



---

## Woelen van blijvend grasland op een zandgrond: effecten op bodemstructuur, beworteling en grasopbrengst

Herman de Boer, Joachim Deru en Nick van Eekeren



LIVESTOCK RESEARCH  
WAGENINGEN **UR**

---



---

# Woelen van blijvend grasland op een zandgrond: effecten op bodemstructuur, beworteling en grasopbrengst

**LOUIS BOLK**  
I N S T I T U U T



Dit onderzoek is door Wageningen UR Livestock Research en het Louis Bolk Instituut uitgevoerd voor ZuivelNL

Wageningen UR Livestock Research  
Wageningen, maart 2016

---

Livestock Research Rapport 947



**LIVESTOCK RESEARCH**  
WAGENINGEN **UR**

---

---

Herman de Boer, Joachim Deru, Nick van Eekeren, 2016. Woelen van blijvend grasland op een zandgrond: effecten op bodemstructuur, beworteling en grasopbrengst; *Wageningen*, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 947

© 2016 Wageningen UR Livestock Research, Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, E info.livestockresearch@wur.nl, www.wageningenUR.nl/livestockresearch. Livestock Research is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op als onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponereerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Livestock Research Rapport 947

---

# Inhoud

<b>Woord vooraf</b>	<b>5</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>9</b>
<b>2 Materiaal &amp; methoden</b>	<b>11</b>
2.1 Proefveld	11
2.2 Proefopzet	12
2.3 Proefuitvoer	12
2.4 Statistische analyse	15
<b>3 Resultaten</b>	<b>16</b>
3.1 Aanleg	16
3.2 Indringingsweerstand bodem	17
3.3 Visuele beoordeling bodemstructuur en beworteling	19
3.4 Wortelmassa	25
3.5 Botanische samenstelling	27
3.6 Bovengrondse stikstofopname	28
3.7 Bovengrondse drogestofopbrengst	30
<b>4 Discussie</b>	<b>35</b>
4.1 Bodemstructuur	35
4.2 Beworteling	35
4.3 Botanische samenstelling	36
4.4 Bovengrondse stikstofopname	36
4.5 Bovengrondse drogestofopbrengst	37
4.6 Synthese van alle resultaten	38
<b>Conclusies</b>	<b>40</b>
<b>Aanbevelingen voor de praktijk</b>	<b>41</b>
<b>Referenties</b>	<b>42</b>
<b>Bijlagen</b>	<b>43</b>
Bijlage 1. Perceelsbeoordeling	43
Bijlage 2. Proefveldschema	44
Bijlage 3. Maaidatums	45
Bijlage 4. Bovengrondse stikstofopname en drogestofopbrengst per snede	46

---

---

# Woord vooraf

Het nut van woelen van blijvend grasland met bodemverdichting is door de jaren heen vaak bediscussieerd in de praktijk, maar tot nu toe nog weinig onderzocht. Met het onderzoek in dit rapport is geprobeerd om de effecten van woelen meer systematisch te onderzoeken, met niet alleen aandacht voor wat er boven de grond gebeurt, maar ook voor wat er onder de grond gebeurt en hoe boven- en ondergrondse effecten elkaar beïnvloeden. Met het onderzoek in dit rapport hopen we een bijdrage te leveren aan een onderbouwde discussie over het nut van het woelen van verdicht grasland.

Wij danken Jos de Kleijne voor het ter beschikking stellen van het proefperceel en zijn medewerking bij de proefuitvoer; PPO Vredepeel (Vredepeel) voor het verzorgen van de proefuitvoer; Evers Agro BV (Almelo) voor het beschikbaar stellen van een graslandwoeler met begeleiding; Vredo Dodewaard BV (Dodewaard) voor het beschikbaar stellen van een Vredo DZ Agri Air doorzaaimachine inclusief transport en begeleiding; Coen ter Berg (Coen ter Berg Landbouwkundig Advies, Blankenham) voor de visuele beoordeling van de bodemstructuur en beworteling; Henk Schilder (WLR) voor de botanische kartering; en Bert Philipsen (Livestock Research) en Jan Rinze van der Schoot (Praktijkonderzoek Plant en Omgeving) voor hun review van een conceptversie van dit rapport. Het onderzoek in dit rapport werd gefinancierd door ZuivelNL ([www.zuivelnl.org](http://www.zuivelnl.org)).

Herman de Boer  
*Projectleider*





---

# Samenvatting

Bodemverdichting kan de opbrengst van blijvend grasland verminderen door negatieve effecten op de beworteling en de activiteit van het bodemleven. Hierdoor kan de opname van nutriënten, zoals stikstof (N), negatief beïnvloed worden, en daarmee ook de benutting van meststoffen. Door een slechtere beworteling kan ook de droogtegevoeligheid van het grasland toenemen, waardoor de botanische samenstelling kan verslechteren en het grasland eerder vernieuwd moet worden. Vanwege de kans op negatieve effecten is het belangrijk om bodemverdichting te voorkomen en waar aanwezig op te heffen. Bodemverdichting in de bouwvoor (0-30 cm) wordt traditioneel opgeheven door het grasland te ploegen en opnieuw in te zaaien. Deze methode is ingrijpend en heeft belangrijke nadelen, zoals relatief hoge kosten, verlies van organische stof, verlies van nutriënten en verlies van bodembiodiversiteit. Een minder ingrijpende maatregel is het woelen van grasland. Hierbij wordt de bodem met een graslandwoeler tot bouwvoordiepte opgetild en weer neergelaten, waarbij de graszode intact blijft. Door de ontstane golfbeweging breken storende lagen en verdichte stukken grond in kleinere delen, waardoor de bodemstructuur verbetert. Bij voldoende effectiviteit kan woelen mogelijk toegepast worden als een onderhoudsmaatregel om de levensduur van blijvend grasland te verlengen. Woelen van blijvend grasland wordt in Nederland nog weinig toegepast en is onder Nederlandse omstandigheden nog weinig onderzocht. Uit internationaal onderzoek blijkt dat woelen positieve effecten kan hebben op de bodemstructuur en beworteling maar niet duidelijk leidt tot een hogere grasopbrengst. In eerder Nederlands onderzoek gaf woelen een (kortdurende) verbetering van de bodemstructuur maar niet van de grasopbrengst. Op basis van dit onderzoek werd de hypothese opgesteld dat woelen mogelijk gecombineerd moet worden met doorzaai met een snel wortelend gewas. Door een meer agressieve wortelgroei van de doorgezaaide jonge planten kunnen de bij woelen ontstane nieuwe holtes mogelijk sneller met wortels gevuld worden, waardoor een verbetering van de bodemstructuur langer in stand kan blijven. Om deze hypothese te testen werd in 2014 nieuw onderzoek gestart. Op 19 mei en 15 september 2014 werden veldjes op een perceel matig verdicht blijvend grasland op een zandgrond in Noord-Brabant eenmalig gewoeld tot een diepte van 25 cm. De gewoelde en niet gewoelde veldjes werden wel of niet doorgezaaid, met als doorzaaigewas Italiaans raaigras of haver. Na behandeling werd op meerdere tijdstippen een aantal bodem- en gewaseigenschappen gemeten. Ondergronds waren dit de indringingsweerstand van de bodem, de bodemstructuur (visuele score), de wortelmasse, de worteldichtheid (visuele score) en de verhouding jonge/oude wortels (visuele score). Bovengronds waren dit de drogestofopbrengst en N-opname; bij de voorjaarsbehandeling voor bijna twee groeiseizoenen (2014 + 2015) en bij de najaarsbehandeling voor één groeiseizoen (2015). Een aantal maanden na behandeling werd ook de botanische samenstelling bepaald. De resultaten laten zien dat woelen een duidelijke verbetering gaf van de bodemstructuur en beworteling. Deze verbetering duurde tenminste tien tot twaalf maanden (=maximale meetduur), maar gaf geen hogere grasopbrengst of N-opname. Deze resultaten zijn grotendeels in overeenstemming met de resultaten van internationaal onderzoek. De combinatie van woelen en doorzaai met haver of Italiaans raaigras gaf geen duidelijk betere resultaten, hoewel na de najaarsbehandeling in 2014 de N-opname over 2015 hoger was bij woelen en doorzaai met Italiaans raaigras ( $292 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) vergeleken met alleen woelen ( $272 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) of de onbehandelde controle ( $265 \text{ kg N ha}^{-1}$ ). De N-opname bij woelen en doorzaai met Italiaans raaigras ( $292 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) was ook hoger dan bij woelen en doorzaai met haver ( $262 \text{ kg N ha}^{-1}$ ). Alleen woelen in het voorjaar van 2014 gaf in dat groeiseizoen een  $13 \text{ kg N ha}^{-1}$  hogere N-opname vergeleken met de controle, terwijl over het volgende groeiseizoen de N-opname  $14 \text{ kg N ha}^{-1}$  lager was. Dit effect wordt verklaard door verschillen in mineralisatie van organische N in de bodem als gevolg van de structuurverbetering door woelen. Alleen doorzaai met Italiaans raaigras in het voorjaar van 2014 gaf in het groeiseizoen van 2015 een hogere N-opname ( $279 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) vergeleken met de controle zonder doorzaai ( $268 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) of alleen doorzaai met haver ( $264 \text{ kg N ha}^{-1}$ ). Alleen doorzaai met Italiaans raaigras of haver in het voorjaar van 2014 had over bijna twee groeiseizoenen geen effect op de totale grasopbrengst vergeleken met de onbehandelde controle; bij doorzaai met Italiaans raaigras werd een (niet-betrouwbare) lagere opbrengst over het eerste groeiseizoen gevolgd door een 5% hogere opbrengst over het tweede. Zowel bij voor- als najaarswoelen daalde het aandeel Engels raaigras in de zode licht

---

(-3% aandeel in bezetting). Bij voorjaarswoelen ging dit samen met een duidelijke toename van het aandeel Italiaans raaigras (van 4 tot 9% aandeel). Woelen van grasland, zoals uitgevoerd in dit onderzoek, gaf geen blijvende schade aan de graszode of -wortels. Negatieve effecten van woelen in het late voorjaar op de grasopbrengst en N-opname werden later in het seizoen weer gecompenseerd. Eind september lijkt desondanks het meest geschikte tijdstip voor woelen: de opbrengstderving daarna is klein, de temperatuur is nog voldoende hoog voor herstelgroei van de wortels, en de bodem heeft tot aan het volgende voorjaar de tijd om te bezakken. De resultaten van dit onderzoek geven nog niet de indruk dat het volvelds woelen van grasland met een (matig) verdichte bouwvoor een goede methode is om de drogestofopbrengst en N-opname te verhogen en de levensduur te verlengen. In situaties met een ernstigere verdichting, zowel plaatselijk als volvelds, heeft het mechanisch opheffen hiervan mogelijk wel positieve effecten.

---

# 1 Inleiding

Bodemverdichting kan de opbrengst van blijvend grasland verminderen door negatieve effecten op de beworteling en de activiteit van het bodemleven. De beworteling kan verslechteren door de aanwezigheid van minder zuurstof in de bodem en meer fysieke weerstand. Het bodemleven wordt zowel negatief beïnvloed door minder zuurstof in de bodem als door een afname van de beschikbaarheid van voeding via de wortels. Bij een lagere activiteit van het bodemleven kunnen er minder nutriënten vrijkomen door mineralisatie. Bij een slechtere beworteling (ondieper en/of minder intensief) kunnen nutriënten door het gras minder goed uit de bodem opgenomen en benut worden. Een lagere activiteit van het bodemleven kan leiden tot een verdere verslechtering van de bodemstructuur en daarmee van de wortelgroei en mineralisatie. Door een afname van het doorwortelde bodemvolume kan ook de droogtegevoeligheid van het grasland toenemen. De kans op deze negatieve effecten maken het belangrijk om bodemverdichting te voorkomen en bij aanwezigheid op te heffen.

Bodemverdichting in de bouwvoor (0-30 cm) kan opgeheven worden door het grasland te ploegen en opnieuw in te zaaien. Deze methode is ingrijpend en heeft belangrijke nadelen zoals relatief hoge kosten, verlies van organische stof, verlies van stikstof en andere nutriënten en verlies van bodembiodiversiteit. Een minder ingrijpende maatregel is het woelen/losmaken van grasland. Hierbij wordt de bodem met een graslandwoeler tot bouwvoordiepte opgetild en weer neergelaten, waarbij de graszode intact blijft. Door de ontstane golfbeweging breken storende lagen en verdichte stukken grond in kleinere delen, waardoor de bodemstructuur verbetert. Bij voldoende effectiviteit kan woelen mogelijk toegepast worden als een onderhoudsmaatregel om de levensduur van blijvend grasland te verlengen. Woelen van blijvend grasland wordt in Nederland nog weinig toegepast en er is onder Nederlandse omstandigheden nog weinig onderzocht.

Het woelen van een grasland op een zandgrond in het voorjaar van 2007 gaf in onderzoek door Van Eekeren & Ter Berg (2008) een tijdelijke (vier maanden) verbetering van de bodemstructuur. De grasopbrengst op jaarbasis werd door het woelen niet beïnvloed. In Engeland gaf woelen een ruime verdubbeling van de grasopbrengst, van ruim 5 tot 12 ton DS ha<sup>-1</sup> (Davies et al., 1989). De verdichting in dat onderzoek werd echter vooral veroorzaakt door een laag kiezel en de resultaten zijn daarom moeilijk te vertalen naar Nederlandse omstandigheden. Relatief veel relevant onderzoek aan het woelen van grasland is uitgevoerd in Nieuw-Zeeland. Burgess et al. (2000) vonden positieve effecten van 22 cm diep woelen van 20 jaar oud beweid grasland, laat in het (Nieuw-Zeelandse) voorjaar, op de bedekking, bodemstructuur en wortelopbrengst. De grasopbrengst, botanische samenstelling en wortellengte werden echter niet beïnvloed. Na 40 weken verslechterde de bodemstructuur weer naar het niveau van de niet gewoelde controle, en alleen de meest gevoelige bodemstructuurkenmerken waren nog significant (=betrouwbaar) beter (o.a. indringingsweerstand en macroporositeit). Burgess et al. (2000) constateerden op basis hiervan dat woelen mogelijk jaarlijks uitgevoerd moet worden om een verbetering van de bodemstructuur in stand te houden. Daarnaast constateerden ze ook dat er in het voorjaar slechts een korte periode is waarin het woelen succesvol uitgevoerd kan worden, en dat het najaar mogelijk een meer geschikt tijdstip is. Harrison et al. (1994) vonden positieve effecten van het 27 cm diep woelen van acht jaar oud grasland op de bulkdichtheid, porositeit, wortellengte en grasopbrengst. Opmerkelijk genoeg werd het positieve effect van woelen op de wortellengte pas na ruim een jaar zichtbaar. Drewry et al. (2000) vonden positieve effecten van 25-30 cm diep woelen in voor- en najaar van 10 jaar oud beweid grasland (schapen) op de bodemstructuur, maar niet op de grasopbrengst. Verbeteringen in de bodemstructuur waren 2,5 jaar na het woelen nog aanwezig, vooral dieper in de bodem (18-24 cm). Daarboven was de bodem weer verdicht. Bij het Nieuw-Zeelandse onderzoek is het van belang om op te merken dat alle gronden een zavelachtig karakter hadden. De aanwezige kleifractie, met de daarbij behorende zwel- en krimpeigenschappen, kan in dit type bodems bijdragen aan het natuurlijk opheffen van bodemverdichting, waardoor een positief effect van woelen vooral op de wat langere termijn minder groot kan zijn. Woelen werd bij twee van de drie onderzoeken onder relatief droge omstandigheden

---

uitgevoerd, wat negatieve effecten had op herstel van de wortels en op de drogestofopbrengst. De opbrengstbepalingen werden vaak op erg kleine oppervlakten uitgevoerd (0,49 m<sup>2</sup>, 1,25 m<sup>2</sup> en 2-3 m<sup>2</sup>); door een grote randomvariatie is het dan lastig om eventuele verschillen tussen behandelingen betrouwbaar vast te stellen. Alle bovenstaande auteurs melden niet-betrouwbare ( $P > 0,05$ ) hogere grasopbrengsten als gevolg van woelen.

