 20 cm lengte en in aantallen tot 9,5 miljoen per hectare. De grootste meerderheid komt de plantengroei ten goede door hun effect op de structuurvorming van de grond, nutriëntenbeschikbaarheid en biologische bestrijding van schadelijke organismen. Conserverende landbouw leidt tot een meer gelaagde bodem die een grotere hoeveelheid en diversiteit geeft van bodemleven zoals micro-organismen, nematoden, aardwormen en micro-arthropoden (López-Fando & Bello-Pérez, 1997; Lupwayi et al., 1998, Zaborski & Stinner, 1995; ECAF, 2005). Verschillende functionele groepen van aaltjes reageren verschillend en vaak onvoorspelbaar op veranderingen in bodembewerking, omdat er zoveel complexe factoren op elkaar inwerken (McSorely & Gallaher, 1994 en LopezFando & Bello, 1995).

Wardle (1995) deed een review studie naar de impact van grondbewerkingen op het voedselweb van detritus afbrekende organismen. Hij bekeek 106 studies over dit onderwerp en berekende een index ('V') voor de mate waarin organismen reageerden op ploegen of niet kerende bewerkingen met een verandering in aantallen (c.q. dichtheid) of biomassa. Deze index 'V' varieert van -1 als organismen alleen voorkomen onder niet kerende grondbewerking tot + 1 als organismen alleen voorkomen in geploegde gronden. De conclusies uit deze analyse luiden dat de meeste groepen in grotere aantallen of biomassa voorkomen bij niet kerende bewerkingen dan bij ploegen en dat grotere organismen vaker door ploegen worden geschaad dan kleinere organismen. Een meer gedetailleerde bespreking van de resultaten is te vinden in Wardle (1995) en Kladivko (2001).

Bodemorganismen breken toxische stoffen in de bodem af, bufferen de PH, produceren plantengroei bevorderende hormonen en andere chemicaliën, concurreren en onderdrukken ziekteveroorzakende organismen. Wanneer er een gezonde balans en hoeveelheid bodemorganismen in het voedselweb onder de grond zit, dan kunnen ziekten en plagen eruit geconcurrerd worden of door predatie niet echt een kans krijgen om zich tot schadelijke niveau's te ontwikkelen (Goddard et. al.; 2008) (zie ook het volgende hoofdstuk).

Holland (2004) en McLaughlin & Mineau (1995) gaan ook kort in op de effecten voor akkervogels en kleine zoogdieren, waaronder muizen.

5 Natuurlijke ziekte- en plaagbeheersing bij niet kerende grondbewerking

5.1 Effecten op de ziektebeheersing

Uit het oudere Nederlandse onderzoek melden Bakermans en de Wit (1970) dat ze weinig problemen ondervonden t.a.v. ziekten bij de mulch tillage. Lumkes et al. (1983), Pauw (2003, 2006) en Geelen (2006) doen nauwelijks uitspraken over ziekten en plagen in hun onderzoek.

Volgens Katan (2000) en Leake (2003) is ploegen effectief om diverse bodemgebonden pathogenen onder controle te houden. Niet kerende grondbewerking creëert in algemene zin grotere overlevingskansen voor plantenziekten die overleven op gewasresten, en houden deze gewasresten binnen het infectiebereik van het volgende gewas (Sturz et al., 1997; Leake, 2003). Daarbij gaat het om zowel op het bodemoppervlakte blijvende gewasresten, als de afstervende wortelstelsels in de bovenste grondlagen. Hoeveel risico's dit oplevert voor het volggewas is sterk afhankelijk van de specifieke soort pathogeen, de wijze van overleving, de levenscyclus en de manier waarop infecties worden overgedragen. In algemene zin is de langere overleving van ziekteverwekkers in niet-kerende teeltsystemen slechts van korte duur, en zal bij een voldoende ruime vruchtwisseling geen effect van grondbewerking op de infectiedruk meer aantoonbaar zijn (Leake, 2003).

Toch heeft niet kerende grondbewerking bij veel ondernemers een associatie met grotere risico's op bodemgebonden ziekten. Er is ook relatief veel literatuur te vinden over problemen met bodemziekten in granen na een omschakeling van ploegende teelten naar direct gezaaide teelten. Het is goed om daarbij te bedenken dat veel van deze ervaringen en literatuur betrekking hebben op Noord-Amerikaanse teeltsystemen waarin grootschalige (bijna) continu-teelten van zomer- en wintergranen gebruikelijk zijn. Zo evalueren ook Bockus en Shroyer (1998) de effecten van grondbewerking op bodempathogenen in granen. Zij betogen dan niet-kerende grondbewerkingen en directzaai (notill) leiden tot een hogere overleving van bodempathogenen in de stoppels en stroresten. Dat leidt tot meer bodemziekten in teeltsystemen met verminderde grondbewerkingen. Zij geven voorbeelden van 8 pathogenen die toenemen bij verminderde grondbewerking, maar ook voorbeelden van 5 bodemziekten die juist afnemen bij niet-kerende grondbewerkingen. Dit alles in de context van Noord-Amerikaanse continu-teelten van granen. Bij omschakeling naar niet-kerende teelten en direct zaaien treden dan soms forse problemen met bodemziekten op. De oplossing die Bockus en Shroyer (1998) voorstellen is even logisch als simpel: de toepassing van gewasrotaties met een niet-graan teelt doet bijna alle problemen van bodempathogenen in één jaar verdwijnen, met behoud van alle andere voordelen van verminderde grondbewerkingen. Kortom, niet-kerende grondbewerking is net als gewasrotatie slechts één onderdeel uit een gereedschapskist voor bodembeheer en gewasverzorging.

Leake (2003) behandelt een groot aantal specifieke ziekten van tarwe en koolzaad. Hij beschrijft waarom in het ene geval een verhoogd risico ontstaat door niet kerende grondbewerking terwijl soms in een ander geval juist lagere ziektedruk wordt gevonden. In heel veel andere gevallen kan geen effect van het teeltsysteem op de ziektedruk worden vastgesteld. Aardappelen geteeld in rotatie met gerst en rode klaver en minimale grondbewerking werden minder ziek dan in een kortere rotatie met ploegen (Peters et al., 2003). Ook ridge tillage heeft bewezen minder problemen met o.a. *Pythium* en ziekten in aardappel te geven (Thurston and Schutz, 1981; Lumsden et al., 1987; Essah en Honeycut, 2004).

Sturz et al. (1997) geven een uitvoerige review van de effecten van minimale grondbewerking op plantenziekten in gematigde klimaten. Zij rapporteren over 23 studies waarin voor 11 schimmelziekten werd gevonden dat niet-kerende grondbewerking leidt tot zwaardere aantasting dan bij ploegend werken. Echter, zij noemen ook 15 studies waarin het tegengestelde werd gevonden voor 9 ziekten. Hierbij gaat het om 7 ziekten die in beide lijstjes voorkomen, en waar dus onder verschillende omstandigheden tegengestelde effecten worden gerapporteerd. Dit is alweer een illustratie van de complexiteit van de processen in de

bodem, waarbij grondbewerking slechts één van de vele factoren is die al of niet van invloed kan zijn op de ernst van een aantasting.

