

CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

Biologische landbouw en koolstofvastlegging

Analyse van de claims van een
Amerikaans veldonderzoek

Eindrapport

Delft, oktober 2005

Opgesteld door: S. (Stephan) Slingerland
P. (Paul) van der Wielen



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

S. (Stephan) Slingerland, P. (Paul) van der Wielen
Biologische landbouw en koolstofvastlegging
Analyse van de claims van een Amerikaans veldonderzoek
Delft, CE, 2005

Landbouw / Duurzaamheid / Biologische landbouw / Kooldioxide / Opslag/
Bodem / Analyse

Publicatienummer: 05.3786.03

Alle CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Opdrachtgever: Triodos Bank en Stichting Natuur en Milieu
Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Stephan Slingerland.

© copyright, CE, Delft

CE

Oplossingen voor milieu, economie en technologie

CE is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.

CE-Transform

Visies voor duurzame verandering

CE-Transform, een business unit van CE, adviseert en begeleidt bedrijven en overheden bij veranderingen gericht op duurzame ontwikkeling.

De meest actuele informatie van CE is te vinden op de website: www.ce.nl

Dit rapport is gedrukt op 100% kringlooppapier.

Inhoud

Summary	1
1 Inleiding	3
1.1 Aanleiding voor deze studie	3
1.2 Doel van deze studie	4
1.3 Afbakening	4
1.4 Leeswijzer	5
2 CO ₂ -vastlegging door de biologische landbouw	7
2.1 Het Rodale onderzoek	7
2.1.1 Wat is er precies gedaan?	7
2.1.2 Resultaten en claims van Rodale	9
2.1.3 Resultaten koolstofvastlegging in een notendop	10
2.1.4 Achterliggende mechanismen koolstofvastlegging	11
2.1.5 Vastlegging andere broeikasgassen	12
2.2 Wetenschappelijke kwaliteit	13
2.2.1 Vergelijkend literatuuronderzoek	13
2.2.2 Expert judgements	16
2.3 Toepasbaarheid Nederlandse context	21
2.3.1 Vergelijkend literatuuronderzoek	21
2.3.2 Expert judgements	24
3 Analyse en Conclusies	25
3.1 Validiteit van het Rodale onderzoek	25
3.2 Claims van de Soil Association onder de loep	26
3.3 Mogelijke consequenties voor Nederland en Europa van het Rodale onderzoek	28
3.3.1 CO ₂ -vastlegging Nederland	28
3.3.2 CO ₂ -vastlegging Europa	29
3.3.3 Mogelijke financiële consequenties van CO ₂ -vastlegging door biologische akkerbouw	30
Lijst met gebruikte literatuur	33
A Artikel Soil Association	41
B Het Rodale onderzoek	43

Summary

This report analyses the claims of a long-term field research of the Rodale Institute in the United States, which concludes that up to 1,000 pounds of carbon per acrefoot can be sequestered in organic agriculture systems. If the claims were to be proven right and applicable on a wider scale, they mean that organic agriculture could be an important sink of CO₂, and in this way contribute to achieving global greenhouse gas emission reduction targets. In turn, this could have consequences for the way governmental support for organic agriculture is organized: it could be argued that a proven contribution of organic agriculture to CO₂ reduction targets should be financially rewarded.

In this report, the Rodale field research is examined in detail. It is outlined what has been done exactly by the Rodale Institute, which are the proposed underlying mechanisms for the carbon sequestration by organic soils and which are uncertainties remaining. Independent experts are asked to comment on the results of the Rodale Institute and possible consequences of the claims for the Dutch situation are examined.

Regarding CO₂ sequestration by organic agriculture it is concluded in this report that:

- Claims of the Rodale Institute that organic soils can sequester 2 to 4 times more carbon than regular agriculture are supported by independent experts.
- There appear to be no principal obstacles for likewise results in the Netherlands to be obtained if the Rodale experiment were to be repeated in the Netherlands.
- Following the claims of the Rodale Institute, a maximum of 0,16 Mt of CO₂ extra per year (based on a 4 times higher carbon sequestration as in non-organic agriculture) could be sequestered on arable lands in the Netherlands if the Dutch policy goal of 10% organic agriculture in 2010 were to be realized. This would be a contribution of 1% to the Dutch Kyoto target. Other types of organic farming (e.g. dairy farming; not investigated in this report) are not included in this figure.
- On a European scale, a maximal contribution of 3% to the Kyoto targets by carbon sequestration via organic agriculture would be possible if 10% of the European agricultural soils were to be converted into organic agriculture.
- Uncertainties that still need to be resolved are the role of N₂O in the total greenhouse balance of organic soils, the role of various forms of management of organic soils (in particular deep ploughing) and the role of various types of soil (peat soils).

Regarding financial remuneration of carbon sequestration in this report it is concluded that:

- With a current market price of € 7.00 per tonne of CO₂, the value of the CO₂ contribution of organic agriculture in the Netherlands in 2010 would be at most € 1.1 million. With an assumed market price of € 45.00 per tonne of CO₂ in 2010, the total value would rise to € 7.1 million.
- Likewise, on a European scale the CO₂ contribution of organic agriculture would be worth 91 million euro with a market price of € 7.00 per tonne of CO₂, and € 581 million with a market price of € 45.00 per tonne CO₂. It has to be realized, however, that these amounts represent a maximum, based on the maximal CO₂-sequestration claimed by the Rodale Institute.
- Based on 50,000 ha of organic arable lands in the Netherlands in 2010, a maximal remuneration for CO₂ sequestration by organic agriculture of € 22.40 to € 144.00 per ha would be feasible.



1 Inleiding

1.1 Aanleiding voor deze studie

Op een conferentie van de Engelse Soil Association in januari 2004 pleitte voormalig Engels milieuminister Michael Meacher ervoor om biologische akkerbouwers in Engeland te belonen voor het vastleggen van een grotere hoeveelheid broeikasgassen dan collega's in reguliere akkerbouw. Zijn opmerkingen zijn gebaseerd op een onderzoek van het Amerikaanse Rodale Institute, dat in een proef van 23 jaar twee biologische en een niet-biologisch akkerbouwsystemen met elkaar vergeleek. De biologische systemen bleken daarin duidelijk meer koolstof vast te leggen dan het niet-biologische systeem.

Het onderzoek en de uitspraken van Michael Meacher worden aangehaald in een artikel in het blad 'Organic Farming' van de Soil Association¹. Volgens dit artikel claimt het onderzoek een vastlegging van '1,000 pounds C per acre foot per year'² voor biologische landbouwgrond. Wanneer Engeland in 2010 zoals gepland zes miljoen acres³ biologische landbouwgrond in gebruik heeft, zou dit volgens het artikel een vastlegging van 4,5 miljoen ton CO₂ betekenen, ofwel 20% van de Engelse Kyoto-doelstelling. Biologische landbouwgrond zou volgens het artikel eveneens meer methaan en stikstof vastleggen dan niet-biologische landbouwgrond. De hoeveelheid hiervan wordt niet nader gespecificeerd.

Als de claims in het artikel van de Soil Association kloppen, dan betekenen die nogal wat. Ook in Nederland zouden biologische boeren op basis van het vastleggen van CO₂ en eventueel van andere broeikasgassen immers kunnen vragen om een extra beloning voor de bijdrage die zij leveren aan het behalen van de Nederlandse Kyoto-doelstellingen. Daarmee zou wellicht ook de Nederlandse doelstelling van 10% biologisch landbouwareaal in 2010, waaraan de regering in de net gepresenteerde Nota Biologische Landbouw 2005-2007 vasthoudt, makkelijker kunnen worden gehaald.

Maar het artikel in het blad van de Soil Association roept ook veel vragen op. Hoe ziet het Amerikaanse onderzoek waarop Michael Meacher zich beroept er precies uit? Hoe hard zijn de claims die hierin worden gedaan? Zijn de claims ook van toepassing op de Nederlandse situatie? Wat zijn mogelijke consequenties van dit onderzoek voor het financiële steunkader voor biologische landbouw en klimaat in Nederland? Doel van deze studie is om deze vragen te beantwoorden.

¹ 'Sinking Carbon', Soil Association, Spring 2004, p. 36-37: zie de bijlagen bij dit rapport.

² Ca. 1.100 kg C / ha (gemeten tot een diepte van ca. 30 cm).

³ Ca. 2,4 mln hectare.

1.2 Doel van deze studie

Op verzoek van Triodos Bank en Stichting Natuur en Milieu voert CE voor beantwoording van bovenstaande vragen een studie uit. Dit rapport richt zich op een kritische beschouwing van de claims met betrekking tot koolstofvastlegging door het Rodale Instituut en op de eventuele consequenties hiervan voor koolstofvastlegging in Nederland. Ook geeft CE in dit rapport een globale indicatie wat de uitkomsten hiervan kunnen betekenen voor financiering van biologische landbouw in Nederland en Europa.

1.3 Afbakening

Dit rapport is het resultaat van een globale verkennende analyse. Volledigheid in gebruik van bronnen is niet nagestreefd, ook is alleen een beperkt aantal experts geraadpleegd. Wel zijn de experts in overleg met de opdrachtgever zorgvuldig geselecteerd en is bij het bronnengebruik gelet op een zo goed mogelijk overzicht over de materie.

De focus van het rapport ligt bij verschillen in *vastlegging* van koolstof tussen biologische en reguliere landbouw. Voor een volledige argumentatie worden in het rapport ook kort vastlegging van andere broeikasgassen beschouwd en wordt gekeken naar *uitstoot* van broeikasgassen door biologische en reguliere landbouw. De focus ligt daarmee op gegevens van Rodale over koolstofvastlegging en op CO₂-uitstoot.

Uitgangspunt van het rapport is het veldonderzoek van het Rodale Instituut. Dit Instituut vergelijkt twee 'biologische' systemen met een 'regulier' systeem. Wat deze systemen precies inhouden wordt in hoofdstuk 2 van dit rapport nader beschreven. Daar waar in de argumentatie gebruik wordt gemaakt van de termen 'biologisch' en 'regulier' of 'conventioneel' moet men erop bedacht zijn dat er in de internationale praktijk geen 100% sluitende definities zijn van beide typen landbouw.

In dit rapport gebruiken we de algemene term 'landbouw'. Meer specifiek gaat het daarbij telkens om akkerbouw in de volle grond. De akkerbouwsector in Nederland beslaat ruwweg 550.000 hectare⁴. Veeteelt en andere vormen van biologische en reguliere landbouw worden in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten. De bijna 1,3 miljoen hectare groenvoedergewassen vallen onder de melkveehouderij (veeteelt) en niet onder de akkerbouwsector [LTO, 2000].

⁴ Deze oppervlakte wordt overigens betwist omdat bij het in kaart brengen van landgebruik, de oppervlaktes van bestaand akkerland zo'n 18% hoger geschat moeten worden dan op dit moment door statistici gedaan wordt [Kuikman, 2003]. Tijdelijke of permanente graslanden zijn niet in de oppervlakte voor bestaand akkerland meegenomen. De bijna 1,3 miljoen hectare groenvoedergewassen waaronder grasland, vallen niet onder de akkerbouwsector [CBS Statline, LTO, 1999].



1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 van dit rapport beschrijft eerst de uitvoering, resultaten en claims van het Rodale onderzoek. We gaan daarbij ook in op de achterliggende mechanismen die het Rodale Instituut hiervoor geeft (paragraaf 2.1). De wetenschappelijke validiteit van dit onderzoek wordt vervolgens gecheckt door het af te zetten tegen gegevens uit andere literatuur en de meningen van drie geselecteerde experts (paragraaf 2.2). In paragraaf 2.3 beschouwen we de toepasbaarheid van de onderzoeksresultaten voor de Nederlandse situatie. Hoofdstuk 3 geeft tot slot een samenvattende analyse van mogelijke consequenties van dit onderzoek voor Nederland, Engeland en Europa.



2 CO₂-vastlegging door de biologische landbouw

'Carbon sequestration' ofwel koolstofvastlegging is een proces waarin CO₂ uit de atmosfeer wordt opgenomen door bomen, planten en gewassen via fotosynthese, en opgeslagen wordt als koolstof in biomassa (bodem, boomstammen, takken, bladeren en wortels). Vastgelegde koolstof in de bodem kan via sublimatie als CO₂ in de atmosfeer komen.

Volgens onderzoek van het Rodale Institute in de Verenigde Staten kan biologische landbouw bijdragen aan de vastlegging van CO₂ uit de lucht in de bodem. Deze vorm van landbouw zou meer koolstof vastleggen dan reguliere landbouw en als zodanig als 'sink' een bijdrage leveren aan vermindering van de totale hoeveelheid van broeikasgassen in de atmosfeer.

In dit hoofdstuk gaan we in op de claims van het Rodale Instituut, het uitgevoerde onderzoek en de geclaimde achterliggende mechanismen (paragraaf 2.1). We confronteren de claims van het Rodale Instituut met gegevens uit andere literatuur en met de meningen van een aantal experts.

2.1 Het Rodale onderzoek

2.1.1 Wat is er precies gedaan?

Het Rodale Instituut uit Pennsylvania heeft in een langlopende veldstudie ('The Rodale Farming Systems Trial' (FST)), twee biologische akkerbouwsystemen vergeleken met een gangbaar conventioneel akkerbouwsysteem.