Van Eekeren & Ter Berg (2008) woelden grasland in het voorjaar. De hypothese hierbij was dat de snelle wortelgroei in het voorjaar zou leiden tot een snelle opvulling van de als gevolg van woelen ontstane nieuwe holtes (macroporiën), waardoor een verbetering van de bodemstructuur langer in stand zou blijven. Dit effect werd echter niet gerealiseerd. Van Eekeren & Ter Berg (2008) suggereerden dat woelen mogelijk frequenter in het seizoen moet worden uitgevoerd of gecombineerd moet worden met het doorzaaien van gras, vanwege een mogelijk meer agressieve wortelgroei van jonge planten. In 2014 werd nieuw onderzoek gestart om het gecombineerde effect van woelen en doorzaaien te onderzoeken en daarbij de hypothese van Van Eekeren & Ter Berg (2008) te testen. Het doel was om te onderzoeken of de combinatie van woelen en doorzaaien leidt tot een langer (dan vier maanden) durende verbetering van de bodemstructuur en beworteling en tot een hogere grasopbrengst. De combinatie van woelen & doorzaaien werd zowel in het voor- als najaar uitgevoerd, op een perceel matig verdicht blijvend grasland op een zandgrond in Noord-Brabant.

## 2 Materiaal & methoden

### 2.1 Proefveld

Het onderzoek werd in 2014 en 2015 uitgevoerd op een perceel blijvend grasland op zandgrond in Landhorst (Noord-Brabant) (51°61'N, 5°80'E). Het perceel was deels omgeven door bos (Foto 1) en was vanwege de lage ligging relatief weinig droogtegevoelig.



**Foto 1** Aanblik van het proefperceel op 31 oktober 2014, met links en achteraan de bosrand.

Het grasland was negen jaar oud en bestond uit een mengsel van overwegend Engels raaigras (*Lolium perenne* L.) en witte klaver (*Trifolium repens* L.). Het perceel werd vooral gemaaid en soms beweid met jongvee. De resultaten van een bodembemonstering zijn gegeven in Tabel 1 en de resultaten van een visuele perceels- en bodembeoordeling in Bijlage 1.

**Tabel 1**

*Resultaten bodemanalyse 8 mei 2014*

Parameter	Bodemlaag (cm)		Eenheid
	0 - 10	10 - 30	
Organische stof	4,0	2,4	% in droge grond
pH-KCl	5,1	5,0	-
N-totaal	1,57	0,80	g N kg <sup>-1</sup> droge grond
P-Al	57	63	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 100 <sup>-1</sup> g droge grond
K-HCl	5	16	mg K <sub>2</sub> O 100 <sup>-1</sup> g droge grond
C-totaal	1,8	1,1	g C 100 <sup>-1</sup> g droge grond
C/N-verhouding	11	14	-

## 2.2 Proefopzet

De proef is opgezet als een gerandomiseerde blokkenproef met twee behandelingstijdstippen: voor- of najaar van 2014. Per tijdstip werd een apart proefveld aangelegd; de twee proefvelden lagen naast elkaar. De behandelingen werden per proefveld vijf keer herhaald in vijf blokken. De behandelingen per tijdstip bestonden uit alle mogelijke combinaties van de factoren wel/niet woelen, wel/niet doorzaaien en type doorgezaaid gewas (Tabel 2). Per tijdstip werden alle behandelingen éénmalig uitgevoerd. De doorgezaaide gewassen waren Italiaans raaigras (*Lolium multiflorum* Lam. cv. Mont Blanc) en haver (*Avena sativa* L. cv. Ratjar). Per proefveld was er sprake van zes behandelingen en 30 veldjes. De bruto veldjesgrootte was 10 x 2,7 m. Een overzicht van het proefveldschema is gegeven in Bijlage 2.

Tabel 2

Overzicht van de behandelingscombinaties

Woelen	Doorzaaien		
	Nee	Italiaans raaigras	Haver
Nee	x	x	x
Ja	x	x	x

## 2.3 Proefuitvoer

### Proefveldaanleg

Het onderzoek startte met de aanleg van het proefveld voor de voorjaarsbehandeling. Ruim voor het uitvoeren van de behandelingen werd de witte klaver doodgespoten met Starane. Het doel hiervan was om te voorkomen dat er vanwege variatie in klaveraandeel tussen veldjes er extra random variatie zou ontstaan, waardoor het lastiger zou zijn om verschillen tussen behandelingen betrouwbaar aan te tonen. De voorjaarsbehandelingen werden twee weken na de praktijkogst van de eerste snede (5 mei) uitgevoerd. Zowel bij de voor- als najaarsbehandeling werd het gras enkele dagen voor de proefuitvoer geklepeld, om te voorkomen dat de hergroei een te groot concurrentievoordeel zou hebben ten opzichte van de kiemplantjes van de door te zaaien gewassen. Het proefveld met de najaarsbehandeling werd tot het moment van aanleg/uitvoering gangbaar beheerd. Ook bij dit proefveld werd ruim voor de uitvoer van de behandelingen de witte klaver doodgespoten. De voor- en najaarsbehandeling werden uitgevoerd op respectievelijk maandag 19 mei en maandag 15 september 2014. Bij uitvoer van de behandelingen werd er eerst doorgezaaid en daarna gewoeld. De manier van doorzaaien en woelen, de gebruikte zaaizaadhoeveelheden en de zaaidiepte waren gelijk bij de voor- en najaarsbehandeling.

### Doorzaaien

Doorzaai werd uitgevoerd met een Vredo Agri Air pneumatische doorzaaimachine met een werkbreedte van 2,5 m en een rijafstand van 7,5 cm (Vredo Dodewaard B.V., Dodewaard). Per gewas werd voorafgaande aan het doorzaaien een afdraaioproef uitgevoerd om de juiste afgifte van de hoeveelheid zaaizaad in te stellen. De hoeveelheid zaaizaad was 25 kg ha<sup>-1</sup> voor Italiaans raaigras en 50 kg ha<sup>-1</sup> voor haver. De maximale zaaidiepte van de machine was ongeveer 3 cm; de zaaidiepte werd ingesteld op 1-2 cm voor Italiaans raaigras en op 3 cm voor haver.

### Woelen

Na het doorzaaien werden de betreffende proefveldjes gewoeld met een Evers Agro graslandwoeler met een werkbreedte van 2,4 m, een afstand tussen de beitels van 60 cm en een beitelbreedte van 20 cm (Evers Agro B.V., Almelo). De gebruikte tractor had een vermogen van 160-170 pk. Bij het woelen werd de bodemlaag 0-25 cm, inclusief graszode, in zijn geheel ongeveer 15 cm opgetild en weer neergelaten (Foto 2). Hierdoor ontstond een golfbeweging, waardoor verdichte stukken grond in kleinere stukjes konden breken. De woelbewerking werd door de gekozen combinatie van beitelafstand en beitelbreedte vrijwel volvelds uitgevoerd. De gerealiseerde (gemeten) woeldiepte was 25 cm.

## Bemesting

In 2014 was de praktijkbemesting voor de eerste snede 2 x 20 ton ha<sup>-1</sup> runderdrijfmest en iets minder dan 200 kg KAS met zwavel (24% N, 15% SO<sub>3</sub>). Het proefveld met voorjaarsbehandeling werd voor de tweede, derde, vierde en vijfde snede bemest met respectievelijk 60, 60, 50 en 30 kg N ha<sup>-1</sup> uit KAS (27% N). Het proefveld met najaarsbehandeling werd tot de vierde snede bemest volgens het gangbare beheer. De vijfde snede werd niet bemest, omdat er in het najaar meestal ruim voldoende opneembare N in de bodem aanwezig is. In 2014 werden de proefvelden niet aanvullend bemest met P of K uit kunstmest. In 2015 werden beide proefvelden voor de eerste, tweede, derde en vierde snede bemest met respectievelijk 90, 70, 60 en 50 kg N ha<sup>-1</sup> uit KAS (27% N). De vijfde snede werd evenals in 2014 niet bemest. In 2015 werden beide proefvelden voor de eerste, tweede en derde snede aanvullend bemest met respectievelijk 120, 100 en 80 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> uit Kali 60 (60% K<sub>2</sub>O).



**Foto 2**      *Detailaanzicht van de graslandwoeler in werking, met opgetilde bouwvoor*

## Meting indringingsweerstand bodem

De indringingsweerstand werd gemeten bij de behandelingen 'niet woelen/niet doorzaaien', 'niet woelen/doorzaai Italiaans raaigras', 'woelen/niet doorzaaien', en 'woelen/doorzaai Italiaans raaigras'. Na de voorjaarsbehandeling werd in juni 2014, september 2014 en maart 2015 gemeten; na de najaarsbehandeling in november 2014, maart 2015 en september 2015. De metingen werden uitgevoerd met een elektronische penetrologger (Eijkelkamp, Giesbeek) met een conusoppervlak van 1 cm<sup>2</sup> en een apex-hoek van 60°. Per veldje werd tien keer aselekt en minimaal 50 cm vanaf de rand van 0 tot 40 cm diepte onder het maaiveld gemeten. De meetwaarden werden weergegeven per cm diepte. De metingen van 19 juni 2014 in gewoelde veldjes zijn, anders dan de latere metingen, uitgevoerd op een parallelle lijn op ca. 15 cm afstand van het spoor van de woelpoot. Bij latere metingen was deze aanpak niet meer mogelijk omdat de sporen van de woelpoot niet meer duidelijk zichtbaar waren.

## Visuele beoordeling bodemstructuur en beworteling

Na uitvoer van de behandelingen werden de bodemstructuur en de beworteling visueel beoordeeld. De beoordeling werd na de voorjaarsbehandeling uitgevoerd op 25 juni 2014, 25 september 2014 en 25 maart 2015 en na de najaarsbehandeling op 25 maart en 9 juli 2015. Op 9 juli 2015 werden alle veldjes beoordeeld; op alle andere datums alleen de veldjes met en zonder woelen. De visuele beoordelingen werden uitgevoerd aan bodemlaag 0-25 cm en bodemlaag 25-45 cm, door een ervaren bodemkundige (Coen ter Berg). De beoordelingen waren relatief en afhankelijk van de verschillen die per tijdstip tussen de veldjes werden waargenomen. Voor de beoordeling werd per veldje een kluit uitgegraven en opengebrouwen, zowel in de lengte als in de breedte. Beoordeeld werden de bodemstructuur (schatting % kruimels, % ronde kluiten en % scherpgerande kluiten), de beworteling (score 1-10, 1 voor geen wortels en 10 voor bovengemiddeld veel), jonge wortels (schatting % van totaal), het aantal aangetroffen regenwormen en de aanwezigheid van wormengangen (score 1-10, 1 voor geen wormen en 10 voor bovengemiddeld veel). Een voorbeeld van een opengebrouwen kluit van laag 0-25 cm is gegeven in Foto 3 en van laag 25-45 cm in Foto 4.



**Foto 3** *Detailaانبlik van een bodemkluit (gekanteld) van laag 0-25 cm van veldje 30, bij de visuele beoordeling van de bodemstructuur en beworteling op 25 september 2014*



**Foto 4** *Detailaانبlik van een bodemkluit (gekanteld) van laag 25-45 cm van veldje 30, bij de visuele beoordeling van de bodemstructuur en beworteling op 25 september 2014*

### Meting wortelmasse

De wortelmasse werd gemeten bij de behandelingen 'niet woelen/niet doorzaaien', 'niet woelen/doorzaai Italiaans raaigras', 'woelen/niet doorzaaien', en 'woelen/doorzaai Italiaans raaigras'. Bij de voorjaarsbehandeling werd in juni en september 2014 gemeten, bij de najaarsbehandeling in maart en september 2015. Per veldje werden per tijdstip met een wortelboor (Eijkelkamp, Giesbeek) drie onverstoorte bodemmonsters (diameter 8,2 cm) van vier bodemlagen (0-10, 10-20, 20-30 en 30-40 cm) genomen. De drie monsters werden per bodemlaag en per veldje samengevoegd voor verdere verwerking. De mengmonsters werden voorzichtig op een zeef (2 mm maaswijdte) gespoeld om de zandfractie te verwijderen. Niet-worteldeeltes werden met de hand verwijderd. De droge wortelmasse ( $\text{kg DS ha}^{-1}$ ) werd berekend na 24 uur drogen van de monsters op 70°C.



---

In maart 2015 kon bodemlaag 30-40 cm niet worden bemonsterd vanwege een te hoge grondwaterstand. Vanwege te harde grond door droogte werd de in juli 2015 geplande bemonstering uitgesteld tot september.

### Botanische kartering

Na uitvoer van de behandelingen werd een botanische kartering uitgevoerd, om de effecten van woelen en doorzaaien op de botanische samenstelling vast te stellen. De veldjes met voorjaarsbehandeling werden gekarteerd op 3 september 2014; de veldjes met najaarsbehandeling op 15 juni 2015. De kartering werd uitgevoerd door een getrainde waarnemer. Bij de kartering werd de totale bezettingsgraad van ieder veldje visueel geschat, evenals het aandeel van een aantal grassen en kruiden daarin.

### Opbrengstbepaling en grasanalyse

Het proefveld met voorjaarsbehandeling werd in 2014 vier keer geoogst en in 2015 vijf keer (Bijlage 3). Het proefveld met najaarsbehandeling werd in 2014 niet geoogst en in 2015 vijf keer. Bij de oogst werd uit het midden van een proefveldje een strook van 1,5 m breed en 10 meter lang gemaaid met een Haldrup proefvelddoogstmachine (J. Haldrup a/s, Løgstør, Denemarken). Het gras werd gemaaid op een stoppelhoogte van 6 cm, de verse opbrengst werd gewogen en daarna bemonsterd. Het monster werd vers gewogen, gedroogd op 70°C en vervolgens opnieuw gewogen. Met deze gegevens werd het drogestofgehalte van het monster berekend en daarna de drogestofopbrengst van het proefveldje. In 2014 werden de droge monsters van alle geoogste sneden op de controleveldjes en de veldjes met alleen woelen opgestuurd naar Blgg AgroXpertus (Wageningen) voor analyse op N-totaal. In 2015 werd dit gedaan voor de droge monsters van alle geoogste sneden op alle veldjes. Met het N-totaalgehalte en de drogestofopbrengst werd vervolgens de bovengrondse N-opname per veldje berekend.

## 2.4 Statistische analyse

De resultaten werden statistisch geanalyseerd met een ANOVA, uitgevoerd met statistisch pakket Genstat (17<sup>e</sup> editie). Een verschil werd als significant (= betrouwbaar) beoordeeld bij  $P < 0,05$ . De resultaten van het voor- en najaarsproefveld werden afzonderlijk geanalyseerd. Bij analyse van de resultaten van alle veldjes per proefveld was de analysestructuur als volgt:

*Blockstructure* = bloknummer  
*Treatmentstructure* = woelen (ja/nee) \* doorzaaien (ja/nee) / doorzaaigewas (geen, It. raaigras, haver)

Bij analyse van de indringingsweerstand werd het gemiddelde van de 10 metingen per bodemlaag van 10 cm gebruikt. Bij analyse van de wortelmassa, indringingsweerstand en visuele scores was de analysestructuur als volgt:

*Blockstructure* = bloknummer  
*Treatmentstructure* = woelen (ja/nee) \* doorzaaigewas (geen, It. raaigras)

Bij analyse van alleen de behandelingen met wel/niet woelen was de analysestructuur als volgt:

*Blockstructure* = bloknummer  
*Treatmentstructure* = woelen (ja/nee)

---

## 3 Resultaten

### 3.1 Aanleg

Zowel bij het voorjaars- als najaarsproefveld kon het woelen en doorzaaien goed uitgevoerd worden. Op beide momenten was de bodem goed vochtig tot nat; bij voorjaarsbehandeling was de bodem zo vochtig dat er sprake was van lichte insporing; bij najaarsbehandeling was dit minder het geval. Zowel het woelen als het doorzaaien gaf zichtbare beschadiging van de zode; dit effect was het grootst bij woelen. Een voorbeeld van de aanblik van gewoelde veldjes is gegeven in Foto 5 en een detailaانبlik van een doorgezaaid veldje in Foto 6.