Sturz et al. (1997) en Leake (2003) vragen nadrukkelijk aandacht voor het feit dat conserverende landbouw leidt tot een ophoping van organisch materiaal en microbiële flora en fauna in de bovenste bodemlagen. Dit leidt tot een groter infectiepotentieel van bodemziekten, maar biedt tegelijk een rijk substraat voor interacties tussen pathogenen en microbiële antagonisten en predatoren. Dit kan na enige tijd leiden tot ziekte-onderdrukkende bodems. De kans hierop is aanzienlijk groter in teeltsystemen met minimale grondbewerking. Meer onderzoek naar de potentie van ziekteverende bodems is beslist gewenst.

Ook Peigne (2007) en Holland (2004) geven aan dat nog veel onderzoek gewenst is naar de ziekte- en plaagontwikkeling bij conserverende bodemsystemen en naar de natuurlijke onderdrukking onder verschillende managementcondities en omgevingsfactoren.

5.2 Effecten op de plaagbeheersing

5.2.1 Insectenplagen

Bakermans en de Wit (1970) melden dat ze weinig problemen ondervonden t.a.v. plagen bij de mulch tillage, soms wel wat meer last van vreters door insecten, ritnaalden, aardrupsen, aardvlooien en slakken en beduidend meer last met muizen en vogels bij relatief kleine proefvelden tussen grasland. Lumkes et al. (1983) doen nauwelijks uitspraken over plagen in hun onderzoek.

Aardrupsen ("cutworms", o.a. *Agrotis* soorten) en ritnaalden worden bijv. ook door Musick and Collins (1971) en Edwards (1975) genoemd als bodemplagen die bij niet-kerende grondbewerking in belang kunnen toenemen.

Stinner and House (1990) geven een uitvoerig overzicht van de effecten van minimale grondbewerkingen op ongewervelden in granen, mais, soja en katoen. Zij evalueerden 45 studies over de effecten van grondbewerking op ongewervelden. Die studies rapporteren over 54 plaagsoorten. Van de 54 plaagsoorten bleek 28% meer schade te veroorzaken bij minder grondbewerking, 29% vertoonde geen effect onder invloed van al of niet ploegen, en 43% gaf minder schade bij minder grondbewerking.

In de door Stinner and House (1990) aangehaalde studies komen tenminste twee voorbeelden voor waaruit kan worden afgeleid dat niet-kerende grondbewerking de natuurlijke weerstand tegen een specifieke insectenplaag verhoogt. Het eerste voorbeeld is een van de oudste onderzoeken naar het effect van no-tillage op plagen in mais (Musick and Collins, 1971). De maiswortelkever legde tot 4x zoveel eitjes in ongeploegde percelen vergeleken met geploegde percelen. Echter, in ongeploegde percelen was de sterfte vervolgens zo hoog, dan evenveel of zelfs significant minder schade werd aangericht dan in geploegde percelen. M.a.w., niet-ploegen leidde hier tot een verhoogde natuurlijke onderdrukking van de maiswortelkever.

Een vergelijkbaar voorbeeld van rupsen in soja wordt gegeven door Sloderbeek en Yeagen (1983). Een mulch van stro (of afgemaaide groene mulch) geeft minder problemen met de coloradokever, meer predatoren en significant minder schade in aardappel (Zehnder & Hough-Goldstein, 1990; Morse, 2008; Vincent et al, 2003).

Andersen (1999, 2003) rapporteert over een zevenjarige vergelijking van geploegde, minimale grondbewerking en geen grondbewerking in zomergranen. Alleen de bladmineerder *Chromatomyia fuscula* was talrijker in geploegde percelen dan in niet-geploegde percelen. Voor trips werden geen effecten gevonden. Niet-geploegde percelen bevatten hogere dichtheden onkruiden, en deze hadden een groter effect op de dichtheden van plagen en natuurlijke vijanden dan de grondbewerking zelf.

Peigne (2007) en Holland (2004) geven aan dat nog veel onderzoek gewenst is naar de ziekte en plaagontwikkeling bij conserverende bodemsystemen en hun natuurlijke onderdrukking onder verschillende managementcondities en omgevingsomstandigheden.

5.2.2 Natuurlijke vijanden van plagen

Stinner and House (1990) geven een uitvoerig overzicht van de effecten van minimale grondbewerkingen op ongewervelden in granen, mais, soja en katoen. Zij evalueerden 45 studies over de effecten van grondbewerking op ongewervelden. In zeker 8 studies werd gevonden dat niet-kerende grondbewerkingen of geen grondbewerking leidt tot aanzienlijk hogere dichtheden van met name loopkevers (in een geval tot 50x zoveel!) en spinnen. Stinner en House (1990) wijzen er op dat veel van deze generalistische predatoren voor een groot deel van hun leven afhankelijk zijn van springstaarten en mijten als voedsel. Juist deze afveters zijn talrijker in systemen waar gewasresten in de bovenste bodemlagen beschikbaar blijven. Hetzelfde geldt voor de tot nu toe weinig onderzochte roofmijten in het voedselweb. Stinner en House (1990) pleiten nadrukkelijk voor meer onderzoek naar de relatie tussen grondbewerkingen, gewasresten, het voedselweb met afveters en hoe dat ondersteunend kan zijn aan de populaties van natuurlijke vijanden.

Volgens Kendell e.a. (1995) is er bewijs dat minimale grondbewerking leidt tot hogere aantallen natuurlijke vijanden (predatoren). Loopkevers, kortschildkevers en spinnen behoren tot de belangrijke predatoren van slakken, bladluizen en andere plagen. Volgens Jordan e.a. (2000) zijn er in de herfst grotere aantallen van deze rovers aanwezig in percelen met minimale grondbewerking vergeleken met geploegde percelen. Een groot aantal auteurs beschrijft dat ploegen leidt tot een vermindering van de diversiteit en dichtheden van loopkevers (Hance, 2002, voor meer referenties). Maar Holland e.a. (1996) menen dat de activiteit van loopkevers veel meer varieert tussen jaren en percelen dan onder invloed van al of niet ploegen.

Andersen (1999, 2003) rapporteert over een zevenjarige vergelijking van geploegde, minimale grondbewerking en geen grondbewerking in zomergranen. Loopkevers en kortschildkevers werden meestal in grotere aantallen gevangen in ongeploegde dan in geploegde percelen. Er was een sterke correlatie tussen onkruidichtheden en de gevangen aantallen van verschillende soorten loopkevers. Enkele specifieke loopkeversoorten met een voorkeur voor kale bodem waren juist talrijker in geploegde percelen.

5.2.3 Aaltjes

Er is relatief weinig onderzoek gedaan naar de effecten van ploegen versus niet-kerende grondbewerking op aaltjesgemeenschappen.

In algemene zin draagt ploegen bij aan een onderdrukking van aaltjesrijkdom (in diversiteit en aantallen) in de bodem. Dat komt tot stand door enerzijds directe, mechanische beschadigingen van populaties, maar anderzijds ook doordat ploegen een grote invloed heeft op het vochtgehalte en de hoeveelheden en afbraaksnelheid van organische stof in de bodem (Stinner en Crossley, 1982). Maar omdat bodembewerkingen onderdeel zijn van een heel pakket van factoren die het bodemleven sturen, is het niet verwonderlijk dat de reactie van aaltjes heel onvoorspelbaar kan zijn (zie bijv. McSorely & Gallaher, 1994 en LopezFando & Bello, 1995).