Volgens het Rodale Instituut is hun onderzoek de wereldwijd langstlopende systematische vergelijking in de praktijk van biologische en reguliere landbouw. De veldstudies startten in 1981 op een terrein van 6.1 ha nabij Kutztown in Pennsylvania (Verenigde Staten). In 2002 werden de resultaten vergeleken met de nulmeting in 1981. Het Rodale veldonderzoek maakt onderdeel uit van een netwerk van agrarische veldstudies (o.a. naar koolstofvastlegging). Daarin staat het gekarakteriseerd als een mechanisch gemanaged langlopend veldonderzoek naar koolstofopslag van bodems in een matig klimaat, met lage organische inputs, en een experimentele opzet van percelen voor gewasrotatie [Liebhardt et al., 1989].

De twee biologische akkerbouwsystemen bestaan uit een met koeienmest bemest systeem (Manure-based – MNR) en een systeem waarbij organische compost van peulvruchten wordt aangebracht (Legume-based - LEG). Het niet biologische conventionele systeem maakt gebruik van kunstmest (Conventional – CNV). In de drie situaties worden respectievelijk een rotatiesysteem van maïs en sojabonen toegepast (CNV), een rotatie van maïs, soja, tarwe, rode klaver en alfalfa (MNR) en een rotatiesysteem van maïs, rogge, sojabonen, tarwe en 'hairy vetch' = bonte wikke (*Vicia Villosa*) (LEG).

In de door Rodale gepresenteerde analyses worden de drie naast elkaar gelegen akkerbouwsystemen met elkaar vergeleken. De startsituatie en de externe omstandigheden zijn bij alle drie de akkerbouwsystemen hetzelfde. Er wordt niet geïrrigeerd en de gewassen zijn volledig afhankelijk van regenval. Er wordt normaal geploegd voor en na het oogsten van de gewassen in alle systemen (met een 'moldboard plow') Deze ploegt de grond tot een diepte van 30 cm. Zie voor schematische vergelijking van de drie systemen tabel 1.

Tabel 1 Karakteristieken van de drie landbouwsystemen bij het Rodale veldonderzoek

Strategies or systems	Conventional (CNV)	Livestock manure-based organic (MNR)	Legume based organic (LEG)
Rotatie	5 jaar rotatie system 1 ^{ste} jaar: maïs 2 ^{de} jaar: sojabonen 3 ^{de} jaar: maïs 4 ^{de} jaar: maïs 5 ^{de} jaar: sojabonen	5 jaar rotatie system 1 ^{ste} jaar: maïs 2 ^{de} jaar: sojabonen 3 ^{de} jaar: maïs (kuilvoer) 4 ^{de} jaar: tarwe 5 ^{de} jaar: rode klaver + alfalfa hooi	3 jaar rotatie system 1 ^{ste} jaar: maïs / bonte wikke 2 ^{de} jaar: rogge / sojabonen 3 ^{de} jaar: tarwe
Oppervlakte	Constant 8 veldjes van 18m * 92 m	Constant 8 veldjes van 18m * 92 m	Constant 8 veldjes van 18m * 92 m
Bemesting	Standaard synthetische mineraal- en stikstofbemesting, onkruidverdelger en bestrijdingsmiddelen gebruikt.	Geen synthetische / chemische inputs. 'Verouderde' rundveemest opgebracht in de twee maïs-jaren. (middels mechanische ploeg in grond gebracht).	Geen synthetische / chemische inputs. Mengen van peuldragende gewassen in de grond (middels mechanische ploeg). Systeem is afhankelijk van groene bemestingsgewassen (bonte wikke) voor stikstofinput.
Gewasbehandeling	Gewasoverblijfselen blijven op akkerland achter. Klein grondoppervlak aan atmosfeer blootgesteld (net als MNR en LEG). Geen bodembedekkende gewassen, groenbemester (cover crops) buiten het groeiseizoen.	Mechanische cultivatie en heterogene mix aan gewassen voor onkruid- en ziektebestrijding. Wel bodembedekkende gewassen, groenbemester buiten het groeiseizoen (winter cover crops).	Mechanische cultivatie en heterogene mix aan gewassen voor onkruid- en ziektebestrijding. Wel bodembedekkende gewassen, groenbemester buiten het groeiseizoen (winter cover crops).

Gedurende de looptijd van de proef werden gewasopbrengst en onkruidproductie gemeten, evenals vochtgehalte en nitraat- en herbicide-uitloging. In 1981 en 2002 werden stikstof- en koolstofgehalte van de bodem gemeten. De intentie is om op korte termijn wederom stikstof- en koolstofgehalte in de bodem te meten om de jaarlijkse accumulatie van stikstof en koolstof beter te kunnen bepalen. Op dit moment ontbreekt het aan financiering hiervoor [Hepperly, 2004].



2.1.2 Resultaten en claims van Rodale

De belangrijkste *claims* van het Rodale Instituut op basis van het door hen uitgevoerde veldonderzoek zijn:

Claims op basis van het Rodale onderzoek

Milieu

- 1 Biologische landbouw legt meer koolstof vast dan reguliere landbouw.
- 2 De uitstoot aan broeikasgassen is bij biologische landbouw lager dan bij reguliere landbouw.

De netto koolstofbalans van biologische landbouw is daarmee volgens de claims duidelijk gunstiger dan die van reguliere landbouw.

Economische haalbaarheid

- 3 De gewasopbrengst per hectare van biologische landbouw is even hoog of hoger dan die van reguliere landbouw.
- 4 Biologische landbouw is economisch haalbaar voor boeren.

Deze claims baseert het Rodale Instituut op de volgende *onderzoekresultaten*:

- Het percentage koolstof in de bodem is in de twee biologische systemen duidelijk meer gestegen dan in het reguliere landbouwsysteem. Van 1981 tot 2002 steeg het percentage koolstof in de bodem in het reguliere systeem met 8%. In de twee biologische systemen was dit respectievelijk 15% (LEG) en 28% (MNR). Het MNR systeem legt '1,000 pounds carbon per acre foot per year' vast ofwel omgerekend naar Nederlandse eenheden 1.120 kg koolstof per hectare per jaar (gemeten tot een diepte van ca. 30 cm). Dat komt overeen met ca. 4.000 kg CO₂ per hectare per jaar. Het MNR systeem kan volgens Rodale tot zo'n 3,5 keer zoveel koolstof jaarlijks vastleggen als het CNV systeem. Het LEG systeem tot 2 keer zoveel. Paragraaf 2.1.3 gaat meer in detail in op de resultaten van Rodale op het terrein van koolstofvastlegging.
- De energie-input in de biologische systemen bedraagt 63% van de energie-input van het reguliere akkerbouwsysteem als gevolg van het niet gebruiken van kunstmest en herbiciden in de biologische systemen. De uitstoot aan broeikasgassen in de biologische systemen is daarmee evenredig lager. Biologische bedrijfsvoering biedt goede aanknopingspunten voor verminderd energieverbruik, vooral in indirecte posten, bijvoorbeeld kunstmest en krachtvoer [Land en Co, 2004].
- Opbrengsten aan maïs en sojabonen zijn in de drie systemen even hoog, behalve in een opstartperiode van vier jaar. In deze opstartperiode leverde het reguliere systeem meer opbrengst dan de biologische systemen. In droge jaren daarentegen leverden de biologische systemen 25% tot 75% meer opbrengst dan het reguliere systeem. De biologische systemen leverden daarnaast nog opbrengst aan andere gewassen door een andere gewasrotatie.
- De economische haalbaarheid van de biologische landbouwsystemen claimt het Rodale Instituut uit een onderzoek van de Universiteit van Maryland: '*In addition to reducing input costs, Dr James Hanson of the University of Maryland has shown that organic systems in the FST are competitive in returns with conventional corn and soybean farming, even without organic price premiums*'. Onderliggende gegevens worden niet vermeld in de aan CE beschikbare literatuur.

We richten ons in dit onderzoek uitsluitend op claim 1. van het Rodale onderzoek.

2.1.3 Resultaten koolstofvastlegging in een notendop

Uit onderstaand figuur valt via indices af te leiden dat het op mest gebaseerde biologische systeem (MNR-systeem) tot zo'n 3,5 keer zoveel en het LEG-based systeem tot 2 keer zoveel kan vastleggen als het CNV systeem in een bepaalde tijdsperiode. De jaarlijkse accumulatie van koolstof bedraagt in het MNR-systeem, 0,114 Kg C per m² voor de eerste 30 cm van de bodem. Voor het LEG-systeem bedraagt die jaarlijkse accumulatie 0,0665 Kg C. Voor het conventionele systeem bedraagt deze 0,0336 Kg C. In totaal per hectare bedragen de totale toenames per jaar respectievelijk 1,14 ton, 0,66 ton en 0,33 ton C per ha per jaar.

Tabel 2 Vergelijking resultaten koolstofopslag in 1981 en 2002 voor drie systemen in % van totale bodemgewicht int op 30 cm laag van bodem

	Manure (MNR)	Legume (LEG)	Conventional (CNV)
In 1981	1,920%	2,065%	1,867%
In 2002	2,455%	2,377%	2,026%
% Toename 1981 - 2002	28%	15%	8%
Indices toename 1981 - 2002 met CONV 100	339	198	100
Toename C per ha/pj	1,14 ton	0,66 ton	0,33 ton

In het algemeen is het potentieel voor koolstofopslag groot bij uitgeputte bodems [Lal,1999]. Voorafgaande de start van veldonderzoek in 1981 is alle grond (6.1 ha) gebruikt voor conventionele teelt van maïs. Het is niet bekend in hoeverre de grond uitgeput was bij start van de veldproeven in 1981. De concentratie aan koolstof in 1981 wijst niet op uitputting van de grond. In 1971 toen Rodale de grond kocht waar het veldonderzoek plaatsheeft, was deze wel geheel uitgeput [Moyer, www.newfarm.org, 2004]. Gecultiveerde akkerbouwgrond in de VS wordt geschat zo'n 20 tot 40% minder koolstof te bevatten dan grond die nooit is gecultiveerd [Davidson and Ackerman, 1993].

Het meetinstrument waarmee het gehalte aan koolstof in genomen monsters is bepaald is een zogenaamde 'Fisons NA 1500 Elemental Analyser'. De werkwijze is dat in 1981 en 2002 op alle percelen 1 meting is verricht in de bovenste 30 centimeter van de grond. In totaal zijn in de twee meetmomenten 72 monsters met bodemmateriaal genomen. Deze zijn verbrand en het koolstofgehalte in de as en in de lucht is gemeten. De monsters zijn geanalyseerd door Rodale zelf en door onafhankelijke laboratoria.

Om de resultaten van Rodale in perspectief te plaatsen, de volgende statements:

- De bodem in bosecosystemen kan zo'n 3 ton per ha per jaar opslaan [Dahlman, 2001]. Dat is tot drie keer meer dan het MNR-based systeem in Rodale's veldstudie. Kortom met het omzetten van landbouwgrond naar bossen



kan een hogere opname van koolstof in bodem worden gerealiseerd, dan bij omschakeling van een conventionele naar biologische akkerbouw.

- Die koolstofdioxide die vanuit de atmosfeer als koolstof in de bodem kan worden vastgelegd is in het verleden door versturende menselijke activiteiten in de landbouw juist uit de bodem verdwenen. Deze koolstofemissies uit het verleden worden geschat op zo'n 80 tot 100 miljard ton aan koolstof [Lal, 1999]. Biologisch management en goed bodembeheer zou opnieuw 60% tot 70% van de in het verleden ontstane koolstofemissies uit de agrarische sector kunnen vastleggen in de bodem [Lal, 1999].
- Er is onderzoek beschikbaar dat aangeeft dat bij reguliere landbouw een jaarlijks verlies aan koolstof optreedt. Dit zou ca. 0,85 ton per hectare en jaar bedragen [Vleeshouwers & Verhagen, 2002].
- Uit modelvergelijkingen van gemiddelde van Nederlandse gangbare en biologische melkveebedrijven blijkt dat biologische melkveebedrijven gemiddeld 35% minder broeikasgassen produceren en minder bijdragen aan verzuring dan gangbare melkveebedrijven [Van der Zijp, 2001]. Dat zou kunnen betekenen dat in de biologische sector zowel akkerbouwbedrijven (bij aannahme van de claims van Rodale) als melkveehouderijen positiever scoren op de netto koolstofbalans. De totale koolstofvastlegging door biologische landbouw als geheel (inclusief veeteelt) zou daarmee hoger zijn dan op grond van het Rodale onderzoek blijkt.