**Foto 5**      *Aanblik van gewoelde (en geklepelde) veldjes op 15 september 2014*

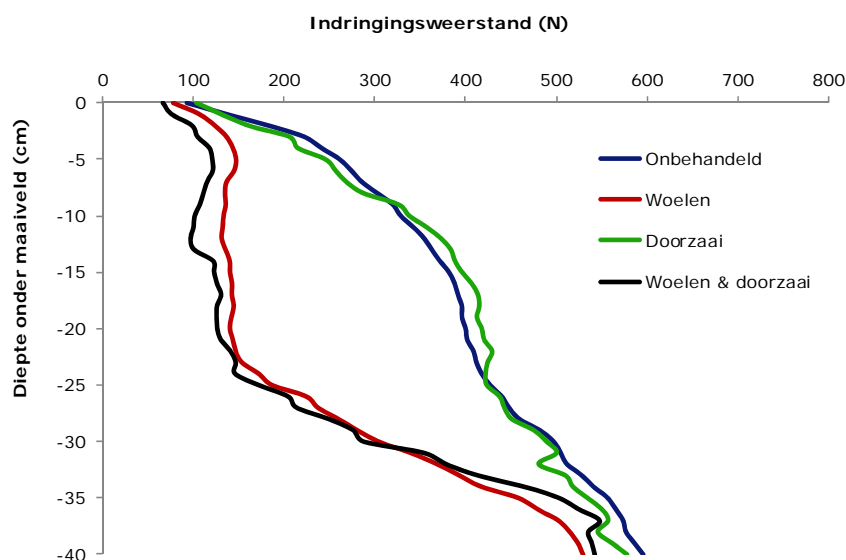


**Foto 6**      *Detailaانبlik van een doorgezaaid veldje op 19 mei 2014*

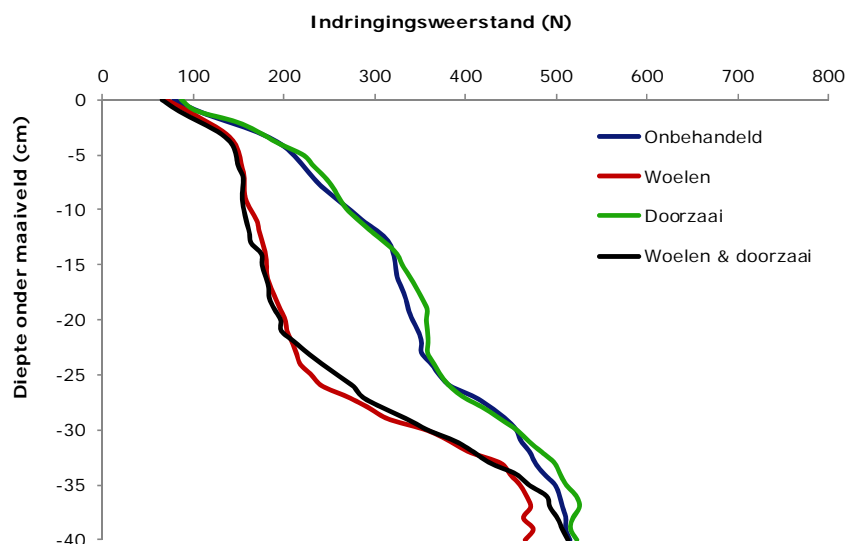
## 3.2 Indringingsweerstand bodem

### Voorjaarsbehandeling

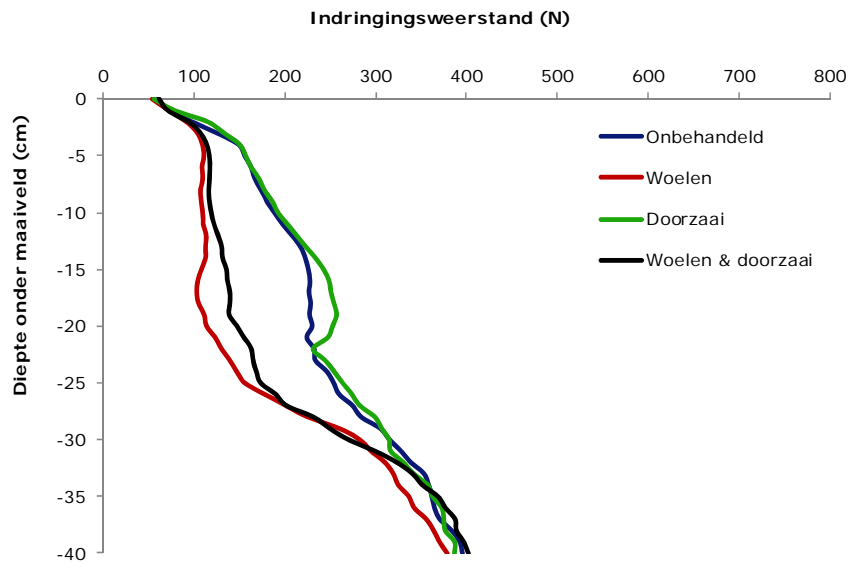
Bij de voorjaarsbehandeling was de indringingsweerstand na woelen lager dan na niet woelen, zowel na een maand (juni 2014) (Figuur 1), na vier maanden (september 2014) (Figuur 2) als na tien maanden (maart 2015) (Figuur 3). Na een tot vier maanden was de indringingsweerstand tot 40 cm diepte lager als gevolg van woelen ( $P < 0,01$ ) en na tien maanden nog steeds tot 30 cm diepte ( $P < 0,01$ ). Na tien maanden was er een effect van doorzaaien in één bodemlaag; de indringingsweerstand in bodemlaag 10-20 cm was na doorzaaien hoger vergeleken met niet doorzaaien ( $P < 0,01$ ).



**Figuur 1** Indringingsweerstand in bodemlaag 0-40 cm op 19 juni 2014, een maand na de voorjaarsbehandeling in 2014



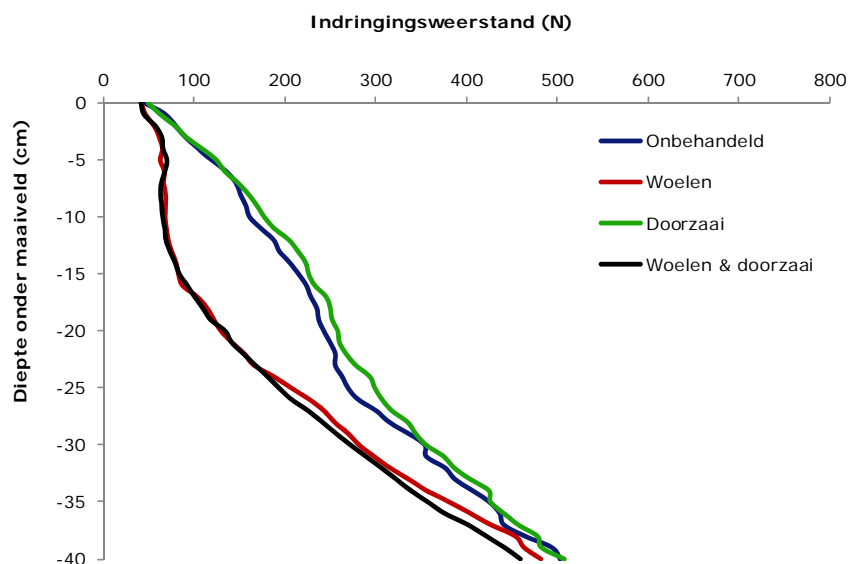
**Figuur 2** Indringingsweerstand in bodemlaag 0-40 cm op 25 september 2014, vier maanden na de voorjaarsbehandeling in 2014



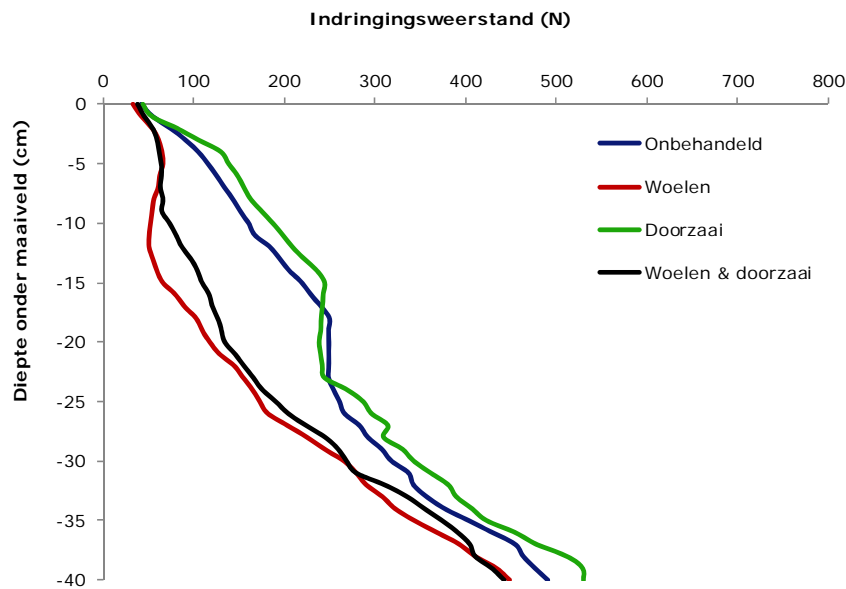
**Figuur 3** Indringingsweerstand in bodemlaag 0-40 cm op 25 maart 2015, tien maanden na de voorjaarsbehandeling in 2014

### Najaarsbehandeling

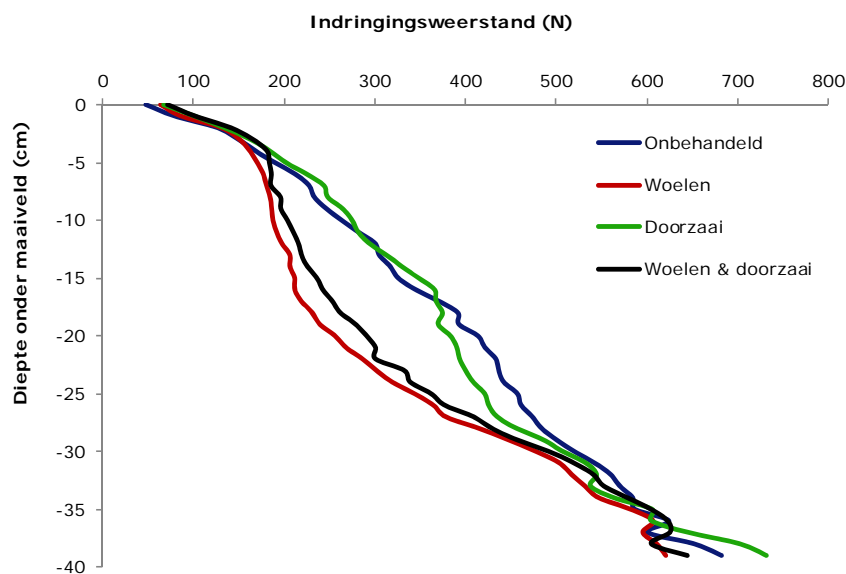
Evenals bij de voorjaarsbehandeling was ook bij de najaarsbehandeling de indringingsweerstand na woelen lager dan na niet woelen, zowel na twee maanden (november 2014) (Figuur 4), na zes maanden (maart 2015) (Figuur 5) als na een jaar (september 2015) (Figuur 6). Na twee en zes maanden was de indringingsweerstand tot 40 cm diepte lager als gevolg van woelen ( $P < 0,01$ ); na een jaar tot 30 cm diepte ( $P = 0,02$ ). Bij de meting zes maanden na de najaarsbehandeling was er een effect van doorzaaien op de indringingsweerstand; deze was na doorzaaien tot 40 cm diepte hoger vergeleken met niet doorzaaien ( $P = 0,04-0,05$ ).



**Figuur 4** Indringingsweerstand in bodemlaag 0-40 cm op 13 november 2014, twee maanden na de najaarsbehandeling in 2014



**Figuur 5** *Indringingsweerstand in bodemlaag 0-40 cm op 25 maart 2015, zes maanden na de najaarsbehandeling in 2014*



**Figuur 6** *Indringingsweerstand in bodemlaag 0-40 cm op 5 september 2015, een jaar na de najaarsbehandeling in 2014*

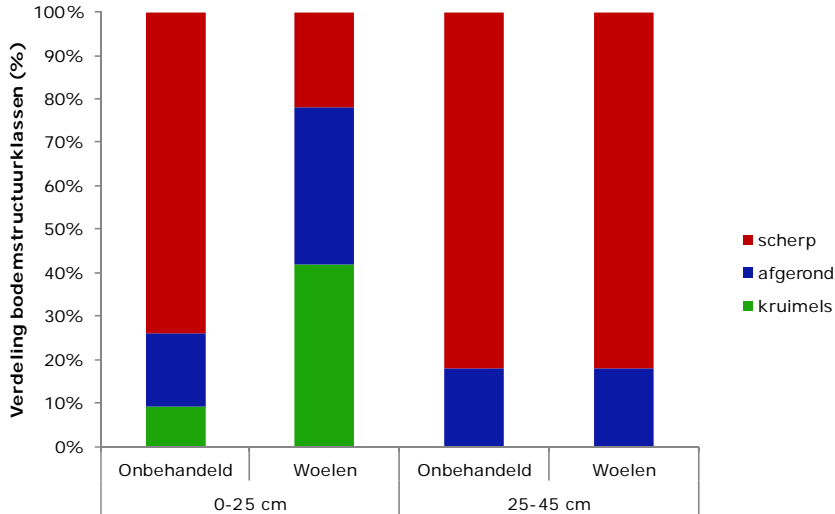
### 3.3 Visuele beoordeling bodemstructuur en beworteling

#### Voorjaarsbehandeling

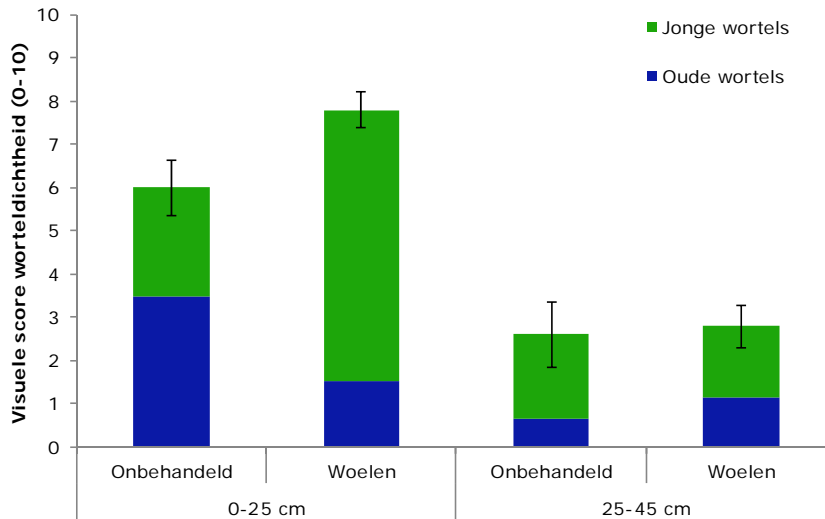
Ruim een maand na de voorjaarsbehandeling (25 juni 2014) was er in bodemlaag 0-25 cm een effect van woelen op de bodemstructuur en beworteling. Bij woelen was het aandeel kruimels hoger ( $P=0,03$ ) en het aandeel scherpgerande kluiten lager ( $P<0,01$ ) dan bij niet woelen (Figuur 7). De score voor zowel totale worteldichtheid als aandeel jonge wortels was hoger na woelen ( $P<0,01$ ) (Figuur 8). In bodemlaag 25-45 waren er geen verschillen tussen de behandelingen.