Ook in algemene zin draagt ploegen bij aan de verspreiding van aaltjes vanuit haarden met hoge dichtheid over het verlengde van de ploegvoor. Niet-kerende grondbewerkingen leiden op langere termijn juist tot verdere ophoging van dichtheden binnen een hard, met relatief weinig verspreiding over het perceel. Voorbeelden hiervan worden b.v. gegeven door Gavassoni et al. (2007). Concentratie van cyste-aaltjes in haarden onder invloed van niet-kerende grondbewerking kan lokale gewasschade veroorzaken. Maar tegelijk biedt zo'n concentratie kansen voor natuurlijke vijanden en antagonisten om zich eveneens op te bouwen in deze haarden, en zo –op termijn– de natuurlijke weerstand tegen de aaltjesplaag te verhogen.

El Titi & Ipach (1989) tonen in een langjarig onderzoek aan dat enkele plantenparasitaire aaltjes (o.a. *Ditylenchus dipsaci*, *Heterodera avenae* en *Pratylenchis* soorten) vaker hogere dichtheden haalden in geploegde percelen dan bij niet-kerende grond-bewerkingen. Voor saprofage en prederende aaltjes waren de dichtheden juist vaker hoger in ongeploegde percelen.

In de uitgebreide review van Sturz et al. (1997) over de effecten van minimale grondbewerking op plantenziekten in gematigde klimaten worden 2 studies genoemd waarin een plantenparasitair aaltje in aantallen afneemt bij niet-kerende grondbewerking. Edwards et al. (1988) vonden een afname van het cysteaaltje *Heterodera glycines* in sojabonen onder conservation tillage. Roget (1988) vond een afname van *Heterodera avenae* in graan onder conservation tillage. Ook Stirling (2008) geeft gedocumenteerd weer hoe de natuurlijke weerstand tegen het wortellesieaaltje *Pratylenchus zaeae* toeneemt onder minimale grondbewerking.

Govaerts et al. (2007) laten zien dat de relaties tussen zero-tillage, gewasrotatie, aaltjesdichtheden en opbrengsten complex zijn. Zero-tillage leidt tot meer gewasresten, een betere vochtinfiltratie en vochtbalans in de bodem, meer wortelrot, hogere dichtheden van plantparasitaire en niet-parasitaire aaltjes in mais en tarwe. Echter, ondanks meer wortelrot en meer parasitaire aaltjes waren ook de opbrengsten van zero-tillage hoger dan van ploegende bewerkingen. Dit wordt verklaard uit de betere vochtvoorziening van het gewas.

5.2.4 Slakken

In het gematigde klimaat van Europa vormen slakken een belangrijke plaag voor (jonge) gewassen. Slakken worden in belangrijke mate beïnvloed door de grondbewerking. Glen & Sysmondson (2003) en Leake (2003) melden dat in het algemeen slakken een groter probleem vormen indien er niet geploegd wordt (schuilplaatsen en vochtigere omstandigheden). Aan de andere kant melden ze ook dat onder conserverende landbouw de natuurlijke vijanden toenemen. Loopkevers (belangrijke predatoren van slakken) hebben betere kansen bij conserverende landbouw dan bij ploegen (Kromp, 1999).

Ook Bakermans en de Wit (1970) melden in de Nederlandse situatie dat ze soms wel wat meer last van vreterij door slakken bij relatief kleine proefvelden tussen grasland.

Andersen (1999, 2003) rapporteert over een zevenjarige vergelijking van geploegde, minimale grondbewerking en geen grondbewerking in zomergranen. Slakken waren op 2 van de 3 onderzochte locaties talrijker in ongeploegde dan in geploegde percelen. Dit werd verklaard uit de hogere onkruidichtheden in niet-geploegde percelen.

Samenvattend over dit hoofdstuk kan gesteld worden dat in veel gevallen een overstap van ploegen op niet kerende grondbewerking een flinke verandering geeft in het landbouwecosysteem. Onkruidpopulaties veranderen (Hoofdstuk4) en problemen met enkele bodeminsecten en met slakken nemen toe. Maar ook de populaties natuurlijke vijanden en antagonistische ziekten en plagen nemen vaak spectaculair toe. Uitkomsten zijn vaak niet vooraf te voorspellen, omdat er veel verschillende factoren van invloed zijn. Twee reviews weerspiegelen duidelijk hoe complex de vraagstelling naar natuurlijke weerbaarheid is, en hoe verschillende soorten reageren (Tabel 8).

Tabel 9. **Reacties van schimmelziekten en insectenplagen op de omschakeling van ploegen naar minder en/of niet kerende grondbewerking; toename, afname of variabele reacties (naar Sturz et al., 1997 en Stinner & House, 1990).**

	Aantal soorten dat na omschakeling naar verminderde grondbewerking:			Bron:
	Toeneemt	Gelijk blijft of wisselend reageert	afneemt	
Schimmelziekten	4	7	2	Sturz et al., 1997
Insectenplagen	15	16	23	Stinner & House, 1990

6 Conclusies en aanbevelingen

Doel van deze literatuurstudie was om in kort bestek antwoorden te geven op vier vragen:

1. Leidt niet kerende grondbewerking in vergelijking met ploegen tot betere opbrengsten, of bij gelijke opbrengsten tot minder input van meststoffen?
2. Leidt niet kerende grondbewerking in vergelijking met ploegen tot meer of minder onkruiddruk?
3. Leidt niet kerende grondbewerking in vergelijking met ploegen tot een verandering in activiteiten en biodiversiteit van het bodemleven?
4. Leidt niet kerende grondbewerking in vergelijking met ploegen tot meer natuurlijke weerstand tegen ziekten en een betere onderdrukking van plagen?

In de discussies op congressen en op internet lijkt het wel of er twee kampen zijn van voor- (o.a. <http://www.hpj.com/archives/2008/feb08/feb25/Statewideno-tillmeetingisah.cfm>) en tegenstanders. In Amerika zijn onder de boeren veel meer voorstanders die overtuigd zijn van de positieve aspecten van conserverende landbouw dan in Europa (Terbrügge en Böhrnsen, 2003). De voorstanders zoeken vooral oplossingen voor de problemen die ze ondervinden. De critici wijzen vooral op de risico's van niet-kerende grondbewerkingen. Beide partijen zouden, meer dan nu het geval is, zich moeten laten leiden door gedegen onderzoek en feitelijke onderbouwingen voor hun standpunten. Tegenstanders kunnen leren van de ervaringen die voorstanders opdoen en zouden negatieve ervaringen met een kritischere blik en meer kennis moeten bekijken. Voorstanders zouden meer objectief onderzoek kunnen doen om hun indrukken en hypothesen te staven en verder te optimaliseren.