2.1.4 Achterliggende mechanismen koolstofvastlegging

De verklaring voor de grotere koolstofvastlegging in biologische landbouwsystemen ligt volgens het Rodale Instituut in een aantal factoren:

- 1 Biologische bodems kennen een hogere microbiologische activiteit, met name door het werk van mychorrhiza fungi. Deze schimmels spelen een belangrijke rol in het afremmen van de snelheid waarin bodemorganisch materiaal vergaat. Koolstof accumuleert in dit bodemorganisch materiaal voornamelijk aanwezig in de eerste 30 cm van de bodem (afhankelijk van bodemtype en bodemgebruik). De schimmels produceren een lijmachtige substantie, glomalin genaamd. Het Rodale Instituut [Douds, et al., 2003] vermoedt dat glomalin een belangrijke oorzaak is voor het vasthouden van koolstof in de bodem. Door het gebruik van stikstofhoudende kunstmest in het conventionele systeem wordt de groei van mychorrhiza fungi afgeremd.
- 2 Stikstofhoudende kunstmest stimuleert een versnelde rotting / vertering van bodemorganisch materiaal in het conventionele systeem. Hierdoor verdwijnt koolstof uit de bodem via sublimatie in de atmosfeer of via opname door gewassen in de atmosfeer en bodem. De organische systemen bezitten eigenschappen die de snelheid waarin bodemorganisch materiaal vergaat, afremmen (zie hierboven mychorrhiza fungi). Daardoor slaan deze bodems meer koolstof op in de bodem. In de biologische systemen worden 'nitrogen-fixing cover crops' gebruikt voor de stikstof input, die dit sublimatie-effect tegenwerken.

- 3 In beide biologische systemen worden buiten het groeiseizoen groenbemesters (winter cover crops) geteeld. Dit gebeurt niet in het conventionele systeem. Rodale heeft vermoedens dat dit de sleutel kan zijn tot de positief behaalde resultaten in koolstofopslag van deze systemen.
- 4 Een aantal factoren in het landmanagement zoals het effect van niet- ploegen 'no till' op de capaciteit van grond om koolstof op te slaan is volgens het Rodale Instituut, beperkt. Wat volgens Rodale wel van belang is dat bemesting, gewas- en onkruidbescherming in de biologische systemen wordt toegepast. Oplossingen hiervoor worden gevonden in rotatie, verbouwen van stikstofherstellende bodembedekkende gewassen 'nitrogen-fixing cover crops', en het inbrengen van gewasresten met ploeg. Alledrie de landbouwsystemen zijn in de proef evenveel geploegd namelijk twee maal per jaar.

Van deze vier mechanismen ervaart Rodale het gebruik van de 'winter cover crops' (groenbemesters) als belangrijkste mechanisme voor het verklaren van de goede resultaten in koolstofopslag in de biologische systemen. Ook in de conventionele landbouw zou gebruik gemaakt kunnen worden van deze gewassen om een hogere koolstofvastlegging te bereiken. Dit is niet in de veldproeven opgenomen omdat in de conventionele teelt in de VS de noodzaak deze groenbemesters te gebruiken niet aanwezig is. Daarom is in Rodale's veldonderzoek niet vast te stellen of het gebruik van groenbemesters in de conventionele teelt tot betere resultaten leidt in koolstofopslag.

2.1.5 Vastlegging andere broeikasgassen

In het Rodale onderzoek zijn de gegevens van zowel koolstof- als stikstofvastlegging gemonitord. Koolstofvastlegging is hiervoor beschreven. Claim van het Rodale instituut is dat in de proef de twee biologische systemen ook meer stikstof vastleggen.

In 1981 was het stikstofpercentage in de bodem in alledrie de test-systemen gelijk (0,30% N). In 2002 was dit percentage in het conventionele systeem gelijk gebleven, en bij de twee biologische systemen toegenomen met respectievelijk 8% (Legume system) en 15% (Animal system) [Hepperly et al., 2003].

Het mechanisme achter deze specifieke vastlegging van stikstof wordt niet in detail uitgelegd door het Rodale Instituut. Gesuggereerd wordt dat dit, net als bij koolstofvastlegging, te maken heeft met de grotere activiteit van micro-organismen en schimmels in de bodem wanneer geen kunstmest wordt gebruikt.

Er wordt door het Rodale Instituut geen verband gelegd tussen stikstofvastlegging en het verminderen van broeikasgasemissies. In dit onderzoek laten we stikstofvastlegging dan ook verder buiten beschouwing. Een vergelijking van de Universiteit Wageningen tussen drie biologische landbouwsystemen en zes reguliere landbouwsystemen suggereert dat de N₂O uitstoot bij biologische akkerbouw lager is dan die bij reguliere akkerbouw [Spruijt-Verkerke et al., 2004].



Het Rodale Instituut geeft, in tegenstelling tot wat het artikel van de Soil Association suggereert, ook geen nadere gegevens over vastlegging van methaan. Specifieke methaanvastlegging is niet gemeten door het Rodale Instituut. Ook dit broeikasgas laten we daarom in dit onderzoek verder buiten beschouwing.

2.2 Wetenschappelijke kwaliteit

Onderzoek naar koolstofopslag in bodems staat in zijn kinderschoenen [Jacobs, 2002]. Er zal in de komende jaren in de VS en daarbuiten veel kennis worden gegenereerd, en we kunnen nieuwe strategieën verwachten die de meerwaarde van koolstofopslag in bodems verder zullen versterken. Wetenschappelijke studies zullen leiden tot innovaties in meetmethoden en een beter begrip van koolstofprocessen in bodems in diverse ecosystemen. Tevens zijn verbetering van voorspellende modellen te verwachten om toekomstig potentieel voor koolstofopslag te kunnen vaststellen.

We kunnen de wetenschappelijke kwaliteit van Rodale's veldonderzoek toetsen op basis van de stand van de wetenschap op dit moment.

De inschatting van de wetenschappelijke validiteit van Rodale's koolstofclaim is bepaald door een literatuuronderzoek naar bronnen die de werkwijze en resultaten van Rodale's veldonderzoek bevestigen dan wel ontkrachten. Daarbij is er een onderscheid gemaakt tussen directe reacties op Rodale en overige bronnen. Dit literatuuronderzoek wordt in 2.2.1 besproken.

Tevens zijn drie nationale en internationale experts gevraagd om de FST op basis van toegestuurde informatie te beoordelen op wetenschappelijke validiteit. Deze beoordelingen worden in 2.2.2 besproken.

2.2.1 Vergelijkend literatuuronderzoek

Doordat het onderzoek naar koolstofopslag volop in de breedte en diepte in ontwikkeling is, komen we in de literatuur verschillende bronnen tegen. Dit betreft in een aantal gevallen publicaties van auteurs die voor deze studie vooraf geselecteerd zijn voor expert beoordelingen (zie 2.2.2). Dat bevestigt de geschiktheid om juist die auteurs om deze beoordelingen te vragen.

Het vergelijkende literatuuronderzoek kent twee onderdelen:

- 1 Directe reacties in literatuur op de claims voor koolstofvastlegging van Rodale.
 - 2 Wat is los van de koolstofvastlegging claim van Rodale over dit onderwerp recentelijk gepubliceerd.
-
- 1 Directe reacties in literatuur op de claims voor koolstofvastlegging van Rodale. Reactie over claims koolstofopslag van Rodale zoals gepubliceerd in [Drinkwater et al., 1998] en [Hepperly, 2003]:
 - Er blijkt naast de metingen van 1981 en 2002 in de FST ook nog een meting naar koolstof te hebben plaatsgevonden in 1990 [Wander, 1996]. Hier maakt Rodale geen melding van, in haar meest recente wetenschappelijke publicaties; Wander gaat in op de netto-koolstofopslag en Hepperly op

de koolstofvastlegging. Wander constateert dat na 10 jaar gewassenteelt in de FST er qua netto-opslag van koolstof slechts kleine veranderingen zijn opgetreden. Netto toenames in de MNR based system zijn gemiddeld slechts een paar tiende van een procent voor de periode 1981 tot 1991. Verklaring voor deze lage netto toenames vindt Wander in het feit dat het organisch materiaal waarin de koolstof accumuleert nog niet heel stabiel is in tien jaar. Wat daarnaast opvalt is dat Wander tot de conclusie komt dat het Legume based system (wat zij overigens cover cropped systeem noemt) het beste presteert wanneer het gaat om netto koolstofopslag. Dat is opvallend want dit systeem krijgt het minst aan koolstof via inputs toegediend. Wanders conclusies hoeven nog niet direct afbreuk te doen aan de resultaten van Rodale na 23 jaar. Het alsnog betrekken van de conclusies van Wander kan twee dingen betekenen: Er is sprake van een niet-lineaire groei bij de jaarlijkse accumulatie van koolstof en de opslag van koolstof heeft zich vooral in de stabiele fase na 10 jaar voorgedaan. Of de netto-koolstofbalans na 23 jaar is ook een stuk minder positief, dan je op basis van de koolstofvastleggingsclaim van Rodale zou mogen verwachten. Rodale geeft aan in de persoon van Paul Hepperly dat het onderzoek van Wander niet dezelfde focus heeft als dat van Rodale, en dat resultaten dus moeilijk te vergelijken zijn.

- Lal geeft in zijn directe reactie op de claims van Rodale aan dat deze aan de hoge kant zijn en door geen enkele andere veldstudie zijn zulke hoge resultaten behaald.
- Lal geeft aan dat de claim van Rodale dat zij het mondiaal langstlopende vergelijkende veldonderzoek op het terrein conventioneel versus biologisch uitvoeren, niet terecht is. In Europa (Zwitserland) zijn langer lopende studies bekend die precies dat doen wat Rodale doet, namelijk koolstofopname van bodems vergelijken tussen een biologisch en conventioneel akkerbouwsysteem. Zie de tekstbox op pagina 15.

2 Wat is los van de koolstofvastlegging claim van Rodale over dit onderwerp recentelijk gepubliceerd?

De gebruikte bronnen en auteurs zijn o.a. afkomstig van 'The First National Conference on Carbon Sequestration', gehouden in Washington D.C., van 14 tot 17 mei, 2001 en het Soil Organic Matter Network (SOMNET).

- [Sperow, 2003] heeft conventionele veldstudies in de Verenigde Staten met elkaar vergeleken op koolstof concentraties in de bodem. Sperow stelt dat data die veldstudies hebben gegenereerd moeilijk vergelijkbaar zijn omdat bodemtype en klimaat regionaal sterk verschillen. Daarnaast is het agrarisch management tussen de veldstudies verschillend. Sperow komt tot de conclusie dat het niet-ploegen over alle veldstudies genomen een verhogend effect heeft op koolstofopname in de bodem (Van 20,2 MMTC tot 50,5 MMTC per jaar). De opname van koolstof in de bodem bij gebruik van winter cover crops op jaarbasis bedraagt 43,1 MMTC per jaar. Dit ondersteunt de bewering van Rodale dat niet zozeer het ploegen maar dat de teelt van bodembedekkende



wintergewassen de belangrijkste factor is voor verklaren van verhoogde koolstofconcentraties.

- De koolstofopnamecapaciteit van bodems in de VS is in de periode 1982 – 1997 het meest significant in klimaatzones waar een ‘Warm Temperate Moist’ en ‘Cool Temperate Moist’ overheersend zijn [Eve, 2003]. Dit ondersteunt de resultaten van Rodale omdat de resultaten in koele gematigde klimaatcondities zijn behaald.
- Het meetinstrumentarium voor bepalen van koolstofconcentratie in de bodem is sterk in ontwikkeling. Er zijn nieuwe methoden voor het meten van koolstof in ontwikkeling [Ebinger et al., and Wullschleger, 2001], maar deze worden nog niet betrouwbaar genoeg geacht. Meetmethode en het meetinstrument gebruikt in Rodale’s veldonderzoek (een Fisons NA 1500 Elemental Analyser), bij afwezigheid van betere alternatieven, lijken in principe geschikt voor de doelstelling.
- West, Lal, Uehara komen in wetenschappelijke studies niet tot een aanwas van ‘1,000 pounds carbon per acre foot’ per jaar. Onder ideale omstandigheden en ideaal bodemmanagement komen deze tot ongeveer ‘600 pounds C per acre foot per year’. Op grond daarvan lijken de claims van Rodale aan de hoge kant.

DOK-veldstudie in Zwitserland

Het vergelijkende veldonderzoek van ‘the Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) in Zwitserland is qua opzet vergelijkbaar met dat van het Rodale Institute. Wat zijn nu de resultaten in termen van koolstofopslag hier?

In Therwil, nabij Basel, is FiBL in 1978 gestart met een langlopend veldonderzoek, DOK genaamd. Bij aanvang zijn de voornaamste doelen van DOK gericht op het inzichtelijk maken van de opbrengstverschillen en productkwaliteit tussen de systemen. De database aan agronomische informatie heeft de discussie in Zwitserland over akkerbouwsystemen gevoed en heeft een bijdrage geleverd aan de acceptatie en haalbaarheid van biologische landbouw in de wereld. In de laatste decennia heeft het onderzoek in de veldstudies zich met name toegelegd op processen in de bodem en de effecten van biologische landbouw op het milieu.

In het DOK worden acht akkerbouwsystemen met elkaar vergeleken. Ook biodynamische systemen worden vergeleken met biologische en conventioneel akkerbouwsysteem. De verbouwde roterende gewassen zijn aardappelen, zomertarwe en zomergerst. Gemiddelde temperatuur is 9,5°C, gemiddelde jaarlijkse neerslag 792 liter per m². Belangrijke constatering is dat de grondsoort in Zwitserland bestaat uit loss, die in mindere mate de capaciteit heeft om koolstof op te slaan, dan klei die in Kutztown voorkomt.