Overige observaties bij het proefveldbezoek:

- De laag 0-10 cm was droog; daaronder nam de vochtigheid toe.
- Er was geen zichtbaar verschil in vochtgehalte (kleur grond) als gevolg van woelen.
- Jonge wortels werden vooral aangetroffen in vochtige grond met een goede structuur.
- Er werden wormen, ritnaalden, keverlarven en emelten waargenomen, maar alleen in de graszode.
- In de ongewoelde bodem waren wormgangen aanwezig.



**Figuur 7** Visuele score van de bodemstructuur op 25 juni, ruim een maand na de voorjaarsbehandeling in 2014



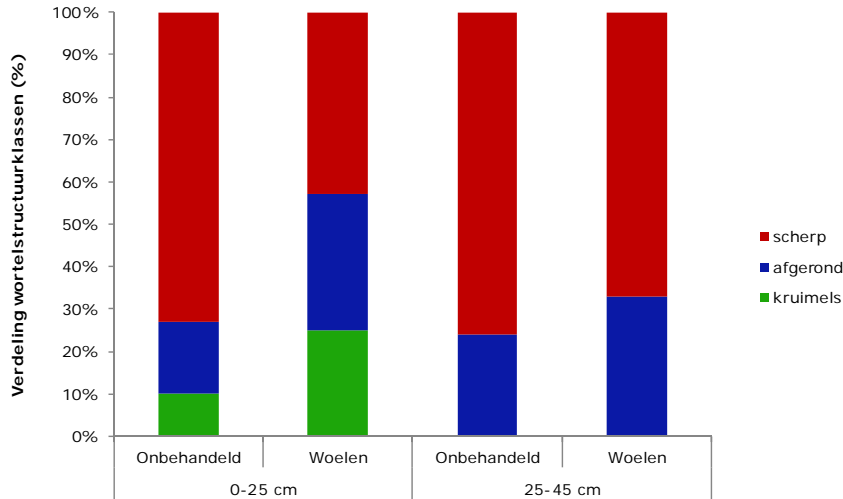
**Figuur 8** Visuele score van de worteldichtheid op 25 juni, ruim een maand na de voorjaarsbehandeling in 2014. De foutenbalk is  $\pm 2x$  de standaardfout van de score per behandeling

Vier maanden na de voorjaarsbehandeling (24 september 2014) was er in de bodemlaag 0-25 cm nog steeds een effect van woelen op de bodemstructuur en beworteling. Het aandeel kruimels was bij woelen nog steeds hoger ( $P=0,02$ ) en het aandeel scherpgerande kluiten nog steeds lager ( $P<0,01$ ) vergeleken met niet woelen (Figuur 9). De score voor zowel totale worteldichtheid als aandeel jonge wortels was nog steeds hoger na woelen ( $P=0,05$ ;  $P=0,02$ ) (Figuur 10). Ondanks de effecten was er wel sprake van een duidelijke achteruitgang in bodemstructuur en beworteling na woelen ten opzichte

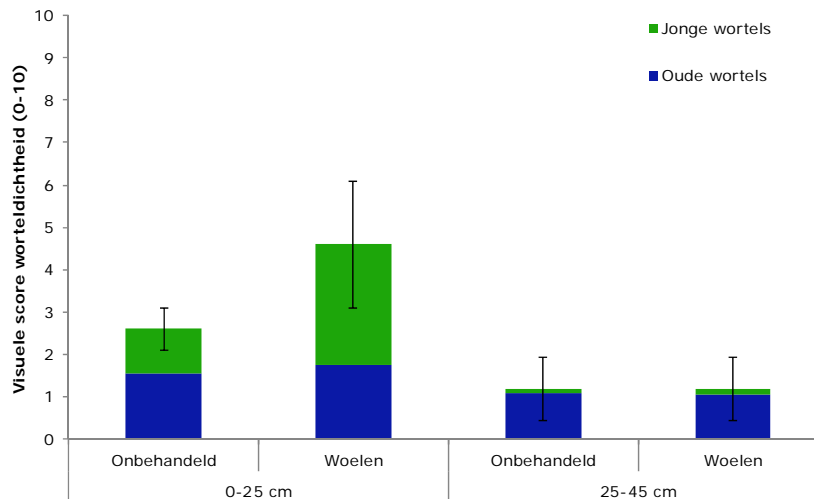
van de beoordeling drie maanden eerder. In de tussenliggende periode was in laag 0-25 cm het aandeel kruimels afgenomen van 42% naar 25% en het aandeel scherpgerande kluiten toegenomen van 22% naar 42%. In bodemlaag 25-45 cm waren er geen verschillen als gevolg van woelen.

Overige observaties bij het proefveldbezoek:

- Het bodemprofiel was tot 50 cm diepte gelijkmatig vochtig.
- Er werden vrijwel geen wormen en wormgangen aangetroffen.
- Op alle veldjes concentreerden de wortels zich in laag 0-12 cm. De niet gewoelde veldjes waren erg vast en verdicht van structuur.
- De gewoelde veldjes waren duidelijk zachter bij het graven.



**Figuur 9** Visuele score van de bodemstructuur op 24 september 2014, vier maanden na de voorjaarsbehandeling in 2014



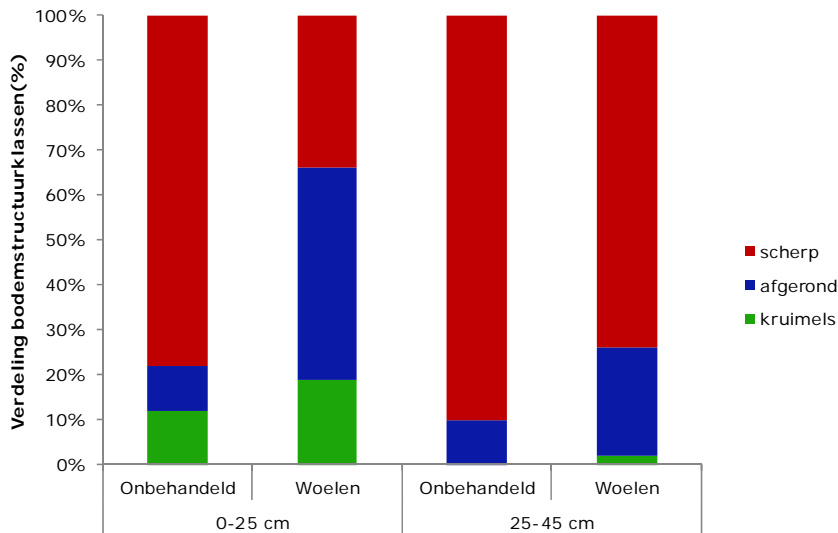
**Figuur 10** Visuele score van de worteldichtheid op 24 september 2014, vier maanden na de voorjaarsbehandeling in 2014. De foutenbalk is  $\pm 2x$  de standaardfout van de score per behandeling

Tien maanden na de voorjaarsbehandeling (24 maart 2015) waren er nog effecten van woelen op de bodemstructuur in bodemlaag 0-25 cm (Figuur 11). Het aandeel kruimels was bij woelen nog steeds hoger ( $P=0,03$ ), evenals het aandeel ronde kluiten ( $P=0,04$ ), en het aandeel scherpgerande kluiten was nog steeds lager ( $P=0,03$ ), vergeleken met niet woelen. De effecten van woelen op de totale

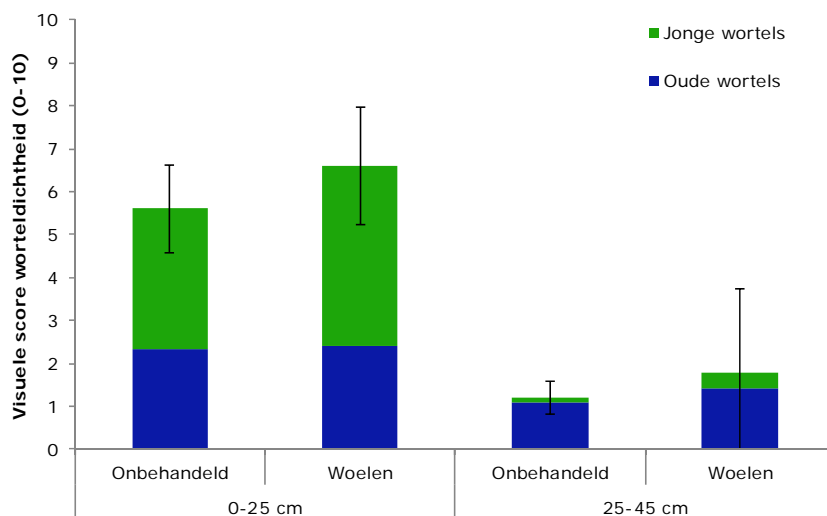
worteldichtheid en de dichtheid jonge wortels waren echter verdwenen (Figuur 12). De gewoelde veldjes toonden in maart duidelijke achteruitgang in structuur en beworteling ten opzichte van de beoordeling in september. In deze periode was in de laag 0-25 cm het aandeel kruimels afgenomen van 25% tot 19%. Het aandeel scherpgerande kluiten was in maart echter lager dan in september en de totale worteldichtheid weer hoger. In bodemlaag 25-45 cm waren er geen verschillen.

Overige observaties bij het proefveldbezoek:

- Door de natte omstandigheden was goed te zien dat de ondergrond (> 30 cm) zo verdicht was dat het water daar slecht in doordrong.
- Regenwormen werden hoofdzakelijk aangetroffen in de zode, maar hun aantal was klein.
- In de ongewoelde bodem waren wormgangen zichtbaar, met daarin bundels wortels.



**Figuur 11** Visuele score van de bodemstructuur op 25 maart 2015, tien maanden na de voorjaarsbehandeling in 2014



**Figuur 12** Visuele score van de worteldichtheid op 25 maart 2015, tien maanden na de voorjaarsbehandeling in 2014. De foutenbalk is  $\pm 2x$  de standaardfout van de score per behandeling

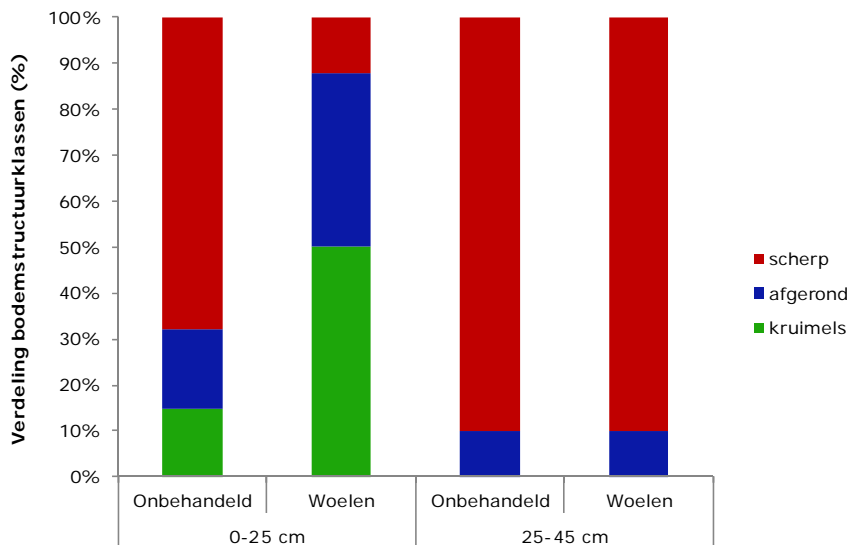


## Najaarsbehandeling

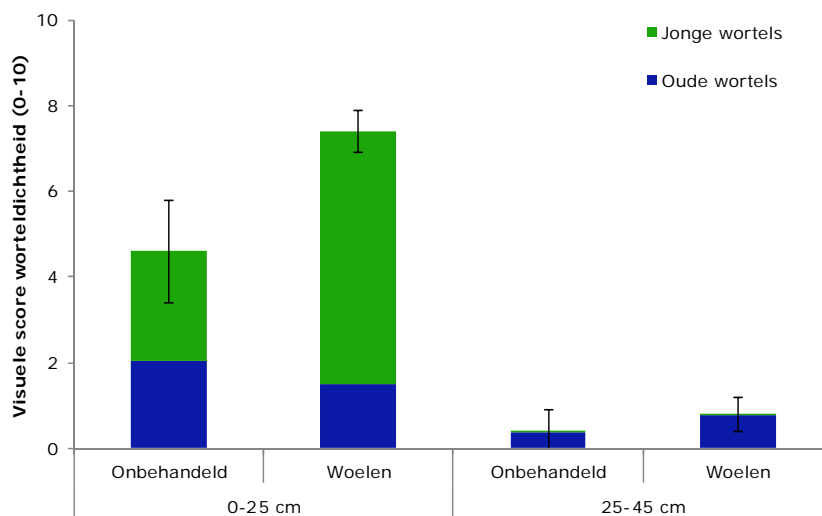
Zes maanden na de najaarsbehandeling (25 maart 2015) waren er nog effecten van woelen op de bodemstructuur en de beworteling. Het aandeel kruimels en ronde kluiten was hoger ( $P=0,05$ ;  $P=0,03$ ) vergeleken met niet woelen en het aandeel scherpgerande kluiten lager ( $P<0,01$ ) (Figuur 13). De totale worteldichtheid en de dichtheid van de jonge wortels waren hoger na woelen ( $P<0,01$ ) vergeleken met niet woelen.

Overige observaties bij het proefveldbezoek:

- Door de natte omstandigheden was goed te zien dat de ondergrond (> 30 cm) zo verdicht was dat het water daar slecht in doordrong.
- Regenwormen werden hoofdzakelijk aangetroffen in de zode, maar hun aantal was klein.
- In de ongewoelde bodem waren wormgangen zichtbaar, met daarin bundels wortels.
- Bij woelen waren in de erg losse bodemstructuur opvallend veel jonge wortels aanwezig met veel wortelharen.