Op grond van de in deze studie verzamelde literatuur vallen een aantal algemene conclusies met redelijke zekerheid te trekken. Ze waren echter niet specifiek onderwerp van deze literatuurstudie en de zoektocht was in kader van dit onderzoek dan ook niet uitputtend. De studie was verder niet specifiek voor een Limburgse situatie. Veel van het gebruikte materiaal is afkomstig uit andere landen met soms andere grondsoorten, teeltsituaties en gewasbeschermingspraktijken. Daarnaast zijn er een aantal ervaringen en hypothesen waarvoor tegenstrijdige resultaten worden gerapporteerd, maar die genoeg perspectief bieden om met nader onderzoek te verkennen. Daarom is bij een aantal punten ook de aanbeveling opgenomen dat nader onderzoek gewenst is.

Alvorens op de 4 vragen van deze studie in te gaan, zijn er over de effecten van verschillende grondbewerkingen **enkele algemene conclusies** te trekken:

- Hoewel niet direct het doel van deze literatuurstudie, is opnieuw duidelijk geworden dat de toepassing van niet-kerende grondbewerkingen een groot aantal substantiële voordelen kent. Dat zijn bijv. een betere vastlegging van C en CO₂ in de bodem, een veel lager energieverbruik, minder benodigde arbeid, minder onderhoud aan machines, minder bodemerrosie, minder uit- en afspoeling van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen, een verbeterde bodemstructuur en stabiliteit, een betere drainage en waterberging en een betere draagkracht en berijdbaarheid van de bodem onder vochtige omstandigheden. Deze voordelen zijn deels voor de ondernemer, maar deels ook voor de samenleving in termen van bijdrage aan het tegengaan van klimaatverandering en verbetering van de waterkwaliteit.
- Er is niet één systeem voor niet kerende grondbewerking. Er zijn zeer veel systemen, die niet over één kam kunnen worden geschoren. Objectief onderzoek om die verschillende systemen te vergelijken ontbreekt grotendeels. Bovendien gaan de ontwikkelingen op een aantal plaatsen zeer snel en wordt er veel vooruitgang geboekt door aanpassingen in systemen en apparatuur naar de nieuwste inzichten.
- Processen in de bodem en het bodemvoedselweb zijn buitengewoon complex met een veelheid van factoren en interacties. Al of niet kerende grondbewerking is slechts één van de vele knopjes waaraan een ondernemer kan draaien, en ons inzicht in de cascade van gevolgen die daarbij hoort is nog heel beperkt. Alleen al daarom is het niet verwonderlijk dat veel resultaten van onderzoek

elkaar lijken tegen te spreken, omdat er volop factoren van invloed zijn die niet gecontroleerd (kunnen) worden. Tegenstrijdige resultaten duiden dus niet vanzelfsprekend op slecht onderzoek, maar kunnen ook simpelweg te wijten zijn aan een gebrek aan kennis en inzicht.

- Bij het omschakelen van een systeem van kerende landbouw naar niet kerende systemen duurt het meerdere jaren voordat een nieuwe stabiliteit optreedt en zijn de risico's aanvankelijk groter en wordt daarvoor vaak leergeld betaald.

Met betrekking tot vraag 1:

Leidt niet kerende grondbewerking in vergelijking met ploegen tot betere opbrengsten, of bij gelijke opbrengsten tot minder input van meststoffen?

kunnen de volgende conclusies met redelijke zekerheid worden getrokken:

- Met bovengronds geogste gewassen is het mogelijk zonder kerende grondbewerking gewasopbrengsten te halen die vergelijkbaar zijn met de opbrengsten na ploegen. Hierbij is het de eerste jaren bij sommige teeltsystemen nodig om iets meer stikstof te geven. Er is geen éénduidig beeld in de literatuur t.a.v. de termijn waarop het naleverend vermogen van de bodem voldoende verhoogd is. Bij de rooivuchten treden er meer problemen op, hoewel ook hier nieuwe mogelijkheden liggen om deze op te lossen.
- Crux is in hoeverre het bodemleven en de ondergrondse plantengroei erin slagen om te ernstige verdichting te voorkomen. Goede rotaties en/of optimale bodembedekking met mulch en tussengewassen is hier heel belangrijk. Ook vaste rijpadensystemen en ander gebruik van precisietechnieken (bv. in combinatie met vaste ruggen) kunnen hieraan ook een bijdrage leveren.
- Niet alle bodems en omstandigheden zijn geschikt voor niet-kerende grond-bewerking. Voorbeelden van niet of weinig geschikte gronden zijn:
 - Gronden die bij aanvang van de omschakeling al te dichte lagen hebben
 - Gronden met slechte drainage op locaties met veel neerslag
 - Bodems met hoge percentages zilt of fijn zand en een zwakke, onstabiele structuur
 - Gronden met een hoge concentratie van niet zwellende kleimineralenEr bestaan schema's voor geschiktheid van gronden voor gereduceerde of notill grondbewerking.

Daarnaast zijn er m.b.t. vraag 1 enkele ervaringen en hypothesen die een nader onderzoek rechtvaardigen:

- Volgens sommige voorstanders van niet kerende systemen zijn de nieuwe systemen en machines voor niet kerende grondbewerking zo flexibel, dat er voor bijna alle situaties en bodems inclusief wortelgewassen wel mogelijkheden zijn om bodemverdichting enigszins te reduceren. Onderzoek kan nieuwe oplossingen en inzichten brengen. Bijvoorbeeld onderzoek naar de effecten van nieuwe tussengewassen op het doorbreken van storende lagen of onderzoek naar het bevorderen van specifieke wormensoorten.
- De eerste 5 jaren na omschakeling op een systeem met verminderde en niet kerende grondbewerking hebben de gewassen meer stikstof nodig. Pas na lange tijd, mogelijk pas na 20 jaar is het zelfleverend vermogen van de bodem zo hoog geworden dat daadwerkelijk minder N en P toediening nodig is dan op geploegde gronden. Uiteindelijk worden opbrengsten minder afhankelijk van mestgiften en heeft een suboptimale N gift minder negatieve consequenties. Meer onderzoek naar deze processen en technieken om de tijdsduur te verkorten wordt aanbevolen.
- Er zijn publicaties die aantonen dat af- en uitspoeling van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen bij sommige systemen zonder kerende grondbewerking lager zijn. In verband met de afbakening is hieraan in dit rapport verder geen aandacht besteed. Vanuit het oogpunt van de kwaliteit van (grond- en oppervlakte)water en de Kaderrichtlijn Water is het beslist zinvol om hier meer onderzoek aan te besteden.
- Economische toekomstverkenningen op bedrijfsniveau van verschillende niet kerende systemen in vergelijking met ploegen zijn nodig.

- Een literatuurstudie is niet het beste instrument om twijfels of zorgen weg te nemen, (demonstratie) proeven in de eigen regio zullen veel overtuigender zijn.

Met betrekking tot vraag 2:

Leidt niet kerende grondbewerking in vergelijking met ploegen tot meer of minder onkruiddruk?

kan de volgende conclusie met redelijke zekerheid worden getrokken:

- In algemene zin is de afhankelijkheid en het gebruik van chemische onkruidbestrijding groter bij systemen van niet kerende grondbewerking dan bij ploegen. Vooral wortelonkruiden, grassen en kortlevende eenjarige soorten kunnen een groter probleem worden.