Conclusie van dit langlopende veldonderzoek is dat de biologische systemen niet zulke hoge gewasopbrengsten genereren als de conventionele systemen. Reden hiervoor wordt gevonden in het ontbreken van kunstmest en bestrijdingsmiddelen. De gemiddelde gewasopbrengst ligt over 27 jaar gemiddeld 20% lager in de biologische systemen. Daarnaast wordt opgemerkt dat het telen van organische gewassen minder energie vergt dan bij conventionele teelt.

In het DOK wordt geconcludeerd dat bemesting met een groenbemester een positief effect heeft op het gehalte aan koolstof in de bodem en het voorkomen van bodemverzuring.

Gebruik van groenbemesters is zelfs essentieel in biologische systemen omdat anders een tekort aan voedingsstoffen in de bodem ontstaat (bodemuitputting). Voedingsstoffen in de bodem worden immer sneller benut in organische bodems door symbiose tussen wortels van gewassen en mycorrhizae.

Dit is in overeenstemming met de conclusies van Rodale die het belangrijkste mechanisme voor de koolstofopslag zien, in het gebruik van groenbemesters (winter cover crops).

Bij vergelijking van vergelijkbare biologische met conventionele systemen in deze veldstudie, bevat de bodem bij biologische teelt na 20 jaar ruim 2 maal zoveel koolstof als de conventionele bodem.

Het bemesten met koeienmest is van grote invloed op de koolstofvastlegging zodat het conventionele systeem met koeienmest meer koolstof kan vastleggen dan in het biologische systeem zonder deze bemesting.

De Soil Association is op dit moment bezig met een vergelijkend onderzoek naar deze twee langlopende veldstudies van het Rodale Institute en FiBL. Daarnaast is FiBL bezig de resultaten op het terrein van koolstofvastlegging te publiceren en wil daartoe de primeur behouden. Vooruitlopend op die publicatie kan CE niet beschikken over de exacte gegevens over vastgelegde kilo's koolstof per jaar.

2.2.2 Expert judgements

In overleg zijn een aantal experts geselecteerd, die zijn gepolst om deel te nemen aan een korte review. Uiteindelijk hebben drie experts hun beoordeling gegeven. Dit zijn Rattan Lal, Pete Smith en Peter Kuikman. De opgestelde reviewvragen zijn toegestuurd samen met een samenvatting van de FST, en het artikel *Sinking Carbon*, Soil Association, uit periodiek *Organic Farming*, Spring 2004. Experts is gevraagd een review te geven op basis van toegestuurd materiaal, als ook de eigen kennis over het onderzoek daarbij te gebruiken. De review is dus uitdrukkelijk geen beoordeling van de hier door CE gepresenteerde analyse van het Rodale onderzoek.

In de vragenlijst zijn de experts gevraagd zich uit te spreken over de wetenschappelijke kwaliteit van de Field Systems Trial van het Rodale Instituut. De expert-judgements zijn gemaakt op basis van toegestuurd materiaal. De verantwoordelijkheid voor de inhoud van dit rapport, en de wijze waarop de expert-judgement zijn ingepast in dit rapport, ligt volledig bij opdrachtnemer.

De opgestelde reviewvragen gaan in op de volgende onderdelen:

- gepresenteerde mechanismen bij koolstofvastlegging;
- maximale opnamecapaciteit van de bodem;
- berekeningsmethode van koolstofopslag;
- berekeningsresultaat van koolstofopslag;
- de (on)mogelijkheid de resultaten van Rodale te extrapoleren naar nationale of internationale context;
- netto koolstofbalans;
- wetenschappelijke validiteit van het onderzoek van Rodale;
- overige opmerkingen.

Resultaten van de expertjudgement:

Gepresenteerde mechanismen bij koolstofvastlegging.

Door Rodale gepresenteerde mechanismen worden gesteund. *'Cover crops will tend to increase soil carbon as will mychorrhiza so there is some support for these mechanisms'*. Kuikman gaf aan dat hij niet kon beoordelen dat juist deze mechanismen door Rodale als verklarend voor de hoge koolstofvastleggingsclaim worden gezien. Daarnaast gaf deze expert aan dat de mechanismen niet los van elkaar gezien kunnen worden.

Wat additioneel als mechanisme wordt aangedragen voor verklaren van koolstofopname, is de hoeveelheid koolstof die via meststoffen wordt aangebracht. Het MNR-based systeem, welke het beste presteert in termen van koolstofvast-

legging, zal beter presteren naarmate er meer organisch dierlijk mest wordt toegevoegd. Datzelfde geldt voor het gebruik van grassen in de rotatie. Er is echter geen volledige C-balans gemaakt in het Rodale onderzoek, zodat de betekenis hiervan voor de vastlegging niet duidelijk is.

Studies in Rusland tonen aan dat een verhoogde concentratie N de vertering van organisch materiaal zal bevorderen. Veel Westerse studies bevestigen dit beeld echter niet. In Rodale is sprake van een samengaan van verhoogde N-concentraties en C-concentraties in de bodem, wat ook zou betekenen dat de bevindingen in Rusland niet bevestigd kunnen worden door Rodale. Als de toename van koolstof in de bodem af te leiden is uit hogere externe koolstofinputs (zoals extra gewasresten of externe mest) dan is de toename zeer begrijpelijk. Bij de inzet van mest in de FST zou dan echter ergens anders de koolstofgehalte of de groei ervan in de bodems kunnen afnemen. Het is belangrijk deze 'off-farm effects' mee te nemen en de FST in een groter systeem (Life cycle analysis) te bezien. Er zal dan immers op globale schaal geen netto winst voor het klimaat zijn. Alle drie de experts pleiten ervoor om door een LCA de FST te analyseren.

Maximale opnamecapaciteit van de bodem.

Rodale veronderstelt Rodale dat door de aard van de bodem die zich in de diepte uitbreidt de vastlegging van koolstof in principe onbeperkt jaarlijks kan blijven toenemen.

Alle experts weerleggen deze bewering van Rodale. Kuikman stelt daarbij dat er geen bewijs is in wetenschappelijke literatuur dat de capaciteit van de bodem om koolstof op te nemen oneindig is. Bodems hebben een eindige capaciteit om koolstof vast te leggen (bases on cation exchange capacity). Experts zijn het niet eens op welk niveau en na hoeveel jaar die opnamecapaciteit dan eindigt. Alle lange termijn veldonderzoeken tonen echter ook aan dat de accumulatie van koolstof in de bodem eindig is, en ophoudt op moment dat er een nieuw evenwicht wordt bereikt. Daarvoor is het wel noodzakelijk dat er geen wijzigingen in het landmanagement optreden.

Smith geeft aan dat het wel aannemelijk is dat koolstof zich in de diepere lagen (>30 cm) van de grond kan gaan accumuleren, maar dat er geen aanwijzingen zijn dat door management in de biologische akkerbouw de bodem beter in staat zou zijn deze diepere accumulatie te bereiken dan bij conventionele teelt. Deze expert geeft aan dat alleen bij extreme verzuring een soort van vervinging kan optreden die de vertering van organisch materiaal vertraagd waardoor meer koolstof kan accumuleren. Hij twijfelt of dit proces door biologische teelt wordt bevorderd en stelt zodoende dat koolstofopslag eindig is en een nieuw evenwicht bereikt na zo'n 20 – 50 jaar.

Meetmethode van koolstofopslag.

In de veldstudie zijn middels twee meetmomenten in 1981 en 2002, 72 monsters uit de toplaag van de bodem genomen. Deze zijn verbrand en het koolstofgehalte in de as is gemeten. De monsters zijn geanalyseerd met een 'Fisons NA 1500 Elemental Analyser' door Rodale zelf en door onafhankelijke laboratoria.

Initieel was onduidelijk of de vrijgekomen CO₂ ook wordt gemeten door het meet-instrument om uiteindelijk het koolstofpercentage in de bodem te bepalen. Lal geeft aan dat de meetmethode wat hem betreft omstreden is indien alleen de koolstof in de as wordt gemeten. Bij het verbranden zal er namelijk een grote hoeveelheid van de opgeslagen koolstof uit het monster als CO₂ in de atmosfeer verdwijnen. Bij navraag geeft Rodale aan dat de koolstofvastlegging wordt berekend uit het gehele monster, en dat de CO₂ uit het monster dus wel degelijk wordt meegenomen.

Smith geeft aan dat het belangrijk is om te variëren in bodemdiepten (tussen 0 – 30 cm) bij het nemen van monsters. Dat belang is groot omdat er in de veldstudies normaal wordt geploegd. Rodale geeft aan dat er niet op een standaarddiepte bemonsterd is. Kuikman geeft aan dat het aan gegevens ontbreekt om na te gaan of er zorgvuldig te werk is gegaan. Het betreft bemonsteringsstrategie, timing en frequentie.

Experts gaan niet in op eventuele nieuwere en betrouwbaardere meetmethode voor koolstofbepaling.

Berekeningsresultaat van koolstofopslag

'Calculated is an accumulation of 1,000 pounds of carbon per acre foot of soil per year in the manure based organic system. This accumulation is equal to about 3,500 pounds of carbon dioxide per acre per year taken from the air and sequestered into soil organic matter. Derived from these figures, this involves an annual accumulation of 0.114 Kg Carbon per square meter for the top foot of soil for organic manure based farming. Under the conventional farming system 0.0336 Kg C per square meter is sequestered'.

Lal geeft aan dat de koolstofopnamecapaciteit van 1.000 lbs/acre/year in de top 30 cm van de bodem zeer hoog is. Deze is namelijk 2 tot 4 maal hoger dan gepubliceerde koolstoftoenames op vergelijkbare lichte kleigronden in de regio.

Smith geeft daarentegen met zijn ervaringen in Engeland en Rusland aan dat de opnamecapaciteit in de FST zeer hoog zijn, maar ze worden wel gemeten. Belangrijker is het echter om te kijken of de opgebrachte meststoffen door gebruik in de FST niet meer elders worden ingezet. Kortom het is van belang te kijken naar de overschotten danwel tekorten die er regionaal zijn in beschikbare meststoffen.

De (on)mogelijkheid de resultaten van Rodale te extrapoleren naar nationale of internationale context 'Converting the U.S.'s 150 million corn and soybean acres to organic production would sequester enough carbon to satisfy 73% of the Kyoto targets for CO₂-reduction in the US'.

Bron: [www.newfarm.org]

'When the UK would meet its target to get six million acres under organic farming in 2010, it would result in a carbon sequestration of 4,5 Million tonnes of CO₂. This is 20% of the Kyoto target for the UK'.

Voorgelegde vraag: 'What is your opinion towards expanding the results of the FST to a national or international level?'



Lal geeft aan dat slechts het meest florissante scenario wordt gebruikt om het koolstofopname potentieel elders te bepalen. Dat is namelijk het MNR systeem, het op koeienmest gebaseerde biologische akkerbouwsysteem. Dat is niet reëel omdat bij relatief weinig akkerbouwsystemen koeienmest wordt toegediend, laat staan in de toekomst kan worden toegediend.

Smith geeft aan dat het als academische oefening juist is om de resultaten te extrapoleren. Hij geeft echter aan dat het niet reëel is vanuit de marktvraag naar biologische producten om deze extrapolatie te maken. Zal de marktvraag dit hoge productieaanbod van biologische producten wel ondersteunen? Smith stelt dat het aanbod veel te groot zal worden als doelstellingen voor biologische landbouw in de UK morgen gehaald zouden zijn. Daardoor zou biologisch boeren onrendabel worden. Daarnaast is het reëel om je af te vragen waar alle koeienmest vandaan gaat komen, nu de vraag naar vooral rundvlees aan het dalen is.

Om je af te vragen of je de resultaten van Rodale ook naar andere landen door kan trekken zegt Smith dat daarbij o.a. gewaskeuze, rotatiesystemen, bodemtype, klimaat en groeiseizoen, van groot belang zijn.

Kuikman geeft aan dat zowel het agrarisch management cruciaal is als de bodemeigenschappen om de resultaten van Rodale door te vertalen. Daarnaast moet je goed kijken wat het eerdere gebruik van de grond was, om koolstofopnamecapaciteit ervan te kunnen bepalen.

Wetenschappelijke validiteit van het onderzoek van Rodale

Voorgelegde vraag: 'Are there scientific imperfections or (potential) defects in the FST and it's presentation?'

Smith geeft aan dat op basis van de gestuurde gegevens geen goed oordeel over de wetenschappelijke validiteit van de FST gemaakt kan worden. Op basis van toegestuurde gegevens zijn er echter imperfecties. Het veldonderzoek bekijkt niet de gehele keten, 'off farm losses' worden niet in beschouwing genomen, vraag en aanbod van biologische producten worden niet betrokken in de analyse, en de totale netto koolstofbalans wordt niet in kaart gebracht. Over andere broeikasgassen wordt niet gerept, waardoor het niet mogelijk is een volledige broeikasgassen balans op te stellen.

Netto koolstofbalans

Lal: Rodale geeft te weinig inzicht in de analyse over energieverbruik voor de diverse systemen. Daardoor kan hierover moeilijk een oordeel worden gevormd.