**Figuur 13** Visuele score van de bodemstructuur op 25 maart 2015, zes maanden na de najaarsbehandeling in 2014

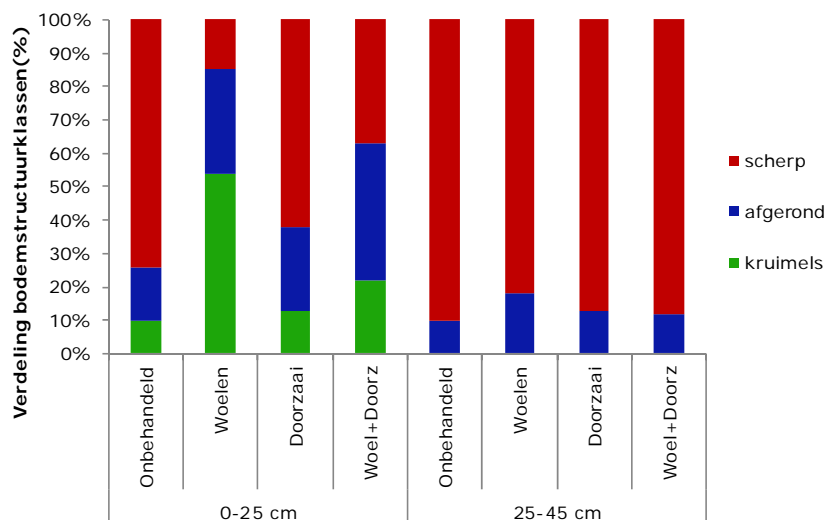


**Figuur 14** Visuele score van de worteldichtheid op 25 maart 2015, zes maanden na de najaarsbehandeling in 2014. De foutenbalk is  $\pm 2x$  de standaardfout van de score per behandeling

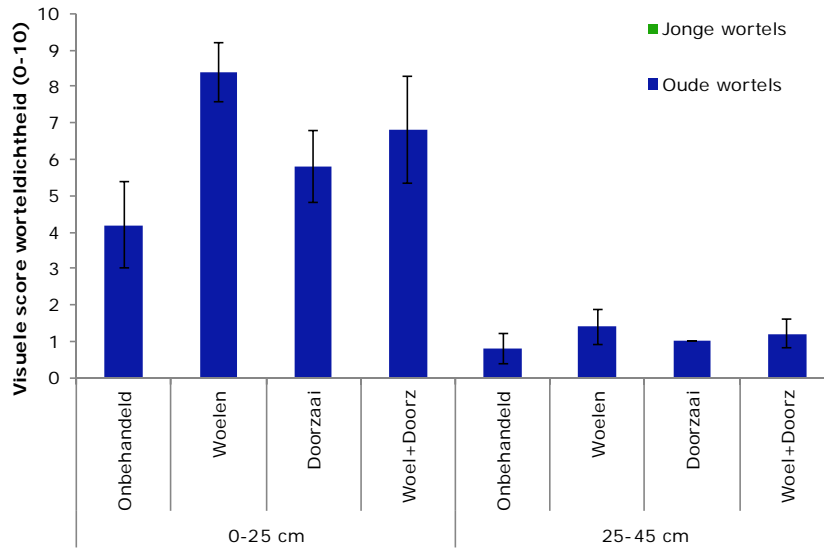
Tien maanden na de najaarsbehandeling (8 juli 2015) werden niet alleen de veldjes met en zonder woelen beoordeeld, maar ook de veldjes met en zonder doorzaai met Italiaans raaigras in combinatie met wel en niet woelen. In de laag 0-25 cm was er een effect van woelen op het aandeel kruimels ( $P < 0,01$ ), maar niet als woelen werd gecombineerd met doorzaai (Figuur 15). Alleen doorzaai had geen effect. Het aandeel ronde kluiten was na woelen groter dan na niet woelen ( $P = 0,01$ ) en het aandeel scherpgerande kluiten lager ( $P = 0,02$ ). Het aandeel scherpgerande kluiten was bij woelen met doorzaai hoger ( $P = 0,02$ ) dan bij woelen zonder doorzaai. In de laag 25-45 cm was het aandeel ronde kluiten hoger ( $P = 0,01$ ) en het aandeel scherpgerande kluiten lager ( $P = 0,01$ ) na alleen woelen vergeleken met de controle. De worteldichtheid in laag 0-25 cm was hoger na woelen, maar niet in combinatie met doorzaai ( $P < 0,01$ ) (Figuur 16). Alleen doorzaai had geen effect.

Overige observaties bij het proefveldbezoek:

- Door voorafgaande droogte werden geen jonge wortels en regenwormen gevonden en waren eventuele wormengangen niet zichtbaar.
- De bewortelde laag was zichtbaar droger (lichter van kleur) dan de grond daaronder.



**Figuur 15** Visuele score van de bodemstructuur op 8 juli 2015, tien maanden na de najaarsbehandeling in 2014

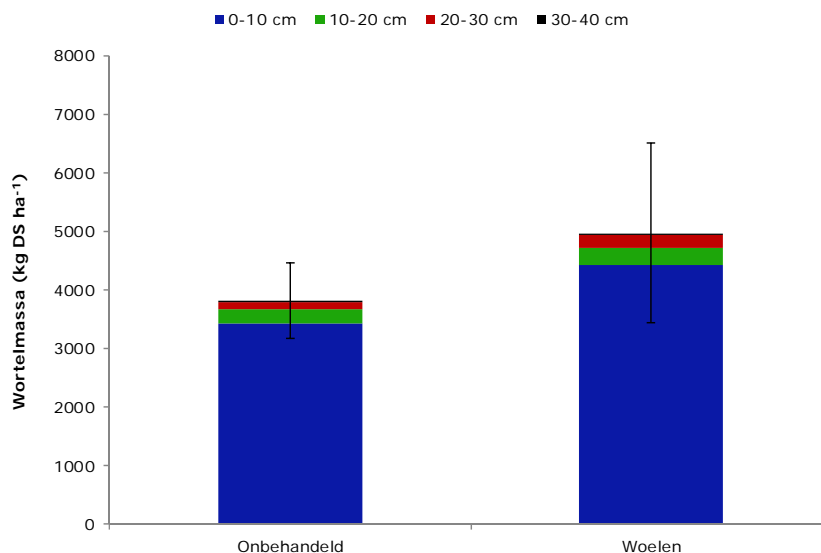


**Figuur 16** Visuele score van de worteldichtheid op 8 juli 2015, tien maanden na de najaarsbehandeling in 2014. Jonge wortels werden niet waargenomen. Foutenbalk is  $\pm 2x$  de standaardfout van de score per behandeling

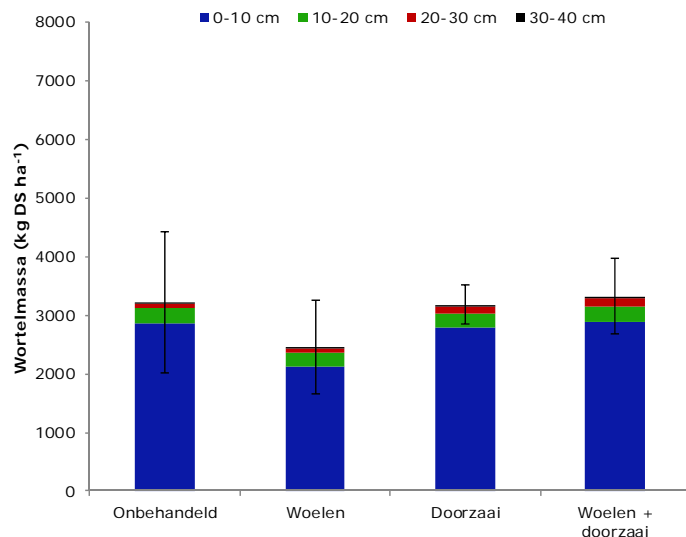
### 3.4 Wortelmasa

#### Voorjaarsbehandeling

Bij de voorjaarsbehandeling was er na een maand (juni 2014) geen betrouwbaar behandelingseffect op de totale wortelmasa of de wortelmasa per bodemlaag (Figuur 17). Na vier maanden (september 2014) was er eveneens geen betrouwbaar behandelingseffect op de totale wortelmasa. Alleen de wortelmasa in laag 20-30 cm was hoger bij doorzaaien ( $125 \text{ kg DS ha}^{-1}$ ) vergeleken met niet doorzaaien ( $77 \text{ kg DS ha}^{-1}$ ) ( $P=0,03$ ) (Figuur 18).



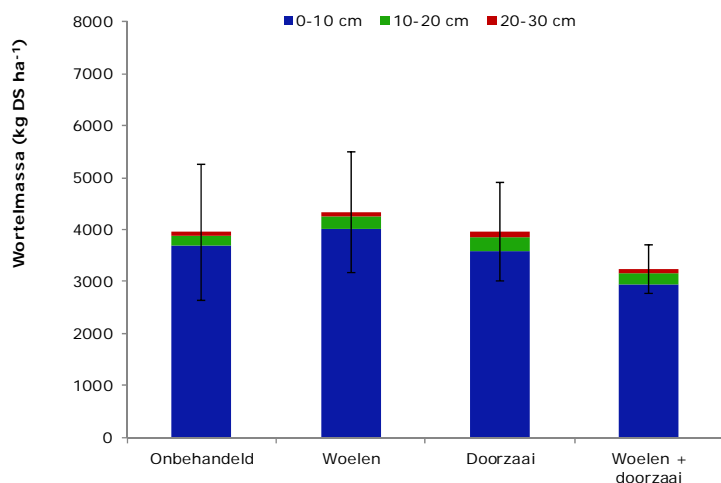
**Figuur 17** Wortelmasa in bodemlaag 0-40 cm in juni 2014, een maand na de voorjaarsbehandeling in 2014. De foutenbalk is  $\pm 2x$  de standaardfout van de totale wortelmasa per behandeling



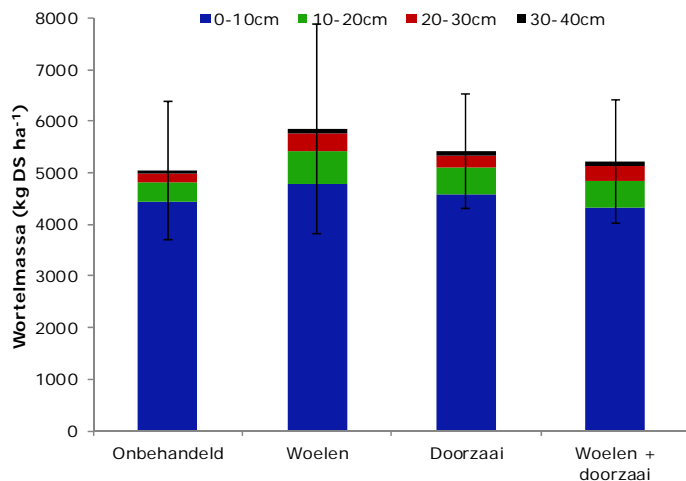
**Figuur 18** Wortelmasa in bodemlaag 0-40 cm in september 2014, vier maanden na de voorjaarsbehandeling in 2014. De foutenbalk is  $\pm 2x$  de standaardfout van de totale wortelmasa per behandeling

### Najaarsbehandeling

Bij de najaarsbehandeling waren er na zes maanden (maart 2015) geen betrouwbare behandelingseffecten op de totale wortelmasa of de wortelmasa per bodemlaag (Figuur 19). Een jaar later (september 2015) waren er eveneens geen betrouwbare behandelingseffecten op de totale wortelmasa (Figuur 20). Wel was in bodemlaag 10-20 cm de wortelmasa na alleen woelen ( $627 \text{ kg DS ha}^{-1}$ ) hoger vergeleken met de controle zonder woelen ( $362 \text{ kg DS ha}^{-1}$ ) ( $P=0,02$ ). In bodemlaag 20-30 cm was de wortelmasa na woelen ( $323 \text{ kg DS ha}^{-1}$ ) hoger dan na niet woelen ( $213 \text{ kg DS ha}^{-1}$ ) ( $P=0,01$ ).



**Figuur 19** Wortelmasa in bodemlaag 0-30 cm in maart 2015, zes maanden na de najaarsbehandeling in 2014. De foutenbalk is  $\pm 2x$  de standaardfout van de totale wortelmasa per behandeling



**Figuur 20** Wortelmasa in bodemlaag 0-40 cm in september 2015, een jaar na de najaarsbehandeling in 2014. De foutenbalk is  $\pm 2x$  de standaardfout van de totale wortelmasa per behandeling

### 3.5 Botanische samenstelling

#### Voorjaarsbehandeling

Ruim drie maanden na de voorjaarsbehandeling in 2014 (3 september 2014) neigde de gemiddelde totale bezetting van de graszode na woelen (94%) iets lager te zijn vergeleken met niet woelen (95%) ( $P=0,07$ ) (hoofdeffect). Als gevolg van woelen daalde het aandeel Engels raaigras in de bezetting van 68 tot 65% ( $P=0,03$ ) en nam het aandeel Italiaans raaigras toe van 4 tot 9% ( $P<0,001$ ). Bij woelen en doorzaai met Italiaans raaigras neigde het aandeel Italiaans raaigras (14%) ernaar hoger te zijn dan bij de andere behandelingen (4-8%) ( $P=0,09$ ). Bij woelen en doorzaai met haver was het aandeel paardenbloem (3,2%) hoger dan bij woelen en doorzaai met Italiaans raaigras (2,0%) ( $P=0,03$ ). Bij doorzaai met Italiaans raaigras (hoofdeffect) neigde het aandeel Engels raaigras (64%) lager te zijn dan bij doorzaai met haver (68%) ( $P=0,05$ ); het aandeel Italiaans raaigras (10%) was juist hoger dan bij doorzaai met haver (5%) ( $P=0,01$ ). Het individuele aandeel ruwbeemdgras (14%), straatgras (9%) en timotheegras (1%) werd niet beïnvloed door de behandelingen. Ook het totale aandeel ongewenste soorten (ruwbeemdgras + straatgras + paardenbloem) werd niet beïnvloed. Haver werd tijdens deze kartering niet in de graszode aangetroffen.

#### Najaarsbehandeling

Negen maanden na de najaarsbehandeling (8 juni 2015) was er geen effect van de behandelingen op de totale bezetting van de graszode (95%). Als gevolg van woelen neigde het aandeel Engels raaigras af te nemen, van 63 tot 60% ( $P=0,06$ ) (hoofdeffect). Anders dan bij de voorjaarsbehandeling waren er geen behandelingseffecten op het aandeel Italiaans raaigras (13%). Bij doorzaaien (hoofdeffect) neigde het aandeel ruwbeemdgras (12%) hoger te zijn dan zonder doorzaaien (10%) ( $P=0,06$ ); het aandeel timotheegras (4%), straatgras (9%) en paardenbloem (1%) werd niet beïnvloed. Ook het totale aandeel ongewenste soorten (ruwbeemdgras + straatgras + paardenbloem) werd niet beïnvloed ( $P=0,10$ ). Haver werd tijdens deze kartering niet in de graszode aangetroffen.

---

## 3.6 Bovengrondse stikstofopname

### Voorjaarsbehandeling

#### *Vier sneden 2014*

Na de voorjaarsbehandeling in 2014 was er in alle vier opeenvolgende sneden sprake van een effect van woelen op de N-opname in het gemaaid gras. In de tweede snede nam de N-opname af, van 58 tot 48 kg N ha<sup>-1</sup> (P=0,05). In de drie volgende sneden nam de N-opname echter toe, in de derde snede van 69 tot 76 kg N ha<sup>-1</sup> (P=0,01), in de vierde snede van 54 tot 65 kg N ha<sup>-1</sup> (P=0,002) en in de vijfde snede van 36 tot 40 kg N ha<sup>-1</sup> (P=0,01). De N-opname over heel 2014 nam als gevolg van woelen toe van 217 tot 230 kg N ha<sup>-1</sup> (P=0,04). Een overzicht van de N-opname van alle behandelingen per snede is gegeven in Tabel 3 (Bijlage 4).

#### *Eerste snede 2015*

In de eerste snede van 2015 was de N-opname na woelen en doorzaai met Italiaans raaigras (86 kg N ha<sup>-1</sup>) hoger dan bij alle andere behandelingen, zoals bij de onbehandelde controle (78 kg N ha<sup>-1</sup>), bij alleen woelen (76 kg N ha<sup>-1</sup>) en bij alleen doorzaai met Italiaans raaigras (77 kg N ha<sup>-1</sup>) (P=0,04).

#### *Tweede en derde snede 2015*

In de tweede snede van 2015 was er een hoofdeffect van woelen; de N-opname na woelen (68 kg N ha<sup>-1</sup>) neigde hoger te zijn vergeleken met niet woelen (66 kg N ha<sup>-1</sup>) (P=0,08). Daarnaast was er een hoofdeffect van doorzaaien, afhankelijk van het doorzaaigewas: de N-opname na doorzaai met Italiaans raaigras (69 kg N ha<sup>-1</sup>) was hoger dan na doorzaai met haver (66 kg N ha<sup>-1</sup>) of bij de controle zonder doorzaai (66 kg N ha<sup>-1</sup>). In de derde snede waren er geen behandelingseffecten op de N-opname (48 kg N ha<sup>-1</sup>).