Daarnaast zijn er m.b.t. vraag 2 nieuwe ontwikkelingen die om nader onderzoek vragen:

- In toenemende mate worden er nieuwe systemen en machines ontwikkeld om de onkruiden in niet kerende grondbewerking systemen mechanisch te bestrijden. Voorbeelden zijn o.a. teelt op permanente ruggen, groenteteelt op permanente opgehoogde bedden en het Kermink exact bodemmanagement systeem. Er is dringend behoefte om met deze systemen ervaring op te doen in Europa en om objectieve vergelijkende gegevens te vergaren.
- Er zijn nieuwe inzichten dat door slimme rotaties, verschillende gewasgroei-perioden, concurrerende gewassen en aangepaste managementstrategieën de verschillende niches van onkruidsoorten verstoord kunnen worden, ook onder minimale grondbewerking. Er is nieuwe aandacht voor het belang van zaadpredatie wanneer het onkruidzaad op het oppervlak blijft liggen. In sommige situaties kan het dus gunstiger zijn om onkruidzaad juist niet onder te werken. Er is nog veel onderzoek nodig om hier optimaal gebruik van te kunnen maken.

Met betrekking tot vraag 3:

Leidt niet kerende grondbewerking in vergelijking met ploegen tot een verandering in activiteiten en biodiversiteit van het bodemleven?

kan de volgende conclusie met redelijke zekerheid worden getrokken:

- De biodiversiteit van het bodemleven neemt bij niet kerende grondbewerking in kwantiteit en kwaliteit toe. Regenwormen, loopkevers, kortschildkevers, langdradige schimmels, langere nematoden, en micro-arthropoden nemen toe in aantallen, biomassa en soortenrijkdom. Er zijn echter omstandigheden mogelijk waardoor dit verschil niet tot uiting kan komen.

Met betrekking tot vraag 4:

Leidt niet kerende grondbewerking in vergelijking met ploegen tot meer natuurlijke weerstand tegen ziekten en een betere onderdrukking van plagen?

kunnen de volgende conclusies met redelijke zekerheid worden getrokken:

- Afhankelijk van gekozen systeem, de gewasrotatie en tussenteelten kunnen bij niet kerende grondbewerkingen specifieke ziekten en plagen toenemen. Na omschakeling kan meer overlast verwacht worden van ritnaalden, emelten, aardrupsen, slakken en muizen. Graanmulch kan een besmettingsbron van o.a. Fusarium zijn voor daarin gezaaide gevoelige gewassen. Bij sommige rotaties kunnen niet kerende grondbewerkingen leiden tot extra vermeerdering van specifieke schadelijke aaltjessoorten.

- Er zijn echter veel meer voorbeelden van ziekten en plagen waarvoor geen invloed van grondbewerking wordt gevonden, of waar uit verschillende studies tegenstrijdige resultaten blijken. Grondbewerking is immers slechts één maatregel uit een gereedschapskist vol maatregelen en strategieën die optimaal moeten worden afgestemd om ziekten en plagen te beheersen. Daar waar na omschakeling van ploegen naar niet kerende systemen een verhoogde ziektedruk ontstaat, kan een uitgekiende vruchtwisseling vaak al veel problemen oplossen.
- Een groot aantal studies toont aan dat natuurlijke vijanden van plagen toenemen in niet kerende teeltsystemen. Loopkevers, spinnen, kortschildkevers en roofmijten worden in (veel) grotere dichtheden en diversiteit gevonden dan in geplogde systemen.

Daarnaast zijn er rond vraag 4 enkele onderwerpen die een nader onderzoek waard zijn:

- Hoewel in veel studies blijkt dat natuurlijke vijanden van plagen toenemen in niet kerende teeltsystemen wil dat nog lang niet altijd zeggen dat de schade door insectenplagen ook automatisch minder is. Nader onderzoek is gewenst naar de factoren en maatregelen waarmee de onderdrukking van plagen door deze natuurlijke vijanden kan worden geoptimaliseerd.
- Er zijn zowel voor bodemziekten, insectenplagen als plantenparasitaire nematoden studies voorhanden die rapporteren over een toegenomen natuurlijke weerbaarheid tegen deze ziekten en plagen in teeltsystemen van verminderde of geen grondbewerking. Maar ook deze voorbeelden zijn niet vanzelfsprekend, en de opbouw van ziektevering kan bijvoorbeeld vele jaren vragen. Meerdere auteurs geven aan dat nog veel onderzoek gewenst is naar conserverende bodemsystemen en hun natuurlijke weerstand tegen ziekten en plagen, onder verschillende managementcondities en omgevingsomstandigheden.
- Over de effecten van grondbewerking op aaltjes zijn relatief weinig duidelijke resultaten gevonden. Ook hier speelt mee dat de vermenigvuldiging van aaltjes en de door hen veroorzaakte schade afhankelijk is van zeer veel verschillende factoren. Er is voldoende reden om in het onderzoek volop aandacht te geven aan de mogelijke invloed van niet kerende bewerking op schadelijke én nuttige aaltjessoorten.

Referenties

- Andrade, D.S., Colozzi-Filho, A. & Giller, K.E. 2003. The soil microbial community and soil tillage. In: *Soil tillage in agroecosystems* (ed. A. El Titi), pp. 51-81. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Andersen, A. 1999. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. II. Pests and beneficial insects. *Crop Protection* 18: 651-657.
- Andersen, A. 2003. Long term experiments with reduced tillage in spring cereals. II. Effects on pests and beneficial insects. *Crop Protection* 22: 147-152.
- Bakermans, W.A.P., Kuipers, H., en De Wit, C.T. Ervaringen met akkerbouw zonder grondbewerking. *Landbouwkundig Tijdschrift* 80-12, 440-449.
- Bakermans, W.A.P. and Wit, C.T. 1970. Crop husbandry on naturally compacted soil. Institute for Biological and Chemical Research on Field Crops and Herbage (IBS), Wageningen, the Netherlands, *Neth. J. agric. Sci.* 18, 225-246.
- Baker, C.J., Saxton, K.E., Ritchie, W.R., Chamen, W.T.C., Reicosky, D.C., Ribeiro, M.F.S., Justice, S.E and Hobs, P.R. 2006. No-tillage seeding in conservation agriculture, 2nd edition FAO, Cabi, Oxfordshire, 326 p.
- Bernaerts S., Muijtjes S. en Iperen van C., 2008. Niet kerende grondbewerking (NKG BioKennis bericht maart; nr 15 Akkerbouw & vollegrondsgroente 1-8.
- Bockus, W.W. and Shroyer, J.P. 1998. The impact of reduced tillage on soilborne plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 36: 485-500.
- Bowman, G. 1997. Steel in the Field: a farmer's guide to weed management tools. Sustainable Agriculture Network Handbook Series 2: Beltsville, MD. 128 pp.
- Calagari, A. 2003 Cover crop management. In boek Conservation agriculture (ed. Garcia-Torres, L., Benites, J., Martinez-Vilela, A., Holgado-Cabrera) Kluwer academic publishers, Dordrecht, p 191-200.
- Carter, M.R. 1994. Strategies to overcome impediments to adoption of conservation tillage. In: *Conservation tillage in temperate agroecosystems* (ed. M.R. Carter), pp. 3-19. CRC Press Inc. Boca Raton, FL.
- Chamen, W.C. 2007. Controlled-traffic farming as a complementary practice to No-tillage. In Baker, C.J. en Saxton, K.E. (2007) No-tillage seeding in conservation agriculture, CABI, 326 p.
- Chan. K.Y. 2001. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity – implications for functioning in soils. *Soil & Tillage Research*. 57, 179-191.
- Cloutier, D.C., M. LeBlanc and E. Johnson. 2007a. Non-inversion production techniques in North America. In D.C. Cloutier, B. Melander, B. Gerowitt, eds. 7th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control. EWRS, Salem, Germany, pp. 3-14.
- Cloutier, D.C., R.Y. van der Weide, A. Peruzzi and M. LeBlanc. 2007b. Mechanical weed management. In M.K. Upadhyaya, R.E. Blackshaw, eds. Non-chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology. CABI, Oxon, UK, pp. 111-134.
- Davis, D.B. & Finney. J.B. 2002. Reduced cultivation for cereals: research, development and advisory needs under changing economic circumstances. *Home grown cereals authority research review*, 48, 57.