Smith geeft aan dat toenemende organische stikstof, indien deze niet wordt opgenomen op het juiste moment door het gewas, kan gaan mineraliseren om beschikbaar te worden voor denitrificatie om lachgas (N₂O) te vormen. Lachgas is als broeikasgas 290 keer zo sterk dan CO₂. Dus een kleine verhoging van lachgasemissies kan een enorme vastlegging van koolstof teniet doen [Smith, 2001]. Rodale verschaft hierover geen gegevens omdat het de uitstoot van N₂O niet meet in haar veldstudie. Kuikman geeft ook aan dat door bemesting en door omwoeling van de grond de uitstoot van N₂O sterk kan variëren en dat lachgas van groot belang is.

Tabel 3 Vergelijking van de drie experts met Rodale. Ter vergelijking is ook de visie van dr. T. West (uit de literatuurstudie) opgenomen

	Hepperly, Rodale Institute	Prof Lal (Ohio state University)	Dr. Tristram West (Oak Ridge National Laboratory)	Prof. Smith (University of Aberdeen)	Peter Kuikman Alterra, Wageningen
Onderzoeksdomein	US (koolstofopname door transitie Conventionele naar biologische landbouw)	US (koolstofopname door transitie Conventionele naar biologische landbouw)	US, (koolstofopname door transitie CT naar NT (Conventional Till naar No Till), met stikstofbemesting	UK (Koolstof en N ₂ O in bodems)	NL (koolstof in Nederlandse bodems)
Toename per jaar van gemeten koolstof in biologisch manure based system	1,000 pounds per acre foot	Maximaal 300 - 500 pounds per acre foot	Range van 350 tot 750 pounds per acre foot	Geen uitspraak	Geen uitspraak
Eindig of oneindige Potentie van de grond om koolstof vast te leggen	Oneindige potentie, grond heeft eigenschap in de diepte uit te breiden.	Eindig (bij 25 tot 50 jaar maximum bereikt)	Eindig, Bij No-till zo'n 15 tot 20 jaar, Na 40 jaar maximum bereikt. Bij vergroten gewassamenstelling zo'n 40 – 60 jaar.	Eindig	Eindig
Belangrijkste factor / mechanisme voor koolstofopslag	Gebruik gevarieerde Cover crops over langere periode in het jaar	Niet Ploegen	Niet Ploegen bij gewasrotatie met minimaal 2 gewassen. Graan is uitzondering	Pas op: Kijk naar de totale balans (emissie lachgas N ₂ O betrekken)	Pas op: Kijk naar de totale balans (emissie lachgas N ₂ O betrekken)

2.3 Toepasbaarheid Nederlandse context

In dit hoofdstuk zal worden bekeken of de resultaten van Rodale's veldonderzoek ook voor Nederland opgeld kunnen doen. De vraag aan experts of het mogelijk is de resultaten van Rodale te extrapoleren naar een bredere nationale of internationale context, is beantwoord met 'ja, mits'. Er moet wel aan een aantal randvoorwaarden worden voldaan. In paragraaf 2.3.1 wordt ingegaan op die randvoorwaarden en de verschillen en overeenkomsten tussen Rodale en Nederland. Deze zijn gezocht en gevonden in beschikbare recente literatuur.

In paragraaf 2.3.2 zijn kernachtig de gezichtspunten van de experts over de extrapolatie van het veldonderzoek van Rodale beschreven. Daarbij wordt niet altijd expliciet de toepasbaarheid voor Nederland beschreven.

2.3.1 Vergelijkend literatuuronderzoek

De context van het veldonderzoek van Rodale moet overeenkomsten bezitten met de omstandigheden in Nederland om te kunnen stellen dat de resultaten voor koolstofvastlegging ook in Nederland zouden kunnen gelden. Deze factoren zijn: bodemtype, klimaat (gemiddelde neerslag en gemiddelde temperatuur), gewaskeuze, en factoren in het landbouwmanagement (rotatie, bodembedekkende gewassen). Deze factoren worden hier achtereenvolgens behandeld.

Bodemtype / grondsoort

In het veldonderzoek is het type grondsoort omschreven als '*Silty clay loam*', wat een zandige kleigrond ofwel lichte klei is. In Nederland zijn deze gebieden vooral rond de overgangen van de grotere rivieren naar de zandgronden te vinden. Zware kleigrond kent een slechte ontwatering en is in Nederland veelal in gebruik als grasland met veeteelt (bijvoorbeeld in uiterwaarden). De lichte kleigronden in Nederland worden onderscheiden naar ligging in het Noordelijk, Zuid-Westelijk en Centraal kleigebied [Dekkers, 2002]. Deze kleigronden zijn in 2004 overwegend in gebruik als akkerland.

Een complicatie bij het bodemtype is dat vooral in veenweidegebieden een netto CO₂-emissie plaatsvindt (in plaats van vastlegging). In Nederland vindt echter geen biologische akkerbouw in deze gebieden plaats, zodat de veengronden hier buiten beschouwing kunnen blijven. Voor een volledig beeld is het echter wel degelijk noodzakelijk om deze emissies ook te beschouwen.

Klimaat

In het veldonderzoek is het klimaat zacht en matig. Er valt in Pennsylvania behoorlijk wat neerslag (1.100 mm) en de gemiddelde jaartemperatuur is relatief hoog (12°). In geheel Nederland hebben we een matig zeeklimaat. Gemiddelde neerslag is 780 mm en daarbij is de gemiddelde stand van de thermometer zo'n 9 graden. De gemiddelde temperatuur en regenval is daarmee in Nederland minder hoog, maar deze is wel gelijkmatiger over het jaar verdeeld. Het groeiseizoen in Nederland is aanmerkelijk langer dan in Pennsylvania. Dit zou betekenen

dat in Nederland mogelijk een hoger potentieel bestaat om koolstof vast te leggen dan in Pennsylvania⁵. Op het terrein van klimaatomstandigheden zijn er daarmee geen grote bezwaren om te veronderstellen dat de resultaten van Rodale ook in Nederland kunnen worden bereikt.

Gewaskeuze

Op het gebied van gewaskeuze verschilt de praktijk in de VS en in Nederland enigszins. In Nederland worden er geen sojabonen verbouwd [Hin, 2002]. Aangezien sojabonen ook worden verbouwd in de biologische systemen die de beste resultaten opleveren aangaande koolstofopslag, kan de teelt van sojabonen een positieve werking hebben gehad op het bereikte resultaat. In Nederland worden in de akkerbouw vooral de volgende gewassen verbouwd: Granen (o.a. maïs), aardappelen (poot- en consumptie-), suikerbieten, groenvoedergewassen en uien [Dekkers, 2002]. De Nederlandse conventionele akkerbouwsector verbouwt daarmee veel meer producten dan men in de VS verbouwt waar vooral op grote schaal op grote percelen maïs en sojabonen worden verbouwd. Wel worden er tot op perceelsniveau rotaties in gewassen toegepast in de biologische systemen.

Landbouw-management

Agrarische bedrijfsvoering is van invloed op koolstofopslag. Agrarische activiteiten die impact hebben op deze opnamecapaciteit bestaan uit: het al dan niet ploegen, gewasresten-, grondvruchtbaarheidsmanagement, grondwatermanagement en irrigatie. Op al deze activiteiten wordt hier even kort een vergelijking tussen Rodale en Nederland gegeven.

Ploegen

In alle systemen in de FST wordt normaal geploegd. In de Nederlandse conventionele en biologische akkerbouw wordt ook geploegd, vaak met een normale moldboard plow, die in de FST is gebruikt. In de frequentie en manier van ploegen zijn geen opmerkelijke verschillen tussen de FST en Nederlandse akkerbouw.

Diepploegen wordt in Nederland in de biologische akkerbouw toegepast om een grotere variatie aan gewassen mogelijk te maken. Dit zou de vastlegging van CO₂ weer teniet doen. Praktijk informatie van het Platform Biologica suggereert echter dat het hier om een heel klein aantal bedrijven gaat die deze methode toepassen en dat de methode een grote investering vergt die in de praktijk over een groot aantal jaren moet worden terugverdiend.

Gewasresten- en grondvruchtbaarheidsmanagement

Gewasresten blijven zowel in Nederland als in de FST na het oogsten achter op het akkerland om met ploeg in de grond te worden gebracht. De hoeveelheid grondtarra die wordt meegeleverd aan verwerkers van bijvoorbeeld bieten is daarnaast in Nederland sterk afgenomen waardoor er meer gewasresten op het akkerland achterblijven [Kempenaar, et al., 2003]. Daarbij is het zo dat bij maïs

⁵ In de VS worden alle dagen met een gemiddelde temperatuur boven 0°C gerekend tot het groeiseizoen. In Nederland ligt deze grens bij 5°C.



enkel dode stoppel achterblijft als gewasrest. Maïs wordt echter zowel in Nederland als in Rodale verbouwd.

In de biologische sector in Nederland wordt veel gewerkt met dierlijke mest voor behoud vruchtbaarheid van grond. In dit opzicht is biologische akkerbouw in Nederland het meest vergelijkbaar met het Rodale systeem dat 4x zoveel koolstof vastlegt als reguliere landbouw ('manure based system'). Daarnaast worden in de conventionele akkerbouw ook meststoffen toegediend.

In Nederland worden vergelijkbare bestrijdingsmiddelen en mineralen gebruikt als in de FST. Deze zijn door het College voor Toelating van Bestrijdingsmiddelen toegestaan in de conventionele akkerbouw.

In de FST worden de volgende gewasbeschermingsmiddelen gebruikt in het conventionele systeem: Atrazine, Metolachlor, en Pendimethalin voor maïs en Metolachlor en Metribuzin voor sojabonen. Het gebruik van de herbicide Atrazine en Metribuzin is in Nederland wel zodanig gereguleerd dat er een beperking is in het gebruik ervan. Deze stoffen worden beschouwd als probleemstoffen voor de uitspoeling naar grondwater.

Het is al met al niet noodzakelijk het management van gewasresten en grondvruchtbaarheid in de Nederlandse akkerbouwsector substantieel aan te passen om de resultaten van Rodale door te kunnen vertalen naar de Nederlandse context.

Grondwatermanagement en Irrigatie

In het FST wordt niet geïrrigeerd. In de Nederlandse akkerbouw op de kleigronden (zie bodemtype) gebeurt dit slechts bij droge omstandigheden en dan nog bij bepaalde gewassen (pootaardappel, suikerbiet, snijmaïs). Bij gewassen als winterkoolzaad wordt niet geïrrigeerd. [Kempenaar, et al 2003]. In 2004 noopten de droge omstandigheden van juli en augustus tot kunstmatige irrigatie van aardappelen die echter een lagere oogst (met zo'n 10%) niet heeft kunnen voorkomen. [www.agriholland.nl]. Het grondwatermanagement is in het Westen van ons land een zeer intensieve aangelegenheid. In de lager gelegen gebieden met een lichte rivier- of zeeklei (zie bodemtype) is dit ook van toepassing. Voor de FST is het bekend dat de grondwaterstand gedurende het veldonderzoek op zo'n 3 meter ligt. Dat is aanmerkelijk meer dan de 1 meter die gemiddeld in zwavelige lichte kleigebieden in Nederland voorkomt. Wat de consequentie is van deze verschillen voor bijvoorbeeld uitspoeling of opnamecapaciteit is niet duidelijk. Dat maakt vergelijking op dit moment op dat aspect onmogelijk.

Tabel 3 Schematische vergelijking van condities tussen FST en Nederland

Conditie	Farming System Trial in Kutztown, Pennsylvania	The Netherlands	Resultaat
Bodemtype / grondsoort:	Zandige kleigrond	Zandige kleigrond komt in Nederland veel voor (verspreidingsgebied)	Vergelijkbaar
Klimaat (groeiseizoen)	180 vorstvrije dagen	293 dagen met gemiddelde > 5°C	Vergelijkbaar
Klimaat (gemiddelde temperatuur)	Gemiddelde temperatuur in Kutztown 12,4 graden	Gemiddelde temperatuur in Nederland voor geheel jaar: circa 9 graden (KNMI)	Vergelijkbaar
Klimaat (gemiddelde regenval)	Gemiddeld valt er ongeveer 1.105 mm neerslag per jaar in Pennsylvania	Gemiddeld valt er ongeveer 780 mm neerslag per jaar	Vergelijkbaar
Gewaskeuze	Vooraf Soja bonen, maïs in conventionele systeem. In biologische systemen naast sojabonen en maïs meerdere gewassen	Granen, aardappelen, suikerbieten, groenvoedergewassen en uien.	Niet vergelijkbaar
Landmanagement ploegen	Ja, in zowel conventionele als biologische systeem	Ja, in zowel conventionele als biologische systeem	Vergelijkbaar
Landmanagement gewasresten- en grondvruchtbaarheidsmanagement	Gewasresten blijven achter op akkerland Zowel in biologisch als in conventionele teelt is sprake van een rotatiesysteem Er worden groenbemesters gebruikt (wintercovercrops) als Bonte wikke, Rogge, en Alfalfa hooi	Gewasresten blijven achter op akkerland Zowel in biologisch als in conventionele teelt is sprake van een rotatiesysteem Er worden groenbemesters gebruikt (wintercovercrops) als snijrogge	Vergelijkbaar
Landmanagement /grondwatermanagement en irrigatie	Geen irrigatie in het veldonderzoek. Grondwaterstand op zo'n 3 meter	Wel irrigatie in de conventionele en biologische systemen bij droge zomer. Grondwaterstand in kleigronden laag, minimale diepte via drainage op 100 – 120 diepte	Onduidelijk

2.3.2 Expert judgements

De (on)mogelijkheid de resultaten van Rodale te extrapoleren naar nationale of internationale context is reeds in paragraaf 2.2.2 behandeld. Daaruit kan geconcludeerd worden dat een aantal factoren en condities van belang zijn om de claims van Rodale ook van toepassing te kunnen verklaren op bijvoorbeeld de Nederlandse context. In paragraaf 2.3.1 zijn deze factoren en condities tussen het veldonderzoek in Pennsylvania en Nederland systematisch vergeleken.