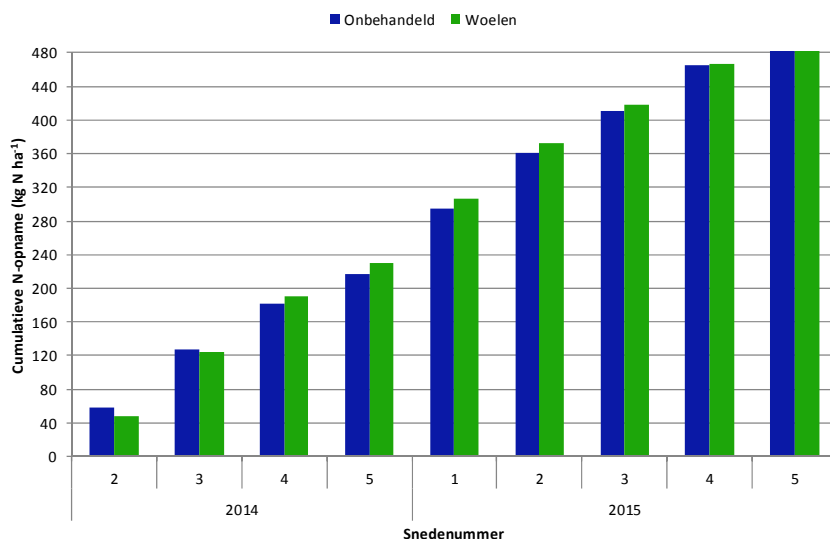
#### *Vierde en vijfde snede 2015*

In de vierde en vijfde snede was er een negatief hoofdeffect van woelen op de N-opname. Na woelen nam de N-opname in de vierde snede gemiddeld af van 54 tot 48 kg N ha<sup>-1</sup> (P<0,001) en in de vijfde snede van 28 tot 26 kg N ha<sup>-1</sup> (P=0,04).

#### *Totale N-opname 2015, 2014 + 2015*

Bij de totale N-opname over 2015 was er een hoofdeffect van doorzaai, afhankelijk van het doorzaaigewas. De totale N-opname was na doorzaai met Italiaans raaigras (279 kg N ha<sup>-1</sup>) hoger dan na doorzaai met haver (264 kg N ha<sup>-1</sup>) of de controle zonder doorzaai (268 kg N ha<sup>-1</sup>) (P=0,005).

Alleen van de behandelingen met alleen wel of niet woelen was de N-opname over zowel 2014 als 2015 gemeten. Dit gaf de mogelijkheid om de N-opname over 2014 en 2015 van deze behandelingen met elkaar te vergelijken. De N-opname over 2015 nam als gevolg van alleen woelen in het voorjaar van 2014 af van 275 tot 261 kg N ha<sup>-1</sup> (P=0,005). Over de twee groeiseizoenen was de N-opname van de behandeling met alleen woelen (491 kg N ha<sup>-1</sup>) gelijk aan de N-opname van de controle (492 kg N ha<sup>-1</sup>). Een overzicht van de cumulatieve gemiddelde bovengrondse N-opname in 2014 en 2015 na alleen wel of niet woelen is gegeven in Figuur 21.



**Figuur 21** Verloop van de cumulatieve gemiddelde bovengrondse N-opname na alleen wel of niet woelen (hoofdeffect) van een perceel verdicht grasland op 19 mei 2014, weergegeven per snedenummer voor groeiseizoen 2014 en 2015

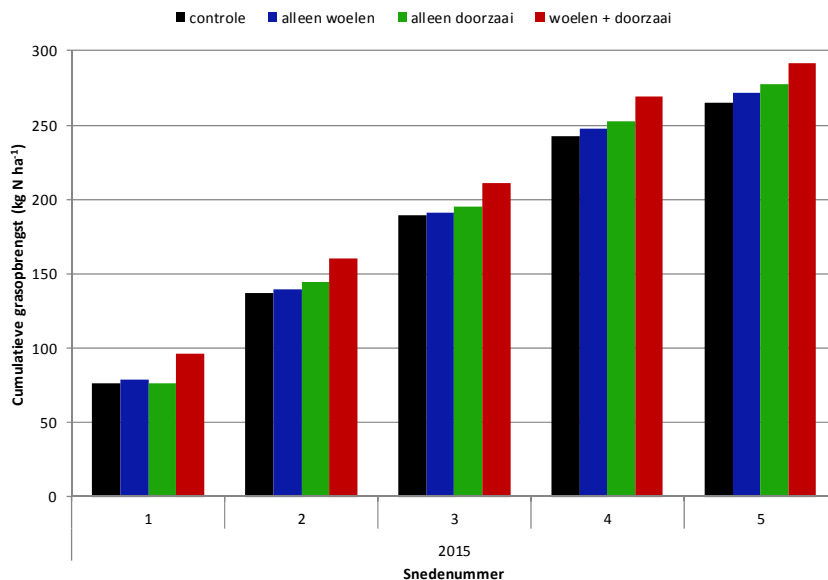
## Najaarsbehandeling

### Vijf sneden 2015

Na de najaarsbehandeling in 2014 was er een hoofdeffect van woelen op de N-opname van de eerste snede in 2015; de gemiddelde N-opname na woelen (86 kg N ha<sup>-1</sup>) was hoger vergeleken met niet woelen (76 kg N ha<sup>-1</sup>). Er waren geen effecten van de behandelingen op de N-opname van de tweede snede (63 kg N ha<sup>-1</sup>) ( $P > 0,13$ ). In de derde snede was de N-opname na woelen en doorzaai met haver (41 kg N ha<sup>-1</sup>) lager dan bij alle andere behandelingen, zoals b.v. bij de controle (52 kg N ha<sup>-1</sup>) ( $P = 0,02$ ). In de vierde snede waren er geen effecten van behandelingen op de N-opname (56 kg N ha<sup>-1</sup>) ( $P > 0,14$ ). In de vijfde snede was er een interactie tussen het effect van woelen en doorzaaien; de N-opname na alleen woelen (24 kg N ha<sup>-1</sup>) of alleen doorzaaien (24 kg N ha<sup>-1</sup>) was hoger dan na woelen met doorzaaien (22 kg N ha<sup>-1</sup>) of de controle (22 kg N ha<sup>-1</sup>) ( $P = 0,02$ ). Een overzicht van de N-opname van alle najaarsbehandelingen per snede is gegeven in Tabel 4 (Bijlage 4).

### Totale N-opname 2015

De totale N-opname van groeiseizoen 2015 was na woelen en doorzaai met Italiaans raaigras (292 kg N ha<sup>-1</sup>) hoger vergeleken met o.a. de controle (265 kg N ha<sup>-1</sup>) of alleen woelen (272 kg N ha<sup>-1</sup>), maar niet vergeleken met alleen doorzaai met haver (275 kg N ha<sup>-1</sup>) of Italiaans raaigras (277 kg N ha<sup>-1</sup>) ( $P = 0,03$ ). Een overzicht van de gemiddelde cumulatieve N-opname in 2015 na alleen wel of niet woelen in september 2014, alleen doorzaai met Italiaans raaigras, en woelen met doorzaai met Italiaans raaigras is gegeven in Figuur 22.



**Figuur 22** Cumulatieve gemiddelde bovengrondse N-opname van de onbehandelde controle, na alleen doorzaaien met Italiaans raaigras, alleen woelen, of woelen en doorzaaien met Italiaans raaigras van een perceel verdicht grasland op 15 september 2014, weergegeven per snedenummer voor groeiseizoen 2015

## 3.7 Bovengrondse drogestofopbrengst

### Voorjaarsbehandeling

#### Tweede snede 2014

In de tweede snede (eerste snede na behandeling) was er een negatief hoofdeffect van zowel woelen als doorzaaien op de grasopbrengst. Na woelen nam de opbrengst gemiddeld af van 2560 tot 1845 kg DS ha<sup>-1</sup> ( $P < 0,001$ ) en na doorzaaien van 2479 tot 2064 kg DS ha<sup>-1</sup> ( $P = 0,001$ ). Een overzicht van de opbrengst van alle voorjaarsbehandelingen is gegeven in Tabel 5 (Bijlage 4).

#### Derde snede 2014

In de derde snede was er een positief hoofdeffect van woelen. Na woelen nam de opbrengst gemiddeld toe van 2675 tot 2869 kg DS ha<sup>-1</sup> ( $P < 0,001$ ) en na doorzaaien van 2680 tot 2818 kg DS ha<sup>-1</sup> ( $P = 0,004$ ). Er was ook een hoofdeffect van doorzaaien, afhankelijk van het doorzaaigewas; na doorzaai met haver was de opbrengst (3013 kg DS ha<sup>-1</sup>) hoger dan na doorzaai met Italiaans raaigras (2841 kg DS ha<sup>-1</sup>) ( $P = 0,02$ ).

#### Vierde en vijfde snede 2014

In de vierde en vijfde snede was er een positief hoofdeffect van woelen. Na woelen nam de opbrengst van de vierde snede gemiddeld toe van 2390 tot 2525 kg DS ha<sup>-1</sup> ( $P = 0,008$ ) en de opbrengst van de vijfde snede van 1084 tot 1242 kg DS ha<sup>-1</sup> ( $P = 0,01$ ).

#### Jaaropbrengst 2014

De jaaropbrengst van 2014 (excl. eerste snede) werd niet beïnvloed door de behandelingen ( $P > 0,13$ ) en was gemiddeld 8595 kg DS ha<sup>-1</sup>.

#### Eerste snede 2015

In de eerste snede van 2015 was er een hoofdeffect van doorzaaien, afhankelijk van het doorzaaigewas. Na doorzaai met Italiaans raaigras was de opbrengst (4881 kg DS ha<sup>-1</sup>) hoger dan na doorzaai met haver (4607 kg DS ha<sup>-1</sup>) of zonder doorzaai (4524 kg DS ha<sup>-1</sup>) ( $P = 0,04$ ).



### Tweede en derde snede 2015

In de tweede snede van 2015 was er een positief hoofdeffect van woelen. Na woelen nam de gemiddelde opbrengst toe van 2729 kg DS ha<sup>-1</sup> tot 2845 kg DS ha<sup>-1</sup> (P=0,04). In de derde snede waren er geen behandelingseffecten (P>0,10).

### Vierde en vijfde snede 2015

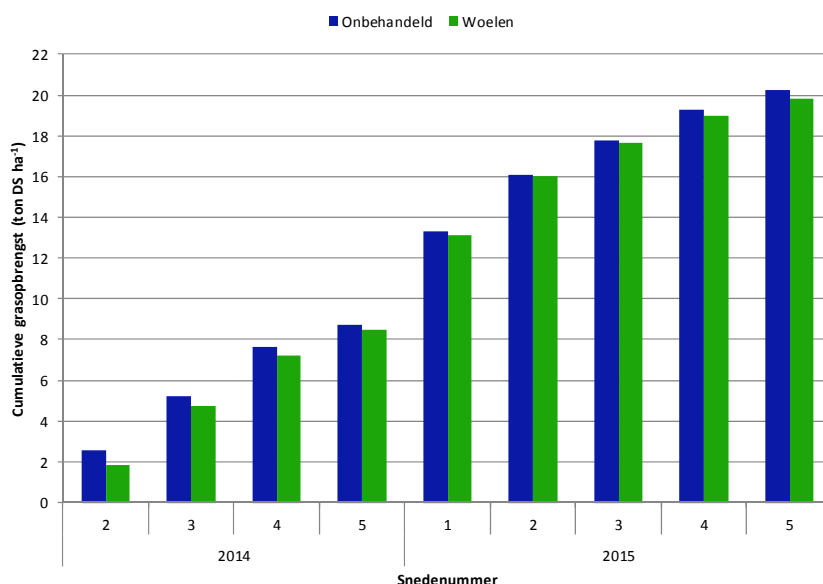
In de vierde en vijfde snede van 2015 was er een negatief hoofdeffect van woelen. Na woelen nam de gemiddelde opbrengst van de vierde snede af van 1483 tot 1290 kg DS ha<sup>-1</sup> (P<0,001) en de opbrengst van de vijfde snede van 950 tot 867 kg DS ha<sup>-1</sup> (P=0,001).

### Jaaropbrengst 2015

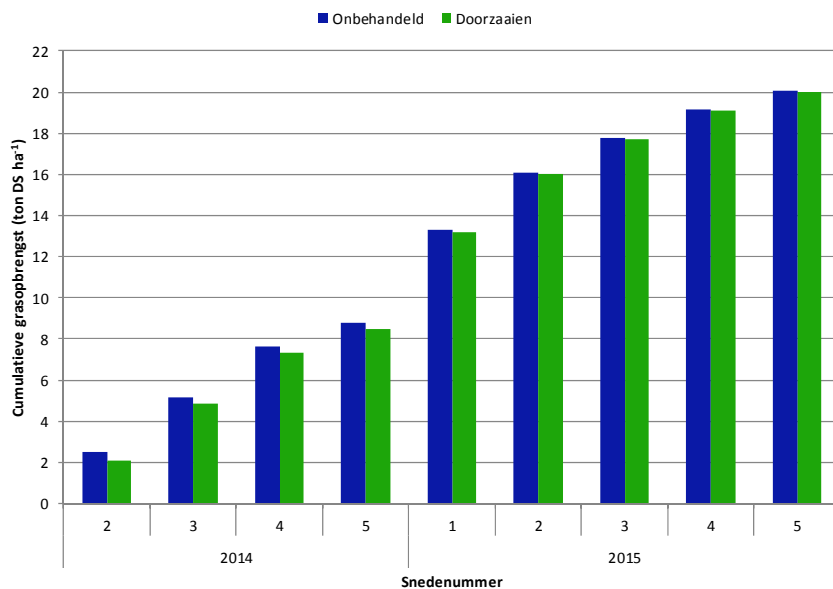
In 2015 was er een effect van doorzaai op de jaaropbrengst, afhankelijk van het doorzaai gewas. Na doorzaai met Italiaans raaigras was de opbrengst (11673 kg DS ha<sup>-1</sup>) hoger dan na doorzaai met haver (11295 kg DS ha<sup>-1</sup>) of zonder doorzaai (11078 kg DS ha<sup>-1</sup>) (P=0,007).

### Jaaropbrengst 2014 + 2015

De totale opbrengst van 2014 en 2015 werd niet beïnvloed door de behandelingen (P>0,18) en was gemiddeld 20025 kg DS ha<sup>-1</sup>. Een overzicht van het verloop van de cumulatieve gemiddelde opbrengst in 2014 en 2015 na wel of niet woelen (hoofdeffect) in het voorjaar van 2014 is gegeven in Figuur 23 en een overzicht van het verloop van de cumulatieve gemiddelde opbrengst na wel of niet doorzaaien (hoofdeffect) in Figuur 24.



**Figuur 23** Verloop van de cumulatieve gemiddelde grasopbrengst na wel of niet woelen (hoofdeffect) van een perceel verdicht grasland op 19 mei 2014, weergegeven per snedenummer voor het groeiseizoen van 2014 en 2015



**Figuur 24** Verloop van de cumulatieve gemiddelde grasopbrengst na wel of niet doorzaaien (hoofdeffect) van een perceel verdicht grasland op 19 mei 2014, weergegeven per snedenummer voor het groeiseizoen van 2014 en 2015

## Najaarsbehandeling

### Vijfde snede 2014

Na de najaarsbehandeling kon de vijfde snede van 2014 (eerste snede na behandeling) niet geoogst worden. De bodem was nat en de bodemstructuur los, waardoor de proefveldoogstmachine te diep inspoorde. De veldjes van het naastgelegen proefveld met voorjaarsbehandeling in 2014 konden wel geoogst worden, op 13 november. Het gras op het proefveld met najaarsbehandeling werd op 19 november met een klepelmaaier gemaaid en het maaisel bleef op de veldjes liggen. Tijdens een proefveldbezoek op 31 oktober werden de veldjes van beide proefvelden visueel beoordeeld op de grashoogte en grasmassa. Hieruit bleek dat er op vrijwel alle veldjes met woelbehandeling meer gras stond en de kleur meer donkergroen was. Bij het proefveld met najaarsbehandeling leek het visuele verschil in grasmassa - en kleur tussen de niet gewoelde en gewoelde veldjes vergelijkbaar met het naastgelegen proefveld met voorjaarsbehandeling. Een voorbeeld van een dergelijk visueel verschil is gegeven in Foto 7.