DEFRA 2006. *Soil fertility building crops in organic farming*. Abacus Organic Services Ltd. ADAS. Duchy College and IGER Advisory Leaflet. ADAS. Gleadthorpe.

Edwards, C.A. 1975. Effects of direct drilling on the soil fauna. *Outlook Agric.* 8: 243-244

Edwards, J.H., Thurlow, D.L. and Easton, J.T. 1988. Influence of tillage and crop rotation on yield of corn, soybean and wheat. *Agron. J.* 80: 76-80.

Ehlers W. 1997. Optimizing the components of the soil water Balance by reduced and no-tillage, p.107-118. In: Tebrügge F. & Böhrnsen A. (eds): Experience with the application of no-tillage crop production in the West-European countries. Proceedings of the EC-Worshop III, Evora, Portugal . Wissen.-Fachverlad Dr. Fleck, Giessen, Germany.

Ekeberg, E. & Riley, H.C.F. 1996. Effects of mouldboard ploughing and direct planting on yield and nutrient uptake of potatoes in Norway. *Soil & Tillage Research.* 39, 131-142.

El Titi, A. 2003 Implications of soil tillage for weed communities. In: *Soil tillage in agroecosystems* (ed. A. El Titi). Pp. 147-185. CRC Press. Boca Raton. FL

El Titi, A. and Ipach, U. 1989. Soil Fauna in sustainable agriculture: results of and integrated farming system at Lautenbach, F.R.G. *Agric. Ecocyst. Environm.* 27: 561-572.

European Environment Agency. 1998. Soil Degradation, chapter 11, p.231-246.; chapter 2, climate change, p. 37-59. In: Europe's Environment: The Second Assessment, Elsevier Science Ltd., pp. 293.

ECAF European Conservation Agriculture Federation, 2005. Conservation agriculture in Europe: Environmental, Economic and EU policies perspectives, 24 p. (www.ecaf.org map publicaties)

ECAF European Conservation Agriculture Federation, 2008?. Situation of conservation agriculture in Europe, 3 p. (www.ecaf.org)

Essah, S.Y.C & Honeycutt, C.W. Tillage and seed sprouting strategies to improve potato yield and quality in short season climates. *Amer. J. of Potato Res.*, 81, 177-186.

FAO. 2002. The Conservation Agriculture Working Group Activities 2000-2001. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 25 pp.

FAO. 2006. Website on Conservation Agriculture www.fao.org/ag/ca (Englisch), www.fao.org/ag/ca/fr (French), www.fao.org/ag/ca/es (Spanish).

Felsot, A.S., Mitchell, J.K. & Kenimer A.L. 1990. Assessment of management practices for reducing pesticide runoff from sloping cropland in Illinois. *J. Environ. Quality* 19, 539-545.

Garcia-Torres, L. Martinez-Vilela, A, Holgado-Cabrera, A. En Gonzalez-Sanchez E. (nn). Conservation agriculture, environmental and economic benefits. www.ecaf.org , 10 p

Gavassoni, W.L., Tylka, G.L. and Munkvold, G.P. 2007. Effects of tillage on dissemination and spatial patterns of *Heterodera glycines* and soybean yield. *Plant Disease* 91: 973-978.

Geelen, 2006. Handboek Erosiebestrijding, Hasselt, mei 2006, 1-100..

Giebink, B.L. (Ed.). 1999. Ridge Tillage Systems: Water Quality Impacts In Farming Systems of the Midwest. EDEA (Information Development Expanding Awareness) # 7. Department of Soil, Water and Climate at the University of Minnesota. 28 pages.

- Gillijns K., Govers G., Leys A., Verlinden G., 2005a. Erosiebestrijding door niet-kerende bodembewerking. <http://www.sowap.org/comms/media/pdf/artTongeren05.pdf> 1-6.
- Gillijns K., Serlet, L. & Lambrechts, J. 2005b. Proefveldonderzoek geeft positieve resultaten. Boer & tuinder 4 maart 2005, p. 25-26
- Glen, D.M. & Sysmondson, W.O.C. 2003. Influence of soil tillage on slugs and their natural enemies. In: *Soil tillage in agroecosystems* (ed. A. El Titi). Pp. 207-227. CRC Press. Boca Raton. FL
- Goddard, T., M. Zoebish, Y. Gan, W. Ellis, A. Watson en S. Sombatpanit (2008) No-till farming systems. World association of soil and water conservation special publications no. 3 (www.waswc.gd.cn), ..p
- González-Fernández, P. 1997. Effect of soil tillage on organic matter and chemical properties, p. 43-49. In: Conservation agriculture: agronomic, environmental and economic bases (in Spanish), Spanish Association for Conservation Agriculture (AEAC/ SV), Córdoba, Spain, pp. 372.
- Goris, W. 2005 Niet kerende grondbewerking: Een alternatief voor de ploeg. Thesis, Katholieke Hogeschool Kempen, 70 p.
- Govaerts, B., Fuentes, M., Mezzalama, M., Nicol, J.M., Deckers, J., Etchevers, J.D., Figueroa-Sandoval, B. and Sayre, K.D. 2007. Infiltration, soil moisture, root rot and nematode populations after 12 years of different tillage, residue and crop rotation management. *Soil & Tillage Research* 94: 209-219.
- Gregorich, E.G., D.A. Angers, C.A. Campbell, M.R. Carter, C.F. Drury, B.H. Ellert, P.H. Groenevelt, D.A. Holmstrom, C.M. Monreal, H.W. Rees, R.P. Voroney, and T.J. Vyn. 1995. Changes in soil organic matter. Ch. 5. In: D.F. Acton and L.J. Gregorich (eds.), *The Health of Our Soils. Toward sustainable agriculture in Canada*, CLBRR Research Branch, Publication 1906/E, Agriculture and Agri-Food Canada. (http://res.agr.ca/CANSIS/PUBLICATIONS/HEALTH/_overview.html).
- Hamza, M.A. & Anderson, W.K. 2005. Soil compaction in cropping systems. A review of nature, causes and possible solutions. *Soil & Tillage Research*, 82, 121-145.
- Hance, T. 2002. Impact of cultivation and crop husbandry Practices. In: *The agroecology of carabid beetles* (ed. J.M. Holland) Intercept Limited, Andover, p. 231-249.
- Heggenstaller, A.H., Menalled, F.D., Liebman, M. & Westerman, P.R., 2006. Seasonal patterns in post-dispersal seed predation of *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi* in three cropping systems. *J. Appl. Ecol.* 43: 999 – 1010.
- Henriksen, C.B., Rasmussen, J. and Sjøgaard, C. 2006 Ridging in autumn as an alternative to mouldboard ploughing in a humid-temperate region. *Soil and Tillage Research* 85, 27-37.
- Henriksen, C.B., Rasmussen, J. and Sjøgaard, C. 2005. Kemink subsoiling before and after planting. *Soil and Tillage Research* 80, 59-68.
- Hendriksen, C.B., Molgaard, J.P., Rasmussen, J (2007) The effect of autumn ridging and inter-row subsoiling on potato tuber yield and quality on a sandy soil in Denmark. *Soil & Tillage Research* 93, 309-315.
- Hoenderken, 2005. Ploegloos suikerbieten telen, Landbouwmecanisatie mei 2005, 18-19.
- Holland, J.M. 2004. Review: The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103, 1–25
- Holland, J.M., Drysdale, A., Hewitt, M.V. and Turley, D. 1996. The LINK IFS project – The effect of crop rotation and cropping systems on *Carabidae*. *Aspects of Applied Biology* 47, Rotation and Cropping Systems.