Conclusie die daaruit getrokken kan worden is dat de situatie waarin in Pennsylvania resultaten zijn behaald in koolstofopslag in die mate significant overeenkomen dat deze ook in Nederland bereikt kunnen worden. Wel zijn er twijfels over met name de invloed van het al dan niet telen van soja en de grondwaterstand.



3 Analyse en Conclusies

3.1 Validiteit van het Rodale onderzoek

Het uitgevoerde beperkte onderzoek naar claims van het onderzoek van het Rodale Instituut over vastlegging van CO₂ in de bodem door biologische landbouw leidt tot de volgende conclusies.

Onderzochte literatuur en geraadpleegde experts in dit beperkte onderzoek bieden overwegend steun aan het beeld dat biologische akkerbouw 2 tot 4 keer meer CO₂ vast kan leggen dan reguliere akkerbouw.

Hierbij moeten de volgende kanttekeningen worden gemaakt:

- Er zijn zowel op basis van de literatuur als bij de geraadpleegde experts verschillende vraagtekens bij de robuustheid van de resultaten van het Rodale onderzoek. De door Rodale geclaimde cijfers kunnen alleen definitief worden bevestigd door een onderzoek naar de volledige koolstofbalans in de testsituatie. Ook zou een stikstofbalans nodig zijn om een vollediger beeld te krijgen van de netto broeikas effecten van biologische landbouw.
- De door Rodale geclaimde waarde van de jaarlijkse vastlegging van ‘1,000 pounds of carbon per acrefoot per year’ is op basis van de geraadpleegde literatuur en experts vermoedelijk aan de hoge kant. Deze waarde moet dan ook als bovengrens van de vastlegging worden beschouwd.
- Er bestaat discussie over de belangrijkste achterliggende mechanismen voor de hogere koolstofvastlegging bij biologische landbouw. Rodale claimt o.a. dat het niet gebruiken van kunstmest maar juist het gebruik van groenbesters in de winter (winter cover crops) door biologische landbouw hierbij een doorslaggevende rol speelt. Literatuur en experts suggereren dat de mate van ploegen (ook ‘diepploegen’) en het al dan niet braak laten liggen mogelijk een cruciale betekenis hebben. Rodale geeft aan dat de resultaten bereikt worden met normaal gebruik van de ploeg.
- De inzet van groenbesters als bonte wikke, snijrogge en alfalfa buiten het groeiseizoen vormt volgens Rodale de belangrijkste factor voor het verklaren van de accumulatie van koolstof in bodems. Het gebruik van groenbesters is niet exclusief voorbehouden aan biologische systemen maar deze kunnen ook in conventionele systemen worden ingezet. Daarmee kan ook in de conventionele akkerbouw meer koolstof in de bodem worden opgeslagen. Dit is echter niet in de veldstudie aangetoond.
- Vergelijking van de belangrijkste externe omstandigheden van Rodale onderzoek en de Nederlandse situatie (o.a. klimaat, bodem, gewasgebruik) suggereert dat deze niet sterk van elkaar afwijken. De resultaten van Rodale lijken daarmee ook toepasbaar in Nederland. Wel moet worden aangetekend dat het door Rodale gebruikte soja in Nederland niet geteeld is en er nog onduidelijkheid is over wat de effecten zijn van de geconstateerde verschillen in het grondwaterpeil tussen Nederland en het Rodale onderzoek. Een andere kanttekening is dat op veengronden juist een netto CO₂-emissie plaatsvindt, maar deze worden niet gebruikt voor akkerbouw in Nederland.

3.2 Claims van de Soil Association onder de loep

In het artikel van de Soil Association waarin het Rodale onderzoek wordt aangehaald (zie bijlage A), wordt geclaimd dat een bijdrage van 20% door biologische akkerbouw aan de Engelse Kyoto-doelstelling mogelijk is. Concreet wordt hier de voormalige Engelse milieuminister Michael Meacher aangehaald die dit beweert in onderstaande passage:

'Sinking Carbon', Soil Association, Spring 2004, p. 37

'I think that organic farming can play a crucial role here' said Michael Meacher. Rodale has apparently qualified the impact of this for the first time. 'I have not seen these figures before but I think they are quite sensational.' The researchers estimate that – per acre foot – about 1,000 pounds of carbon is locked up under organic agriculture each year. If you dig deeper than the acre foot, the figure increases.

Taking the acre foot, it is the equivalent of about 3,500 pounds of carbon discharged into the atmosphere as carbon dioxide. Applying that to the UK, where there are about two million acres under organic cultivation, about three million tones of carbon is being locked up.

'If the Government succeeds in its objective – which I think they will – to triple the area under organic cultivation by 2010 compared with a 2001 base, that figure could rise to about 4.5 million tones of carbon'. The significance of that, said Michael Meacher, is that Britain has to reduce greenhouse gas emissions by about 22 million tonnes to meet its obligations under the Kyoto treaty. 'So, 4.5 million tonnes out of 22 million tonnes is 20 per cent. This is a very striking conclusion that has not yet registered on to policy makers and we need to make sure it does.

Deze passage hebben we in het onderstaande in delen gesplitst die we telkens afzonderlijk van commentaar voorzien:

'I think that organic farming can play a crucial role here' said Michael Meacher. Rodale has apparently qualified the impact of this for the first time. 'I have not seen these figures before but I think they are quite sensational.' The researchers estimate that – per acre foot – about 1,000 pounds of carbon is locked up under organic agriculture each year.

Commentaar:

De claim van 1,000 pounds of carbon per acrefoot maakt het Rodale Instituut inderdaad op basis van hun veldonderzoek. Deze claim geldt voor het systeem dat het meeste C vastlegt van drie onderzochte systemen. De verhouding in koolstofvastlegging tussen het beste systeem in de Rodale proef, een tweede biologische systeem en een conventioneel systeem is 4 : 2 : 1. Reguliere landbouw legt dus, op basis van Rodale, ca. 250 pounds of carbon per acre vast.

If you dig deeper than the acre foot, the figure increases.

Commentaar:

Dit klopt volgens experts, maar niet onbeperkt. De toplaag legt het meeste C vast Volgens Lal zit na 20 jaar 80% van alle C in de bovenste 30 cm.

Taking the acre foot, it is the equivalent of about 3,500 pounds of carbon discharged into the atmosphere as carbon dioxide.

Commentaar:



Het molecuulgewicht van C verhoudt zich tot dat van CO₂ als 12 : 44. Dat betekent een gewichtsfactor 1 : 3,66. Dus 1.000 'pounds' C is gelijk aan ca. 3.660 'pounds' CO₂.

Applying that to the UK, where there are about two million acres under organic cultivation, about three million tonnes of carbon is being locked up.

Commentaar:

Hier halen de auteurs C en CO₂ door elkaar. De claim is vastlegging van 3.500 'pounds' of CO₂ per acre. Dit geeft 3.500 'pounds' CO₂ per acre x 2 miljoen acres = 7.000 miljoen 'pounds'⁶ CO₂ = 7.000 miljoen x 0,4535 kg CO₂ = 3.175 miljoen kg CO₂ = 3,2 Mt CO₂ (in plaats van C).

'If the Government succeeds in its objective – which I think they will – to triple the area under organic cultivation by 2010 compared with a 2001 base, that figure could rise to about 4.5 million tonnes of carbon.'

Commentaar:

Dit cijfer is onduidelijk en waarschijnlijk fout. Een verdrievoudiging van de hoeveelheid land met biologische landbouw geeft 3 x 2 miljoen acres = 6 miljoen acres. Verdrievoudiging van de hoeveelheid land geeft ook een verdrievoudiging van de CO₂-vastlegging. Die wordt dan 3 x 3.175 miljoen tonnes CO₂ = 9.525 miljoen tonnes CO₂. Dat is equivalent met 2,60 miljoen tonnes of carbon.

The significance of that, said Michael Meacher, is that Britain has to reduce greenhouse gas emissions by about 22 million tonnes to meet its obligations under the Kyoto treaty. 'So, 4.5 million tonnes out of 22 million tonnes is 20 per cent.'

Commentaar:

9,525 million tonnes of CO₂ / 22 million tonnes of CO₂ = 43%.

Dit zou een zeer hoge bijdrage van biologische landbouw aan de Kyoto-doelstelling betekenen, hoger nog dan de claims in het artikel.

This is a very striking conclusion that has not yet registered on to policy makers and we need to make sure it does.

Commentaar:

Doel voor Engeland in 2010 volgens het artikel is 6 miljoen acres organic farming = 6 miljoen x 0,4047 ha = 2,4 miljoen ha.

Andere bronnen (zie o.a. [www.sustainweb.org]) geven een doelstelling van 30% biologische landbouw in Engeland voor 2010. In 2001 was het percentage biologisch in Engeland 2,5% ofwel 425.000 ha (zie bijv. [Eurofood, 2001]). Uitgaande van dit cijfer komt een 30% doelstelling neer op 5,1 mln ha. Daarbij moet ook rekening gehouden worden met het aandeel van akkerbouw in de totale landbouw. In Engeland is dat voor reguliere landbouw ca. 25% [www.statistics.gov.uk]. Wanneer ditzelfde percentage wordt aangehouden voor de biologische landbouw resulteert een totaal oppervlak van 1.275.000 ha biologische akkerbouw in Engeland in 2010, ofwel ongeveer 3,15 miljoen acres.

⁶ 1 pound = 0,4535 kg, 1 acre = 0,4047 ha, 1 foot = ca. 30 cm.

De mogelijke CO₂-bijdrage van biologische akkerbouw in Engeland in 2010 wordt dan 3,15 miljoen acres x 3.660 'pounds' CO₂ per acre = 11.530 miljoen 'pounds' CO₂ = 5,2 Mt CO₂.

De Kyoto-doelstelling in Engeland is volgens het artikel 22 miljoen tonnes of CO₂. Onduidelijk is waar dit cijfer vandaan komt. De uitstoot van broeikasgassen in Engeland bedroeg volgens de European Environmental Agency (2004) in het basisjaar 1990, 747 Mt CO₂-eq. Doelstelling is een reductie van 12,5% tot 2010, ofwel een reductie van 93 Mt CO₂-eq. ten opzichte van het basisjaar. De bijdrage aan de Kyoto-doelstelling van biologische landbouw in Engeland bedraagt dan 5,2 Mt CO₂ / 93 Mt CO₂ = 5,6 %. Hierbij is nog geen rekening gehouden met het feit dat reguliere landbouw eveneens CO₂ vastlegt. Als hiermee ook rekening wordt gehouden, dan komt de extra bijdrage van biologische landbouw in Engeland aan de Kyoto-doelstellingen op maximaal 4%.

Conclusie

De claims in het artikel van de Soil Association dat Engeland in 2010 door koolstofvastlegging in de biologische landbouw 20% van de Kyoto-verplichtingen kan voldoen, lijken aan de hoge kant.

3.3 Mogelijke consequenties voor Nederland en Europa van het Rodale onderzoek

In deze paragraaf is berekend wat de consequenties voor Nederland zijn, **wanneer de claims van Rodale kloppen en wanneer we uitgaan van toepasbaarheid van de claims op de Nederlandse en Europese context.** Daarbij is in eerste instantie uitgegaan van de hoogste door Rodale geclaimde waarde voor koolstofvastlegging. Deze geldt voor het 'manure based system' (MNR) in het Rodale onderzoek. Er is uitgegaan van de extra vastlegging van biologische landbouw ten opzichte van reguliere landbouw, die voor dit systeem 4 : 1 draagt.

Claim Rodale instituut: *'1,000 pounds C per acrefoot per year'* vastlegging C, ofwel 1.120 kg C per hectare per jaar (gemeten tot op een diepte van 30 cm). Dit is equivalent aan 44/12 * 1.120 kg C per ha per jaar = 4100 kg CO₂ per ha per jaar. Dit betekent een extra vastlegging door biologische akkerbouw van 0,75 x 4.100 = 3.075 kg CO₂ per ha per jaar.

Conclusie

Bij biologische bedrijfsvoering analoog aan Rodale, kan in Nederland en Europa maximaal zo'n 3.075 kg CO₂ per ha per jaar extra worden vastgelegd ten opzichte van reguliere landbouw.