### Eerste en tweede snede 2015

In de eerste snede van 2015 nam als gevolg van woelen (hoofdeffect) de opbrengst gemiddeld toe van 4627 tot 5007 kg DS ha<sup>-1</sup> (P=0,02). Na woelen en doorzaai met Italiaans raaigras was de opbrengst (5231 kg DS ha<sup>-1</sup>) hoger dan bij de controle (4648 kg DS ha<sup>-1</sup>) en na alleen doorzaai met Italiaans raaigras (4434 kg DS ha<sup>-1</sup>) (P=0,03). In de tweede snede waren er geen behandelingseffecten op de opbrengst; deze was gemiddeld 2577 kg DS ha<sup>-1</sup>.

### Derde snede 2015

In de derde snede was de opbrengst na woelen en doorzaai met haver (1420 kg DS ha<sup>-1</sup>) lager dan na alleen doorzaai met haver (1812 kg DS ha<sup>-1</sup>) en na woelen en doorzaai met Italiaans raaigras (1795 kg DS ha<sup>-1</sup>) (P=0,03).

### Vierde en vijfde snede 2015

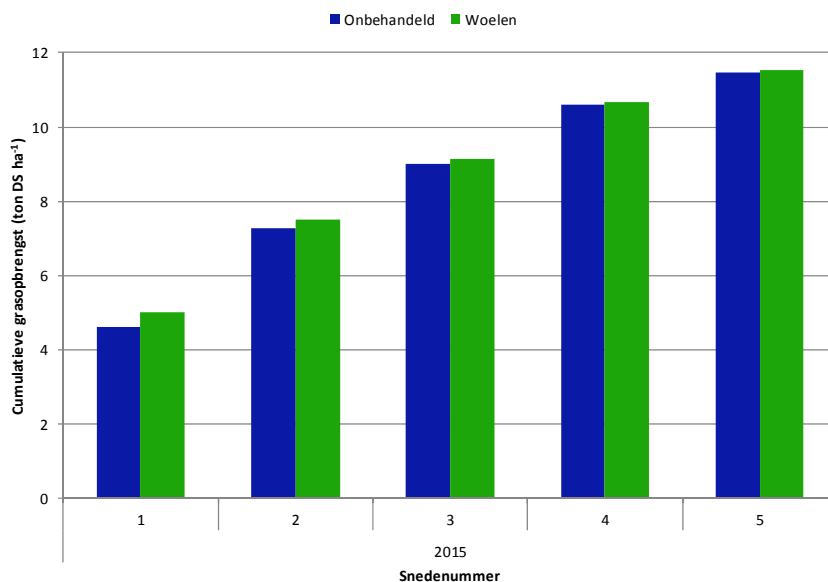
In de vierde snede was na alleen doorzaai met haver de opbrengst (1656 kg DS ha<sup>-1</sup>) hoger dan bij de controlebehandeling (1507 kg DS ha<sup>-1</sup>) (P=0,01). Na woelen en doorzaai met haver was de opbrengst (1442 kg DS ha<sup>-1</sup>) lager dan bij alleen doorzaai met haver (1656 kg DS ha<sup>-1</sup>) (P=0,01). Na woelen met doorzaaien was de opbrengst bij doorzaai met haver (1442 kg DS ha<sup>-1</sup>) lager dan bij doorzaai met Italiaans raaigras (1620 kg DS ha<sup>-1</sup>) (P=0,01). In de vijfde snede waren er geen behandelingseffecten; de opbrengst was gemiddeld 853 kg DS ha<sup>-1</sup>.



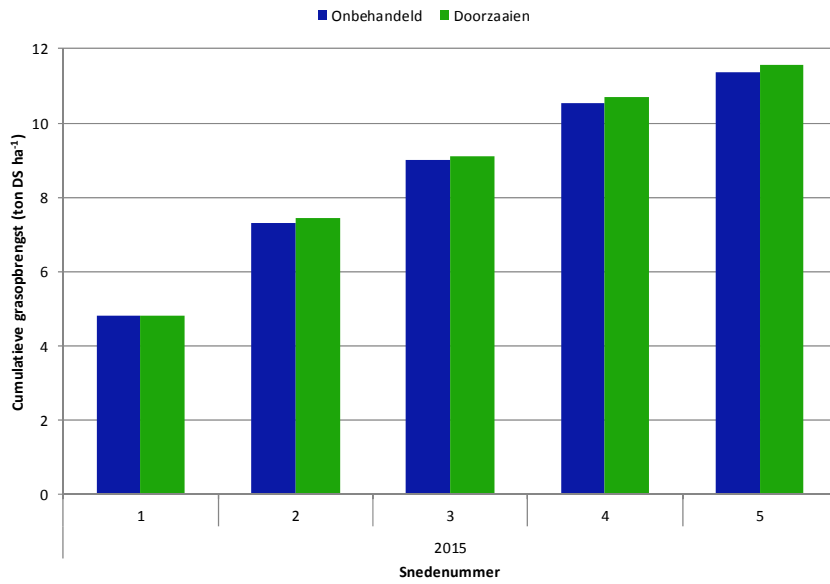
**Foto 7** Visueel verschil in grasmassa en -kleur tussen een niet gewoeld veldje (veldje 33, links) en een gewoeld veldje (veldje 34, rechts) op 31 oktober 2014, na niet of wel woelen op 15 september 2014

#### Jaaropbrengst 2015

In 2015 was na woelen en doorzaai met haver de jaaropbrengst ( $11095 \text{ kg DS ha}^{-1}$ ) lager dan na alleen doorzaai met haver ( $11850 \text{ kg DS ha}^{-1}$ ) ( $P=0,01$ ). Na woelen en doorzaai met haver ( $11095 \text{ kg DS ha}^{-1}$ ) was de jaaropbrengst lager dan na woelen en doorzaai met Italiaans raaigras ( $11962 \text{ kg DS ha}^{-1}$ ) ( $P=0,01$ ). Een overzicht van het verloop van de cumulatieve gemiddelde opbrengst in 2015 na wel of niet woelen in het najaar van 2014 is gegeven in Figuur 25 en een overzicht van het verloop van de cumulatieve gemiddelde opbrengst na wel of niet doorzaaien in Figuur 26. Een overzicht van de opbrengst van alle najaarsbehandelingen per snede is gegeven in Tabel 6 (Bijlage 4).



**Figuur 25** Verloop van de cumulatieve gemiddelde grasopbrengst na wel of niet woelen (hoofdeffect) van een perceel verdicht grasland op 15 september 2014, weergegeven per snedenummer voor groeiseizoen 2015



**Figuur 26** *Verloop van de cumulatieve gemiddelde grasopbrengst na wel of niet doorzaaien (hoofdeffect) van een perceel verdicht grasland op 15 september 2014, weergegeven per snedenummer voor groeiseizoen 2015*

---

## 4 Discussie

### 4.1 Bodemstructuur

Woelen in het voor- en najaar gaf een duidelijke verbetering van de bodemstructuur, gemeten aan de indringingsweerstand en de visuele schatting van de verdeling van de bodemstructuurklassen. De verbetering van de indringingsweerstand duurde tenminste tien maanden (voorjaarsbehandeling) tot een jaar (najaarsbehandeling), hoewel er in deze perioden wel sprake was van achteruitgang van de gerealiseerde verbetering, vooral dieper dan 30 cm. Ook bij de visuele beoordeling van de bodemstructuur was er tien maanden na de voor- of najaarsbehandeling nog steeds sprake van een betere structuur, hoewel de verbetering in die periode was afgenomen. Doorzaaien bij woelen had geen effect op de indringingsweerstand en gaf een mindere visuele bodemstructuur vergeleken met alleen woelen (alleen beoordeeld tien maanden na de najaarsbehandeling). De indringingsweerstand bij de controle was twee maanden na de najaarsbehandeling lager (Figuur 4) dan twee maanden na de voorjaarsbehandeling (Figuur 1). Dit suggereert dat de bodem van het proefveld met najaarsbehandeling minder verdicht was vergeleken met het proefveld met voorjaarsbehandeling. De gemeten indringingsweerstand is echter ook afhankelijk van de vochttoestand van de bodem; bij een vochtige bodem is de indringingsweerstand meestal lager dan bij een droge bodem. Verwacht mag worden dat in november 2014 (meting na najaarswoelen) de bodem natter was dan in juni 2014 (meting na voorjaarswoelen). Hiermee kan het verschil in indringingsweerstand bij de controle verklaard worden. Overigens nam in de loop van de tijd de indringingsweerstand van de controle bij voorjaarswoelen ook af, wat het relatieve karakter van deze meting verder onderstreept.

Duidelijke verbeteringen in bodemstructuur door woelen werden ook gevonden in het Nieuw-Zeelandse onderzoek: bij Burgess et al. (2000) was de indringingsweerstand na een jaar ook nog steeds lager en bij Drewry et al. (2000) waren positieve effecten van woelen op de bodemstructuur 2,5 jaar na het woelen nog aanwezig, vooral dieper in de bodem (18-24 cm). Ondieper in de bodem nam de verbetering in de bodemstructuur af. In ons onderzoek nam de verbetering van de bodemstructuur vooral dieper in de grond (onder de woeldiepte) eerder af. Een verklaring hiervoor is dat het woelen enkel een klein effect had op de bodem onder woeldiepte, waardoor deze verbetering ook weer eerder ongedaan gemaakt werd.

### 4.2 Beworteling

Bij zowel de voor- als najaarsbehandeling waren er geen betrouwbare effecten van de behandelingen op de wortelmasse, afgezien van enkele kleinere en weinig relevante verschillen per individuele bodemlaag. Bij de voorjaarsbehandeling leek de wortelmasse een maand na alleen woelen hoger te zijn maar dit verschil was niet betrouwbaar. Drie maanden later leek de wortelmasse bij alleen woelen lager te zijn vergeleken met de andere behandelingen, maar ook dit verschil was niet betrouwbaar. Het betrouwbaar aantonen van verschillen in wortelmasse is lastig, vanwege de grote variatie die bij deze metingen meestal optreedt. Bij de najaarsbehandeling waren schijnbare verschillen minder aanwezig; zes maanden na behandeling leek de wortelmasse bij woelen & doorzaaien wat lager te zijn vergeleken met de andere behandelingen en een jaar na behandeling wat hoger bij alleen woelen vergeleken met de andere behandelingen. In tegenstelling tot de waarnemingen aan de wortelmasse waren er wel duidelijke (positieve) effecten van woelen op de visueel gescoorde totale worteldichtheid en dichtheid van de jonge wortels, na zowel de voor- als najaarsbehandeling. Bij de voorjaarsbehandeling waren deze effecten nog aanwezig bij de beoordeling na vier maanden, maar niet meer bij de beoordeling na tien maanden. Na de najaarsbehandeling waren de (positieve) effecten nog aanwezig bij de beoordeling na tien maanden, behalve als woelen werd gecombineerd met doorzaai met Italiaans raaigras. Een verklaring hiervoor werd niet gevonden. Het verschil in waargenomen effect tussen wortelmasse en visuele score worteldichtheid kan erop duiden dat de

---

visuele score gevoeliger is, een kleinere variatie heeft en dat verschillen daardoor eerder betrouwbaar kunnen worden vastgesteld. De positieve effecten van woelen op de visueel gescoorde beworteling in ons onderzoek waren van relatief korte duur. Burgess et al. (2000) vonden een hogere wortelmassa een week na het woelen, met daarna een neiging tot een hogere wortelmassa gedurende 40 weken. De gemeten wortellengte in hun onderzoek neigde er gedurende 40 weken eveneens naar hoger te zijn na woelen. Harrison et al. (1994) vonden positieve effecten van woelen op de wortellengte, waarbij de verschillen opmerkelijk genoeg pas na ruim een jaar ontstonden. Na negen maanden waren er nog geen betrouwbare verschillen, na 13 maanden was de wortellengte hoger in de laag 20-30 cm, en na ruim 14 maanden was de wortellengte hoger in de laag 30-40 cm en 40-50 cm. Harrison (1994) vonden ook indicaties voor een snellere wortelgroei in de gewoelde behandelingen, vooral dieper in de grond (20-30 cm). In ons onderzoek zijn de wortelmassa en de visuele worteldichtheid gemeten tot tien maanden na behandeling. Het is mogelijk dat er, gezien de resultaten van Harrison et al. (1994) daarna alsnog verschillen zijn ontstaan tussen behandelingen, hoewel de andere waarnemingen (zoals N-opname en drogestofopbrengst) daarvoor geen aanwijzingen gaven. De waarnemingen van Harrison et al. (1994) pleiten ervoor om bij onderzoek naar de gevolgen van bodembewerking langer door te gaan met wortelmetingen.

### 4.3 Botanische samenstelling

De bezettingsgraad van de graszode werd niet duidelijk beïnvloed door de behandelingen. In onderzoek van Burgess et al. (2000) nam door woelen de bezettingsgraad eerst af, maar was deze na 40 weken toegenomen, van 79 tot 84%. In ons onderzoek nam de bezettingsgraad niet toe; een reden daarvoor is dat de bezettingsgraad (95%) al hoog was. De botanische samenstelling van de zode werd in ons onderzoek wel duidelijk beïnvloed door de behandelingen. Na woelen in zowel het voor- als najaar nam het aandeel Engels raaigras in de bezetting af. Bij woelen in het voorjaar ging dit samen met een toename van het aandeel Italiaans raaigras, vooral als er ook Italiaans raaigras werd doorgezaaid. Hieruit kan geconcludeerd worden dat Italiaans raaigras als gevolg van woelen een concurrentievoordeel kreeg ten opzichte van Engels raaigras, dat versterkt werd bij doorzaai met Italiaans raaigras. Bij woelen in het najaar profiteerde het aandeel Italiaans raaigras niet van de achteruitgang in aandeel Engels raaigras, en was er ook geen duidelijke toename in het aandeel van individuele andere grassen en kruiden. De vrijgekomen ruimte werd daarmee meer verdeeld over de soorten. Bij de najaarsbehandeling neigde het aandeel ruwbeemdgras na doorzaai hoger te zijn, een ongewenste ontwikkeling, hoewel de toename in aandeel relatief klein was. Blijkbaar gaf schade van de doorzaaibehandeling aan de graszode in het najaar vooral een concurrentievoordeel aan ruwbeemdgras, en niet aan de doorgezaaide soorten. De doorgezaaide haver werd tijdens de karteringen niet teruggevonden in de graszode. Dit wordt verklaard doordat van de doorgezaaide haver waarschijnlijk weinig opgekomen is en de aanwezige planten na het maaien van één of meerdere sneden al snel uit de graszode verdwenen. Bovendien is haver niet winterhard. Het was daarom niet te verwachten dat er in juni 2015 haver gevonden zou worden in veldjes die in het najaar van 2014 waren doorgezaaid. Na het niet kiemen of het verdwijnen van de haver kon de vrijgekomen ruimte ingenomen worden door andere soorten, niet alleen door productiegassen maar ook door onkruiden. Onze resultaten geven echter geen aanleiding om te veronderstellen dat doorzaai met haver leidde tot een toename van het aandeel ongewenste soorten.