- Jordan, V.W., Leake, A.R., Ogilvy, S.E., 2000. Agronomic and environmental implications of soil management practices in integrated farming systems. *Aspects Appl. Biol.* 62, 61–66.
- Katan, J. 2000. Physical and cultural methods for the management of soil-borne pathogens. *Crop Protection*. 19, 725-731.
- Kendell, D.A., Chin, N.E., Glen, D.M., Wiltshire, C.W., Winstone, L. and Todboald, C. 1995. Effects of soil management on cereal pests and their natural enemies. *Ecology and Integrated Farming Systems*. Wiley.
- Kinsella, Jim. 1995. The effect of various tillage systems in soil compaction, p.15-17. In: *Farming for a Better Environment, A White Paper*, Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa, USA, pp. 67.
- Kladivko, E.J. 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil & Tillage Research*, 61, 61-76
- Klein, R.N., Wicks, G.A., Wilson, R.G. 1996. Ridge-till, an integrated weed management system. *Weed Science*, 44 (2), 417-422.
- Kouwenhoven, J.K. 2000. Mouldboard ploughing for weed control. In: *Proceedings of the Fourth EWRS Workshop on physical weed control*, Elspeet, The Netherlands (ed. D. Cloutier), pp. 19-22.
- Kromp, B. 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74, 187-228.
- Kropff, M.J., L. Bastiaans, C. Kempenaar and R.Y. Van der Weide. 2008. The changing role of agriculture and tomorrow's weed research agenda. *Journal of Plant Diseases and Protection*, Special Issue XXI, 2008:3-8.
- KTBL 1993. Definition und Einordnung von Verfahren der Bodenbearbeitungen und Bestellung. KTBL Arbeitsblatt 0236, Kuratorium für Technik und Bauwesen in Landwirtschaft, Darmstadt.
- Leake, A.R. 2003. Integrated pest management for conservation agriculture. In: *Conservation agriculture* (ed. Garcia-Torres, L., Benites, J., Martinez-Vilela, A., Holgado-Cabrera) Kluwer academic publishers, Dordrecht, p. 271-280.
- Liebman, M. & Davis, A.S. 2000. Integration of soil, crop and weed management in Low-external-input farming systems. *Weed Research*. 40, 27-47.
- López-Fando C. and A. Bello-Pérez. 1997. Effect of tillage systems on soil biology, p. 203-221. In: L. García-Torres and P. González-Fernández (eds.), *Conservation agriculture: agronomic, environmental and economic bases* (in Spanish), Spanish Association for Conservation Agriculture (AEAC/ SV), Cordoba, Spain, pp. 372.
- LopezFando, C. & Bello, A. 1995. Variability in soil nematode populations due to tillage and crop rotation in semi-arid Mediterranean agrosystems. *Soil Till. Res.* 36: 59-72.
- Lumkes, L.M., Ova, I. en Preuter, H. 1983 Acht jaar grondbewerkingsonderzoek te Westmaas. PAGV verslag nr. 9, Lelystad, 72 p.
- Lupwayi, N.Z., Rice, W.A. and Clayton, G.W. 1998. Soil microbial diversity and community structure under wheat as influenced by tillage and crop rotation. *Soil Biol. Biochem.* 30(13): 1733-1741.
- Lumsden, R.D., Garcia-E, R., Lewis, J.A. & Frias-T, G.A. 1987. Suppression of damping off caused by *Pythium* spp. in soil from the indigenous Mexican Chinampa agricultural systems. *Soil Biol. Biochem.* 19, 501-508.

- Masscheleyn P., 2006a. Regenwormen zijn goede bodemingenieurs. Landbouw & Techniek; akkerbouw, 13-14 juli 2006, 9-11.
- Masscheleyn P., 2006b. Meerjarige niet-kerende bodem-bewerking toont positieve effecten. Landbouw & Techniek; akkerbouw; 18 – 20 oktober 2006, 26-27.
- McSorely, R. and Gallaher, R.N. 1994. Effect of tillage and crop residue management on nematode densities on corn. *J. Nematol.* 26: 669-674
- Mohler, C.L. 2001 Mechanical management of weeds. In: Liebman, M., Mohler, C.L. and Staver, C.P. (eds) *Ecological Management of Agricultural Weeds*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 139-209
- Moonen, A.C. & Barberi, P. 2004. Size and composition of the weed seedbank after 7 years of different cover-crop maize management systems. *Weed Research.* 44, 163- 177.
- Morse, R. DVD over high residu reduced till system in vegetables
<http://hort.oregonstate.edu/WeedEmandReap/Part2.html> (bekeken 6 September 2008)
- Musick, G.J. and Collins, D.L. 1971. Northern corn rootworm affected by tillage. *Ohio Rep.* 56: 88-91
- Nalewaja, J.D., 2003. Weeds and conservation agriculture. In boek *Conservation agriculture* (ed. Garcia-Torres, L., Benites, J., Martinez-Vilela, A., Holgado-Cabrera) Kluwer academic publishers, Dordrecht, p. 201-210.
- Pauw J., 2003. Erosie en niet kerende grondbewerking; Blokkenproeven 2003. Intern verslag Praktijkonderzoek Plant & Omgeving 1-37.
- Pauw J. 2006. Aan de slag met erosie; Ploegloze grondbewerking in beweging 2004-2006. Intern verslag Praktijkonderzoek Plant & Omgeving 1-23.
- Peigne, J., Ball, B.C., Roger-Estrade, J. & David, C, 2007. Is conservation tillage suitable for organic farming? *Soil use and management*, 23, p. 129-144.
- Peters, R.D. Sturz, A.V., Carter, M.R. & Sanderson, J.V. 2003. Developing disease-suppressive soils through crop rotation and tillage management practices. *Soil & Tillage Research*, 72, 181-192.
- Pimentel D., C. Harvey, P. Resosudarmo, K. Sinclair, D. Kurz, M. McNair, S. Crist, L. Shpritz, L. Fitton, R. Saffouri, R. Blair. 1995. Environmental and economic cost of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267, 1117-1123.
- Prairie Agriculture Machinery Institute. 1992. Phoenix rotary harrow: evaluation report 662. Prairie Agriculture Machinery Institute. Humboldt, SK. 6pp.
- Rasmussen, K.J. 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: a Scandinavian review. *Soil & Tillage Research*, 53, 3-14.
- Roget, D.K. 1988. Review of tillage and cereal root disease research in South Africa. *Plant Prot. Q.* 3: 8-9.
- Romkens, M.J.M., Nelson, D.W. & Mannerling, J.V. 1973. Nitrogen and phosphorous composition of surface run off as affected by tillage method. *J. Environmental Quality* 2, 292-295.
- Sá, J.C.M. 2004. Adubação Fosfatada not Sistema de Plantio Direto. Pp. 201-222, in *Simpósio sobre Fósforo na Agricultura Brasileira*, Anais (eds) T. Yamada, Silvia, R.S. Abdalla, Piracicaba, SP, POTAFÓS, 726 pp.