3.3.1 CO₂-vastlegging Nederland

Het areaal biologische landbouwgrond in 2010 moet volgens de doelstelling van LNV (Nota Biologische landbouw, 2005 – 2007) 10% bedragen van het totale areaal aan landbouwgrond. Dat komt overeen met ca. 191.000 ha biologische



landbouwgrond [CBS, 2004]. Van het totale landbouwareaal is volgens het CBS ca. 22% akkerbouwgrond. Wanneer we aannemen dat het aandeel van akkerbouw in het totale areaal biologisch in 2010 25% bedraagt, komen we op ca. 50.000 ha biologische akkerbouwgrond.

De berekening wordt dan: $4.100 \text{ kg CO}_2 / (\text{ ha jaar}) * 50.000 \text{ ha} = 205 \text{ mln kg CO}_2$ per jaar opslag voor het totale biologische akkerbouw areaal. Dit is $0,21 \text{ Mt CO}_2 / \text{ jaar}$, ofwel $0,16 \text{ Mt CO}_2 / \text{ jaar}$ extra ten opzichte van reguliere akkerbouw.

Conclusie

Wanneer de 10% areaal doelstelling voor biologische akkerbouw in 2010 wordt bereikt, wordt er $0,21 \text{ Mt CO}_2$ per jaar vastgelegd.

De emissiereductie in 2010 volgens de Kyoto-verplichtingen zou 6% moeten bedragen ten opzichte van 1990. Dat komt neer op 16 Mt/jaar in 2010 ten opzichte van het basisjaar⁷. $0,16 \text{ Mt/jaar} / 16 \text{ Mt/jaar} = 1\%$

Conclusie

Biologische akkerbouw zou, wanneer de resultaten van het Rodale onderzoek worden gevolgd, in 2010 een bijdrage kunnen leveren van maximaal 1% aan de emissiereductie-verplichtingen uit het Kyoto-verdrag.

Daarbij moet aangetekend worden:

- hierbij is geen rekening gehouden met de eventuele effecten van verschillen in N_2O -emissies tussen biologische en reguliere akkerbouw;
- de effecten van verschillen in energiegebruik tussen biologische en reguliere landbouw zijn hierbij eveneens buiten beschouwing gelaten;
- de koolstofvastlegging is reversibel en geldt zolang het land biologisch wordt bewerkt. Diepploegen van de grond zou de vastlegging eventueel weer ongedaan kunnen maken;
- Bij veengronden is sprake van een netto CO_2 -emissie in plaats van vastlegging. In Nederland vindt op veengronden geen akkerbouw plaats.

3.3.2 CO₂-vastlegging Europa

In Europa bedraagt het areaal biologische landbouw in 2004 5,5 mln ha [www.soel.de], ofwel 3,3% van het totale landbouwareaal in de EU-25. Wanneer we ervan uitgaan dat hiervan 25% akkerbouw is, en uitgaan van een gemiddelde groei tot 10% biologische landbouw in de EU-25, dan komen we op 4,2 miljoen ha biologische akkerbouw in de EU-25 in 2010. Dit kan een emissiereductie geven van maximaal $4,2 \text{ miljoen ha} * 3.075 \text{ kg CO}_2 / (\text{ ha jaar}) = 12,92 \text{ Mt CO}_2 / \text{ jaar}$.

⁷ Alternatieve berekeningen gaan uit van $40 \text{ Mt CO}_2\text{-eq.}$ ten opzichte van een basisscenario opgesteld in 1990, of $24 \text{ Mt CO}_2\text{-eq.}$ ten opzichte van de uitstoot in 2002. De Kyoto-bijdrage van biologische landbouw wordt dan corresponderend lager.

Conclusie

Wanneer 10% van het totale akkerbouwareaal in de EU-25 in 2010 biologisch is, dan kan hiermee tot 13 Mt CO₂ extra ten opzichte van reguliere akkerbouw worden vastgelegd.

De emissiereductie doelstelling voor de EU-15 is -8%. Voor de nieuwe lidstaten gelden individuele doelen. De meeste hiervan komen ook uit op -8%. Uitgaande van een reductiedoelstelling van gemiddeld -8% voor de EU-25 en een emissie van 5.372 Mt CO₂ in 1990 [EEA, 2004] bedraagt de totale te realiseren reductie 430 Mt CO₂ ten opzichte van het basisjaar. De bijdrage van biologische akkerbouw komt dan op 13 Mt/jaar / 430 Mt/jaar = 3%.

Conclusie

Wanneer we uitgaan van een 10% biologisch landbouwareaal in de EU-25 in 2010 en een bijdrage van 25% akkerbouw hierin, dan kan CO₂-vastlegging maximaal in 3% van de Kyoto-doelstelling van de EU-25 voorzien.

3.3.3 Mogelijke financiële consequenties van CO₂-vastlegging door biologische akkerbouw

Een indicatie van de ordegrrootte van mogelijke financiële consequenties kan verkregen worden wanneer de vermeden emissies door vastlegging van CO₂ in biologische landbouw worden afgezet tegen de prijzen voor CO₂ in het Europese emissiehandelssysteem. De bandbreedte daarin varieert globaal van € 7,- per ton CO₂ (huidige marktprijs) tot € 45,- per ton CO₂ (verwachte toekomstige marktprijs tot 2010 (Tabel 5).

Mogelijke financiële consequenties zijn weergegeven in tabel 5.

Tabel 5 Mogelijke financiële consequenties van CO₂-vastlegging door biologische akkerbouw bij 10% biologisch areaal in 2010

	Maximale CO ₂ -vastlegging door biologische landbouw (Mt)	Totaalbedrag tegen huidige marktprijs (€ 7,- / ton CO ₂)	Totaalbedrag tegen verwachte toekomstige marktprijs (€ 45,- / ton CO ₂)
Nederland	0,16	1,1 mln	7,2 mln
EU-25	13	91 mln	585 mln

Ter vergelijking: de huidige voortzettingssubsidie voor biologische landbouw in Nederland bedraagt € 45,- per ha (bron: SNM). Bij een huidig areaal van 11.000 ha biologische akkerbouwgrond komt dit overeen met ca. 0,5 mln euro per jaar.

Ook met de kanttekening dat de genoemde koolstofvastlegging een maximum is, waarbij de vastlegging van biologische landbouw ca. 2-4 maal die van reguliere akkerbouw bedraagt, dan gaat het hier om relevante bedragen: biologische akkerbouw zou volgens de huidige marktprijzen voor € 0,75 – € 1,5 mln aan CO₂ vastleggen, reguliere landbouw voor € 0,375 mln. Bij toekomstige marktprijzen zou dit bedrag nog aanzienlijk hoger zijn.



Uitgaande van 50.000 ha biologische akkerbouw in Nederland betekent bovenstaande berekening dat de CO₂-vastlegging door biologische landbouw gewaardeerd zou kunnen worden met een bedrag tussen € 22,40 (bij een marktprijs van € 7,00 per ton CO₂) en € 144,00 (bij een marktprijs van € 45,00 per ton CO₂) per hectare.



Lijst met gebruikte literatuur

Bronnen:

Artikel CBS

Uitstoot verzurende stoffen blijft dalen

September 2004

Chen, Y., and Y. Avimelech

The Role of Organic Matter in Modern Agriculture

Martinus Nijhoff Publishing, The Hague, 1986

Dahlman Roger C., F. Blaine Metting Jr., Gary K. Jacobs

Carbon Sequestration in Terrestrial Ecosystems: A Status Report on R&D Progress

Oak Ridge National Laboratory, U. S. Department of Energy, Pacific Northwest National Laboratory

Davidson, E.A., and I.L. Ackerman

'Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils'

Biogeochemistry 20: 161-193. 27,1993

Dekkers, W.A.

Kwantitatieve informatie Akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt

Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO), Rapportnummer 301, Wageningen 2002

Douds D., Cultivating beneficial soil fungi to increase yields

Low-cost, on-farm system for producing mycorrhizal fungi inoculant takes another step forward: Research Update

New Farm Research, www.newfarm.org, 2003/4

Douds, D., P. Millner,

Biodiversity of Arbuscular Mycorrhizal fungi in Agroecosystems

Agriculture, Ecosystems and Environment 74:77-93, 1999

Drinkwater, L., P. Wagoner, and M. Sarrantonio

Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses.

Nature, 396:262-265. 1998

ECN, RIVM

Optiedocument voor reductie van broeikasgassen, Inventarisatie in het kader van de uitvoeringsnota klimaatbeleid

1998

European Environmental Agency
Emission of greenhouse gases in the European Union, Copenhagen, 2005

Fliessbach, A., P. Mäder, D. Dubois, L. Gunst,
Organic Farming enhances soil fertility and biodiversity
Research Institute of Organic Agriculture (FiBL, Switzerland), Federal Research
Station for Agroecology and Agriculture (FAL), Switzerland : August 2000

Hepperly, P.
Organic Farming Sequesters Atmospheric Carbon and Nutrients in Soils'
Executive Summary. The Rodale Institute®. <http://strauscom.com/rodale-whitepaper/> , 2004

Hin, C.J.A.
Marktperspectieven voor maatschappelijk verantwoord geproduceerde soja
CLM Onderzoek en Advies BV, Utrecht, oktober 2000

IWACO BV, *CO₂-verwijdering: milieu aspecten*
Rapport 332.7190, Den Bosch, 1994

Jaenicke, E., and L. Drinkwater,
Sources of productivity growth during transition to alternative cropping systems
Agriculture Resources Economic Review 28(2):169-181.1999

Kempenaar, C., L v.d. Brink, C.B. Bus, J.A.M Groten, C.L.M. de Visser,
L.A.P. Lotz, Plant Research Institute (PRI)
*Gangbare landbouwkundige praktijk en recente ontwikkelingen voor vier akker-
bouwgewassen in Nederland* Wageningen
juni 2003

Lal, R., J. Kimble, R. Follett, and C. Cole
*'The potential of US crop land to sequester carbon and mitigate the greenhouse
effect'*
Sleeping Bear Press, Chelsea, MI., 1998

Lal, R. et al.
*The Potential of U.S. Cropland to Sequester Carbon and Mitigate the Green-
house Effect*
Lewis Publishers, 1999

Lal R., J.M. Kimble,
Soil C sink in US Cropland, The Ohio State University
National Soil Survey Center

Land en Co, i.o.v. IPO '*Ruimte voor biologische landbouw*'
Onderzoek naar stimulerende beleidsinstrumenten in Ruimtelijke Ordening
Wageningen, juni 2004



Liebhardt, W.C., R.W. Andrews, M.N. Culik, R.R. Harwood, R.R. Janke, J.K. Radke and S.L. Rieger-Schwartz,
Crop production during conversion from conventional to low-input methods
Agronomy Journal 81:150-159, 1989

Lotter D.W., R.Seidel, W. Liebhardt
The performance of organic an conventional cropping systems in an extreme climate year
American Journal of Alternative Agriculture, Volume 18, Number 2, 2003

LTO,
Bloeiende akkers
Toekomstvisie LTO-Akkerbouw, December 1999

Mäder, P., A. Fliessbach, D. Dubois, L. Gunst, P. Fried, U. Niggli,
Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming
Research Institute of Organic Agriculture (FiBL, Switzerland), published
in Science, volume 296, 31 May 2002

Smith, P., K.W. Goulding, K.A. Smith, D.S. Powlson, J.U. Smith, P.D. Falloon, K. Coleman,
Enhancing the carbon sink in European agricultural soils: Including trace gas fluxes in estimates of carbon mitigation potential
Nutrient Cycling in Agroecosystems 60: 237-252. A full GHG balance is a necessity, 2001

McCarl, B., U. Schneider
Greenhouse Gas Mitigation in U.S. Agriculture and Forestry
Science, 294:2481-2482 2001

Niles, J.O., S. Brown, J.N. Pretty, A. Ball, J. Fay
Potential carbon mitigation and income in developing countries from changes in use and management of agricultural and forest lands. Phil. Trans. Roy. Soc. Series A (Mathematical, Physical and Engineering Sciences)
360, 1621-1639, 2002

Oenema O, G. Velthof en P. Kuikman
Beperking van emissie van methaan en lachgas uit de landbouw
Alterrarrapport nr.380, Alterra, Wageningen 2001

Pretty, J.N.
'An assessment of the total external costs of UK agriculture'
Agricultural systems 65, 113 – 136, 2000

Smith, P., D. Powlson, M. Glendining, J. Smith
Potential for carbon sequestration in European soils: preliminary estimates for five scenarios using results from long-term experiments
School of Biological Sciences, University of Aberdeen, 1997

Smith et al.
Preliminary estimates of the potential for carbon mitigation in European soils through no-till farming
Global Change Biology 4:679-685, 1998

Smith et al.
Meeting Europe's climate change commitments: quantitative estimates of the potential for carbon mitigation by agriculture
Global Change Biology 6:525-539, 2000

Smith et al.
Enhancing the carbon sink in European agricultural soils: Including trace gas fluxes in estimates of carbon mitigation potential
Nutrient Cycling in Agro-ecosystems 60:237-252, 2001

Smith et al.
Opportunities and limitations for C sequestration in European agricultural soils through changes in management
Management of Carbon Sequestration in Soil (R. Lal ed.), pp. 143-152. Advances in Soil Science. CRC press, Boca Raton, Florida 1997