Schonbeck, M. (2004) Organic no-till for vegetable production? www.newfarm.org/features/0104/no-till/index.shtml (accessed 26 May 2006).

Schlinder-G; Sander-G; Decker-M; Kremer-Schillings-W; Burcky-K; Koch-HJ (2007) Ridge cultivation of sugarbeet - recent experiences and experimental results from Germany, ZUCKERINDUSTRIE-; 132 (12) : 920-924

Sloderbeek, P.E. and Yeargen, K.V. 1983. Green cloverworm (Lepidoptera: Noctuidae) populations in conventional and double-cropped, no-till soybeans. J. Econ. Entomol. 76: 785-791

Stinner, B.R. and House, G.J. 1990. Arthropod and other invertebrates in conservation-tillage agriculture. Annual Review of Entomology 35: 299-319

Stinner, B.R. and Crossley, D.A., 1982. Nematodes in no-tillage agroecosystems. In: nematodes in Ecosystems (ed. D. Freckman) Austin, Texas University Press.

Stirling, G.R., 2008. The impact of farming systems on soil biology and soilborne diseases: examples from the Australian sugar and vegetable industries – the case for better integration of sugarcane and vegetable production and implications for future research. Australasian Plant Pathology 37: 1-18.

Sturz, A.V., Carter, M.R. & Johnston, H.W. 1997. A review of plant disease, pathogen interactions and microbial antagonism under conservation tillage in temperate humid agriculture. *Soil & Tillage Research*, 41, 169-189.

Tebrügge F. 1993. Soil management-The environmental implication of tillage systems, p. 101-114. In: Jordan V.W.L. (ed): Scientific basis for codes of good agriculture practice. Agriculture Report EUR 14957 EN, Brussels.

Terbrügge, F. & A. Böhrnsen 2003. Farmers'and experts'opinionon no-tillage in western Europe and Nebraska in boek Conservation agriculture (ed. Garcia-Torres, L., Benites, J., Martinez-Vilela, A., Holgado-Cabrera) Kluwer academic publishers, Dordrecht, p.69-77.

Thurston, H.D. & Schultz, O. 1981. Late blight. In : W.J. Hooker (ed) Compendium of potato diseases APS Press, St Paul, MN, 41-42.

Tooley, J. and Brust, G.E. 2002. Weed seed predation by carabid beetles. In: The agroecology of carabid beetles (ed. J.M. Holland) Intercept Limited, Andover, p. 215-229.

Torresen, K.S., Skuterud, R., Tandsaether, H.J. & Bredesen Hagemo, M. 2003. Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. I. Effects on weed flora, weed seedbank and grain yield. *Crop Protection*, 22, 185-200.

Towery, D. 1998. No-till's impact on water quality, p- 17-26. In: 6th Argentine National Congress of Direct Drilling (in Spanish AAPRESID), Mar de Plata, Argentina, p. 17-26.

Trewavas, A. 2004. A critical assessment of organic farming-and food assertions with particular respect to the UK and the potential environmental benefits of no-till agriculture. *Crop Protection*, 23, 757-781.

Van der Schans, D.A., P.O. Bleeker, L. Molendijk, M. Plentinger, R.Y. van der Weide, L.A.P. Lotz, R. Bauermeister, R. Total and D.T. Baumann. 2006. Practical weed control in arable farming and outdoor vegetable cultivation without chemicals. Applied Plant Research, Wageningen University and Research Centre, Lelystad, The Netherlands, 77 p.

Vermeulen, B., 2008 in prep. Extensieve grondbewerkingssystemen. Projectkaart cluster biologische landbouw

Vincent, C., G. Hallman, B. Panneton and F. Fleurat-Lessard 2003. Management of agricultural insects with physical control methods. *Annual Reviews Entomology* 48, p.261-281.

Wardle, D.A., 1995. Impacts of disturbance on detritus food webs in agroecosystems of contrasting tillage and weed management practices. In: Begon, M. and Fitter, A.H. (eds). *Advances in Ecological Research* 26: 105-185.

Westerman, P.R., Wes, J.S., M.J. Kropff & W. van der Werf. 2003: Annual losses of weed seeds due to predation in organic cereal fields. *J. Appl. Ecol.* **40**, 824-836.

Westerman, P.R., Liebman, M., Menalled, F.D., Heggenstaller, A.H., Hartzler, R.G., & Dixon, P.M. 2005. Are many little hammers effective? Velvetleaf population dynamics in two- and four-year crop rotation systems. *Weed Science* 53: 382-392.

Westerman, P.R., Liebman, M., Heggenstaller, A.H. & Forcella, F., 2006. Integrating measurements of seed availability and removal to estimate weed seed losses due to predation. *Weed Science* 54: 566-574.

Wiese, A.F. (ed.) 1985. *Weed Control in Limited-Tillage Systems*. Weed Science Society of America, Champaign, IL. USA.

Wiltling P., 2007. Het effect van een niet-kerende hoofdgrondbewerking op de opbrengst en interne kwaliteit van suikerbieten; Resultaten van vier proefvelden van 2003 tot en met 2005. Intern IRS rapport 1-9.

Zaborski, E.R. & B.R. Stinner, 1995. Impact of soil tillage on soil fauna and biological processes, p. 13-15. In: *Farming for a Better Environment, A White Paper*, Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa, USA, pp. 67.

Zehnder, G.W. and Hough-Goldstein J. 1990. Colorado potato beetle (Coleoptera: chrysomelidae) population development and effects on yield of potatoes with and without straw mulch. *J. Econ. Entomology* 83: 1982-1987.