Spakman, ir.
Methode voor de berekening van broeikasgasemissies, Publicatierreeks Emissie-registratie/Milieumonitor, nr. 37b, maart 2003
Elektronische actualisatie van nr. 37, juli, RIVM, TNO, ECN, CBS, 1997

Spruijt-Verkerke, J., H. Schoorlemmer, S. van Woerden, G. Peppelman, M. de Visser en I. Vermeij
Duurzaamheid van de biologische landbouw, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Wageningen UR, 2004

U.S. Department of Energy
'Carbon Sequestration Research and Development', DOE/SC/FE-1, Washington, D.C., 2000

Velthof, G.L., A. Bannink, O. Oenema, H.G. van der Meer, S.F. Spoelstra,
Relationships between animal nutrition and manure quality. A literature review on C, N, P and S compounds
Alterra rapportnr 063 (44 p.) 2000

Vleeshouwers, L.M. en A. Verhagen *Carbon emission and sequestration by agricultural land use: a model study for Europe*
Global Change Biology 8, 519-530, 2002



Wander, M.M., S.J. Traina, B.R. Stinner, S.E. Pteres
Organic and conventional management effects on biologically active soil organic matter pools
Soil Science Society of America Journal 58:1130-1139, 1994

Wander, M., and S. J. Traina,
Organic Matter Fractions from Organically and Conventionally Managed Soils: II. Characterization of Composition
Soil Science Society of America Journal 60(4):1087-1094, 1996

Washington State University, *Is Organic Farming Climate Friendly?*
Climate Friendly Farming TM, Research Brief No. 6, June 2004
Printed in the Washington Tilth Producers Newsletter – June 04

West, T.O., W.M. Post
Soil Carbon Sequestration by Tillage and Crop Rotation: A Global Data Analysis,
Soil Science Society of America Journal, Available at DOE CDIAC site

Yao-chi, Lu., B. Watkins, J. Teasdale
Economic and environmental comparison of an organic farming system with alternative no tillage systems IFOAM
The world grows organic, 2000

Zijp, Prof.Dr.Ir A. (Akke) van der,
Oratie Dierlijke productiesystemen: over integratie en diversiteit
oktober 2001

Geraadpleegde Websites

www.ifoam.org (International Federation on Organic Agriculture Movements)
www.soilassociation.org/wildlife (The biodiversity benefits of Organic Farming)
www.newfarm.org (Rodale Institute website)
www.ipcc.ch/ (International Panel on Climate Change)
www.somnet.org (Soil Organic Matter Network)
www.fibl.net/english/research/annual-crops/dok/carbon-fluxes.php (Research Institute of Organic Farming, Switzerland)
http://csite.esd.ornl.gov/distributed_center.html (Carbon sequestration in Terrestrial Ecosystems Network)
www.eisfom.org/links/ (European Information Systems for Organic Markets)
www.isofar.org/adelaide2005/ (International Scientific Conference on Organic Agriculture)
www.broeikasgassen.nl/ (Emission monitoring in the Netherlands)
www.organic.aber.ac.uk/statistics/euroarea.htm (Statistics Organic Farming in Europe), <http://www.organic-europe.net/> (Statistics Organic Farming in Europe)
Casfor, European Forest Institute
www.yahoo.com (Global Warming > Carbon Sequestration directory)
www.netl.doe.gov/publications/proceedings/01/carbon_seq/carbon_seq01.html (First National Conference on Carbon Sequestration)
<http://www.carbonsq.com/> (Third Annual Conference on Carbon Sequestration)
www.sustainweb.org
www.statistics.gov.uk
www.statline.nl
www.soel.de
www.rivm.nl/milieuennatuurcompendium



CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

Biologische landbouw en koolstofvastlegging

Analyse van de claims van een
Amerikaans veldonderzoek

Bijlagen

Eindrapport

Delft, oktober 2005

Opgesteld door: S. (Stephan) Slingerland
P. (Paul) van der Wielen





CE gnd inf "Ynd" sruar rre- nco-
Cm flimandverrdels biol landbouw

INSIDE STORY

SINKING CAR



Organic farmers should be given a carbon credit to compensate them for locking up more greenhouse gases than non-organic agriculture, former environment minister Michael Meacher told the Soil Association's annual conference in Edinburgh in January. And these credits, he said, could be used to encourage the government's shift to more organic farming.

If government targets were met, organic farmland could sink more than four million tonnes of carbon and help Britain meet its commitment under the Kyoto treaty on global warming, he explained. This requires a 22 million tonne cut in greenhouse gases.

A realistic option?

Are carbon credits realistic? One expert thinks so. "Locking up carbon in the soil provides a public service as it mitigates the effects of climate change" said Jules Pretty, professor of environment and society at Essex University.

"Farmers could be paid reasonable sums of money for the carbon they are sequestering. Whether it is a good idea for the public purse to help pay for that service, or whether that might happen through the emerging carbon markets, is an open question at the moment."

Professor Pretty explained that, in theory, the government could say that under the emerging reforms following the mid-term review of the CAP the principle has been established that public money can be used to buy environmental services. But in other parts of the world, carbon markets are already working well without government intervention – particularly in North America, Argentina and parts of Australia.

"That works by energy companies, for example, saying we need to reduce our carbon budget. They reason that they can either pay a lot of money to reduce their output or pay someone else to suck up the carbon. It can be more efficient for these companies to do the latter, so companies are beginning to pay farmers to deal with their carbon."

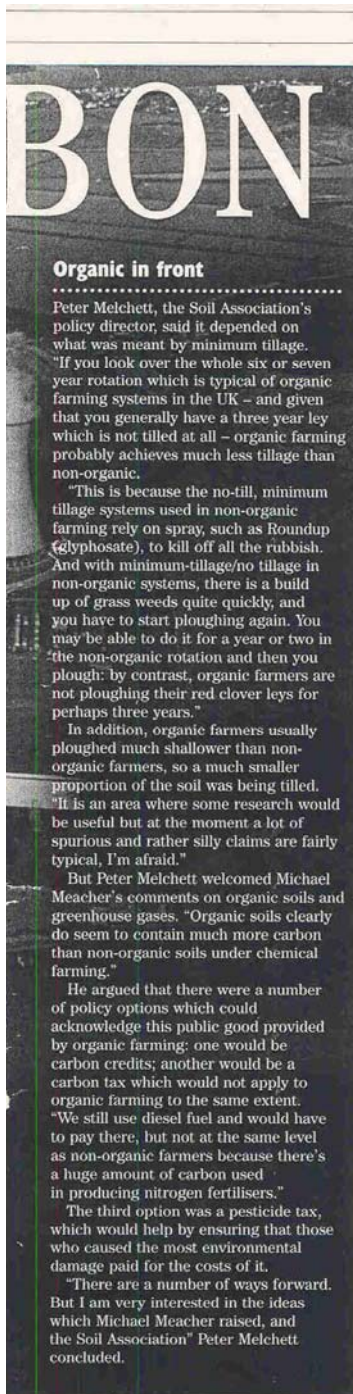
Whilst this hasn't happened in the UK, Professor Pretty predicted that it would fairly soon. He added that organic farmers could do even more to lock up carbon by moving to minimum tillage systems, but recognised that this could have increased the use of chemicals where the system has been tried abroad.

Michael Meacher startled the Soil Association's annual conference with new information about how organic farming could help to reduce global warming. John Harvey looks at the implications for Britain's organic land area

36 ORGANIC FARMING SPRING 2004



B Het Rodale onderzoek



Organic in front

Peter Melchett, the Soil Association's policy director, said it depended on what was meant by minimum tillage. "If you look over the whole six or seven year rotation which is typical of organic farming systems in the UK – and given that you generally have a three year ley which is not tilled at all – organic farming probably achieves much less tillage than non-organic.

"This is because the no-till, minimum tillage systems used in non-organic farming rely on spray, such as Roundup (glyphosate), to kill off all the rubbish. And with minimum-tillage/no tillage in non-organic systems, there is a build up of grass weeds quite quickly, and you have to start ploughing again. You may be able to do it for a year or two in the non-organic rotation and then you plough: by contrast, organic farmers are not ploughing their red clover leys for perhaps three years."

In addition, organic farmers usually ploughed much shallower than non-organic farmers, so a much smaller proportion of the soil was being tilled. "It is an area where some research would be useful but at the moment a lot of spurious and rather silly claims are fairly typical, I'm afraid."

But Peter Melchett welcomed Michael Meacher's comments on organic soils and greenhouse gases. "Organic soils clearly do seem to contain much more carbon than non-organic soils under chemical farming."

He argued that there were a number of policy options which could acknowledge this public good provided by organic farming: one would be carbon credits; another would be a carbon tax which would not apply to organic farming to the same extent. "We still use diesel fuel and would have to pay there, but not at the same level as non-organic farmers because there's a huge amount of carbon used in producing nitrogen fertilisers."

The third option was a pesticide tax, which would help by ensuring that those who caused the most environmental damage paid for the costs of it.

"There are a number of ways forward. But I am very interested in the ideas which Michael Meacher raised, and the Soil Association" Peter Melchett concluded.

Farming on trial

Michael Meacher's comments were based on a 23-year trial at the Rodale Institute, Pennsylvania in the USA which measured organic against non-organic production. The trial compared the risks and benefits of three farming systems. Two trials are organic, with one based on manure and the other on legumes. The third is a non-organic chemical and fertiliser-based system.

The organic manure system is a five-year maize/soybean/wheat/clover and hay rotation. The organic legume rotation involves three years of maize/soybean/wheat and green manure. The non-organic part of the trial is a five-year maize/soybean rotation. The manure system includes livestock and uses manure as a fertiliser, while the other organic system incorporates leguminous crops into the soil. Both the organic systems rely on mechanical cultivation and crop mixes for their weed and pest control.

"The amount of carbon locked up in the soil is colossal – about twice the amount of carbon dioxide already in the atmosphere"

The trial emphasised the build up of soil organic matter under organic farming as against the use of soluble nitrogen fertilisers which tended to break up the soil, discharging the carbon into the atmosphere.

"Rodale discovered that the amount of carbon locked up in the soil is colossal" said Michael Meacher, in an interview after his conference speech. "The total is 1,600 billion tonnes, which is twice the amount of carbon dioxide already in the atmosphere. Preventing this store reaching the atmosphere is a top priority for policy makers trying to curtail the effects of global warming."

A crucial role?

"I think that organic farming can play a crucial role here" said Michael Meacher. Rodale has apparently quantified the impact of this for the first time. "I have not seen these figures before but I think they are quite sensational." The researchers estimate that – per acre foot – about 1,000 pounds of carbon is locked up under organic agriculture each year. If you dig deeper than that acre foot, the figure increases.

Taking the acre foot, it is the equivalent of about 3,500 pounds of carbon discharged into the atmosphere as carbon dioxide. Applying that to the UK, where there are about two million acres under organic cultivation, about three million tonnes of carbon is being locked up.

"If the government succeeds in its objective – which I think they will – to

triple the area under organic cultivation by 2010 compared with a 2001 base, that figure could rise to about 4.5 million tonnes of carbon." The significance of that, said Michael Meacher, is that Britain has to reduce greenhouse gas emissions by about 22 million tonnes to meet its obligations under the Kyoto treaty. "So, 4.5 million tonnes out of 22 million tonnes is 20 per cent. This is a very striking conclusion that has not yet registered on policy makers and we need to make sure it does."

At the conference, Lawrence Woodward, director of Elm Farm Research Centre, warned that Michael Meacher may be overhyping the case for organic farming. "I can't see the use of organic farming being other than marginal in controlling global warming." He said that preserving tropical rainforests and reducing the consumption of non-renewable energy by cutting out the transportation of food across the world, for example, were far more important. "That's where organic farming has a role – in leading the food industry to a different system" he added.

"I am not for one moment suggesting that we just rely on agriculture or carbon sinks" said Michael Meacher. "Of course, we must shift away from fossil fuels, from oil and natural gas to renewable sources of energy, such as wind, biomass and solar. We must reduce the effects of transport fuels in global warming and the enormous waste of energy from domestic households. All of that is true – that's the main way to do it. But it is very foolish to underestimate the importance of the carbon sink as one of the ways in which we can reach our targets."

Precisely why organic soils sink more carbon than the non-organic equivalents is easier to understand from the Rodale data. Michael Meacher said that soil microbes have a very particular role: mycorrhizal fungi, for example, bind soil particles together and help to build up a carbon bank. Soluble nitrogen fertilisers used in non-organic farming tend to break up the soil and release carbon to the air.

"Organic farming can play a crucial role in reducing greenhouse gas emissions"

Agriculture gives off methane, another important greenhouse gas which – molecule for molecule – is 63 times more potent than carbon dioxide. "Over the last century, the level of methane in the atmosphere has tripled" said Michael Meacher. Methane can be dealt with by oxidation, most of which takes place in the atmosphere. "But we do know that a significant amount of oxidation is done by soil microbes. Unfortunately, soluble nitrogen fertilisers destroy soil microbes which are oxidating methane. Again, it is very important that we reduce methane emissions but also maximise the use of existing soil microbes to neutralise that effect." **OF**