### 4.4 Bovengrondse stikstofopname

Woelen had wisselende effecten op de het verloop van de bovengrondse N-opname in de tijd. Bij alleen woelen in het voorjaar was de N-opname van de eerste snede na behandeling lager, maar de rest van het groeiseizoen hoger. De lagere bovengrondse N-opname van de eerste snede na behandeling kan verklaard worden door een tijdelijk hogere N-behoefte van de wortels, die ten koste gaat van de bovengrondse N-opname. Verwacht mag worden dat het woelen leidde tot het afbreken en afsterven van wortels en wortelharen (Burgess et al., 2000; Drewry et al., 2000). Vervanging van afgestorven wortels door nieuwe wortelgroei kan een hogere N-behoefte en -opname geven. Deze verklaring wordt niet ondersteund door een betrouwbare toename in gemeten wortelmassa, maar wel door een toename van de visuele score van totale worteldichtheid en dichtheid van jonge wortels. De

---

hogere bovengrondse N-opname gedurende de rest van het eerste groeiseizoen wordt vooral verklaard door een verhoogde mineralisatie van organische N in de bodem, als gevolg van een verbeterde luchthuishouding na woelen. Alleen van de behandeling met alleen wel/niet woelen (zonder doorzaai) was de N-opname van twee groeiseizoenen gemeten. Bij alleen analyse van de N-opname van deze behandelingen bleek dat er in het tweede groeiseizoen sprake was van een lagere totale N-opname van  $14 \text{ kg N ha}^{-1}$  als gevolg van woelen. Deze lagere N-opname was vrijwel gelijk aan de hogere N-opname in het eerste groeiseizoen ( $13 \text{ kg N ha}^{-1}$ ), waardoor er over twee groeiseizoenen uiteindelijk geen effect van woelen op de N-opname was. De lagere N-opname in het tweede groeiseizoen wordt verklaard door een lagere hoeveelheid mineralisatie van organische N in de bodem. Door een afname van de verbetering in bodemstructuur in het tweede seizoen kon de mineralisatie afnemen; daarnaast werd door de hogere mineralisatie in het eerste groeiseizoen de snel-mineraliseerbare N-pool deels uitgeput; deze N was daardoor in het tweede groeiseizoen niet meer beschikbaar bij de gewoelde veldjes maar nog wel bij de niet gewoelde veldjes. Bodemverdichting kan ook leiden tot verhoogde denitrificatie van aanwezige  $\text{N-NO}_3$  in de bodem. Hierdoor zou er minder N kunnen denitrificeren en verloren gaan na woelen vergeleken met niet woelen, vooral in het eerste jaar; dit zou de hogere N-opname na woelen deels kunnen verklaren. Echter, een lager denitrificatieverlies kan niet verklaren waarom de N-opname in het tweede groeiseizoen lager was na woelen vergeleken met niet woelen, ondanks dat de bodemstructuur nog steeds beter was. Het gevolg van uitputting van de snel-mineraliseerbare pool organische N in de bodem kan dit wel, en lijkt daarom de meest passende verklaring voor de waargenomen effecten.

Doorzaai met Italiaans raaigras in het voorjaar van 2014 gaf over het groeiseizoen van 2015 een hogere N-opname vergeleken met doorzaai met haver of geen doorzaai. Deze hogere opname werd vooral tijdens de eerste en tweede snede gerealiseerd en kan verklaard worden door een diepere en intensievere beworteling van Italiaans raaigras, waardoor meer N uit de bodem (uit kunstmest of gemineraliseerde organische bodem-N) opgenomen kon worden.

Woelen in het najaar van 2014 gaf in de eerste snede van groeiseizoen 2015 een duidelijk hogere N-opname; in de overige sneden waren de effecten wisselend. De totale N-opname over groeiseizoen 2015 was het hoogst bij woelen en doorzaai met Italiaans raaigras. Ook dit effect wordt verklaard door een diepere en intensievere beworteling van Italiaans raaigras, waardoor meer van de aanwezige N kon worden opgenomen. Dit effect lijkt vooral tijdens de groei van de eerste snede te zijn gerealiseerd.

In het onderzoek van Harrison et al. (1994), Burgess et al. (2000) en Drewry et al. (2000) werd de bovengrondse N-opname niet gemeten. Ons onderzoek laat zien dat meting van de bovengrondse N-opname een duidelijk meerwaarde kan hebben bij de verklaring van de gevonden resultaten, vooral wanneer er langer gemeten wordt.

## 4.5 Bovengrondse drogestofopbrengst

Woelen in het voor- en najaar had effecten op de bovengrondse drogestofopbrengst per snede maar niet op de totale opbrengst over één of twee groeiseizoenen. Bij woelen in het voorjaar was de drogestofopbrengst van de eerste snede na behandeling lager, maar in de drie sneden daarna hoger. De lagere opbrengst van de eerste snede wordt verklaard door schade aan het wortelstelsel (afbreken en afsterven van wortels en wortelharen). Deze schade heeft waarschijnlijk geleid tot een lagere N-opname (paragraaf 4.4), waardoor het gras minder drogestof kon produceren. Daarnaast werd er waarschijnlijk extra drogestof geïnvesteerd in vervangende, nieuwe wortelgroei, een investering die op korte termijn ten koste ging van de bovengrondse drogestofopbrengst. De hogere opbrengst gedurende de rest van het groeiseizoen wordt verklaard door een hogere N-opname als gevolg van een hogere N-mineralisatie na woelen (paragraaf 4.4). In het tweede groeiseizoen was er geen effect van woelen op de opbrengst van de eerste snede, een positief effect op de tweede snede, geen effect op de derde snede en een negatief effect op de vierde en vijfde snede. Het negatieve effect op de vierde en vijfde snede wordt verklaard door de lagere N-opname als gevolg van een lagere mineralisatie van organische N in de bodem; voor de verschillen eerder tijdens het groeiseizoen is geen eenduidige verklaring gevonden.

---

Bij woelen in het najaar van 2014 was er een positief effect van woelen op de opbrengst van de eerste snede in 2015, maar niet op de opbrengst van latere sneden of de totale opbrengst van het groeiseizoen. De hogere drogestofopbrengst van de eerste snede kan worden verklaard door een hogere N-opname als gevolg van een hogere mineralisatie van organische N in de bodem.

Evenals in ons onderzoek gaf woelen in onderzoek van Burgess et al. (2000) eerst een negatief effect op de opbrengst, gevolgd door een positief effect. Harrison et al. (1994) vonden de eerste drie maanden na woelen een hogere opbrengst, daarna leek de opbrengst hoger maar was het verschil niet betrouwbaar. Ook in onderzoek van Drewry et al. (2000) leek de opbrengst hoger te zijn, maar konden eveneens geen betrouwbare verschillen vastgesteld worden. Oorzaken voor het niet betrouwbaar kunnen vaststellen van eventuele verschillen waren een klein geoogst oppervlak (0,5-3 m<sup>2</sup>) en wisselende aantasting van de veldjes met ziekten/plagen, waardoor de random variatie relatief groot was.

De combinatie van woelen met doorzaai had bij de voorjaarsbehandeling geen aanvullende effecten op de drogestofopbrengst per snede, over groeiseizoen 2014 of 2015, of over het totaal van beide groeiseizoenen. Ook bij de najaarsbehandeling gaf woelen met doorzaai van Italiaans raaigras geen aanvullende effecten vergeleken met alleen woelen; wel was de opbrengst van de eerste snede in het volgende groeiseizoen hoger vergeleken met de controle, en neigde de opbrengst over het hele groeiseizoen ernaar ook hoger te zijn vergeleken met de controle (het verschil van 730 kg DS was bijna significant, Tabel 5). Deze hogere drogestofopbrengst wordt verklaard door een hogere N-opname in de eerste snede en over het hele groeiseizoen. Bij de najaarsbehandeling gaf de combinatie van woelen met doorzaai met haver regelmatig lagere opbrengsten vergeleken met de combinatie van woelen met doorzaai met Italiaans raaigras; de opbrengst was lager in de derde en vierde snede van 2015 en voor het hele groeiseizoen. Uit de resultaten kan geconcludeerd worden dat haver weinig geschikt is om door te zaaien in combinatie met woelen.

Alleen doorzaaien gaf bij de voorjaarsbehandeling een lagere opbrengst van de eerste snede na behandeling en een hogere opbrengst van de tweede snede, vergeleken met de controle. Er was geen betrouwbaar effect van alleen doorzaaien op de opbrengst van het eerste groeiseizoen. Het negatieve effect van alleen doorzaaien op de opbrengst van de eerste snede na behandeling kan verklaard worden door het ontstaan van schade als gevolg van sleufvorming bij doorzaai. Hierbij worden tot een diepte van enkele cm wortels doorgesneden, wat leidt tot nieuwe wortelgroei. De drogestof die in de nieuwe wortelgroei wordt geïnvesteerd komt dan ten laste van de bovengrondse drogestofopbrengst. De hogere opbrengst van de tweede snede na doorzaai kan verklaard worden door een herverdeling van de drogestof die eerder in de nieuwe wortelgroei werd geïnvesteerd. Het positieve effect van doorzaai met Italiaans raaigras op de opbrengst van de eerste snede van het tweede groeiseizoen, en daarmee op de totale opbrengst van het tweede groeiseizoen, wordt mogelijk verklaard door een hoger aandeel Italiaans raaigras in de graszode in het voorjaar van 2015. Er is op dat moment echter geen botanische kartering gedaan. De totale opbrengst over de twee groeiseizoenen werd niet beïnvloed als gevolg van alleen doorzaai. De opbrengstverhoging met 5% in het tweede groeiseizoen leidt tot de vraag of er ook in volgende groeiseizoenen een opbrengstverbetering gerealiseerd had kunnen worden, hoe groot deze zou kunnen zijn en hoe lang deze in stand zou kunnen blijven. De resultaten geven aan dat het bij onderzoek aan doorzaai zinvol is om langer door te gaan met meten, omdat het positieve effect pas in het tweede groeiseizoen optrad.

## 4.6 Synthese van alle resultaten

In ons onderzoek gaf woelen van grasland duidelijke verbeteringen van de beworteling en bodemstructuur, die tien maanden of langer aanhielden. Deze verbeteringen vertaalden zich echter niet in een hogere gras- of N-opbrengst (~eiwitopbrengst), ondanks dat de bouwvoor oorspronkelijk duidelijk verdicht was. Dat er sprake was van verdichting was o.a. te zien aan de indringingsweerstand, die wat dieper in de grond bij de controle al snel een waarde van 300 N of meer had (o.a. Figuur 1). Geconstateerd kan worden dat voor dit perceel het woelen van de bouwvoor geen geschikte maatregel was om de productiviteit van het grasland te verbeteren. Tijdens proefveldbezoek



---

werd waargenomen dat er plassen op het perceel stonden, niet alleen in voor- en najaar, maar ook tijdens de zomer, na langere perioden met regen. Dit wijst erop dat er bij dit perceel ook een belangrijk verdichting in de ondergrond (> 30 cm) aanwezig was, en mogelijk droeg deze ook bij aan het achterwege blijven van een verbetering in de grasopbrengst. Mogelijk had op dit perceel wel een verbetering tot stand gebracht kunnen worden door niet alleen de bouwvoor, maar ook de ondergrond los te trekken, en daardoor de ontwatering te verbeteren.

Doorzaai met Italiaans raaigras of haver in combinatie met woelen gaf geen eenduidige positieve effecten, hoewel de N-opname in groeiseizoen 2015 na woelen & doorzaai met Italiaans raaigras in het voorgaande najaar duidelijk hoger was vergeleken met alleen woelen of de controle. De hypothese dat door combinatie van woelen met doorzaai mogelijk de structuurverbetering langer in stand gehouden kon worden, kon niet worden aangetoond. Na doorzaai kan het langere tijd duren voordat de jonge planten de losse bouwvoor goed doorworteld hebben. De productie van jonge wortels en doorworteling door de bestaande graszode komt veel sneller op gang, en het lijkt daarom logisch dat doorzaai op het punt van doorworteling daaraan weinig kan toevoegen. Wanneer de bestaande graszode nog van voldoende kwaliteit is, lijkt doorzaaien om de structuurverbetering langer vast te houden minder zinvol. Doorzaai met haver bij woelen leek eerder negatieve effecten te hebben vergeleken met doorzaai met Italiaans raaigras, en wordt daarom afgeraden.

Ondanks een matige ontwatering was het opbrengstpotentieel van dit perceel redelijk: bij een relatief laag niveau van N-bemesting van  $270 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$  (2015) was de jaaropbrengst, gemiddeld over alle behandelingen,  $11,5 \text{ ton DS ha}^{-1}$ . De N-opname in 2015, gemiddeld over alle behandelingen, was  $272 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Bij een berekende NLV van  $123 \text{ kg N ha}^{-1}$  (Tabel 1; [www.bemestingsadviesbasis.nl](http://www.bemestingsadviesbasis.nl)) geeft dit een indicatieve benutting van de gegeven kunstmest van  $(272-123)/270 = 55\%$ ; dit is laag. Burgess et al. (2000) bemestte  $400 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$  met kunstmest; bij een dergelijk niveau van bemesting is voor te stellen dat negatieve effecten van verdichting op beworteling, bodemleven en mineralisatie worden gemaskeerd.

Uit ons onderzoek blijkt dat een relatief ingrijpende maatregel als woelen, mits uitgevoerd onder de juiste omstandigheden (vochtige/natte grond) en met een goed afgestelde machine, zonder problemen en zonder gevolgschade op middellange termijn uitgevoerd kan worden. Onze resultaten, in combinatie met gegevens uit Nieuw-Zeeland, geven niet de indruk dat het volvelds woelen van grasland met een (matig) verdichte bouwvoor een effectieve methode is om de opbrengst en/of N-benutting te verhogen. Bij ernstige verdichting op kopakkers, waar semipermanent water blijft staan, kan dit anders zijn. Ook in situaties met een ernstigere of dieper aanwezige verdichting (ondergrond) kan het mechanisch opheffen hiervan mogelijk wel positieve effecten hebben.

---

# Conclusies

- In dit onderzoek gaf het woelen ('liften') van de bouwvoor van een perceel matig verdicht grasland op zandgrond in het voor- of najaar een duidelijke verbetering van bodemstructuur- en bewortelingskenmerken. Deze verbetering duurde tenminste tien tot twaalf maanden (=maximale meetduur), maar gaf geen hogere grasopbrengst of N-opname. De gevonden resultaten zijn grotendeels in overeenstemming met de resultaten van internationaal onderzoek.
- De combinatie van woelen en doorzaai met haver of Italiaans raaigras gaf geen duidelijk betere resultaten, hoewel na de najaarsbehandeling in 2014 de N-opname over 2015 hoger was bij woelen en doorzaai met Italiaans raaigras (292 kg N ha<sup>-1</sup>) vergeleken met alleen woelen (272 kg N ha<sup>-1</sup>) of de onbehandelde controle (265 kg N ha<sup>-1</sup>). Verder was de N-opname bij woelen en doorzaai met Italiaans raaigras (292 kg N ha<sup>-1</sup>) ook hoger dan bij woelen en doorzaai met haver (262 kg N ha<sup>-1</sup>).
- De hypothese dat door de combinatie van woelen met doorzaai de structuurverbetering als gevolg van woelen langer in stand gehouden kon worden, werd niet aangetoond. Waarschijnlijk vormde de bestaande grasmat al voldoende snel nieuwe wortels, en had wortelvorming door de doorgezaaide planten geen extra bijdrage.
- Alleen woelen in het voorjaar van 2014 gaf over heel 2014 een 13 kg N ha<sup>-1</sup> hogere N-opname vergeleken met de controle, terwijl over het volgende groeiseizoen de N-opname bij woelen 14 kg N ha<sup>-1</sup> lager was vergeleken met de controle. Dit omdraaien van effect wordt verklaard door verschillen in mineralisatie van organische N in de bodem als gevolg van de structuurverbetering door woelen.
- Alleen doorzaai met Italiaans raaigras in het voorjaar van 2014 gaf in het groeiseizoen van 2015 een hogere N-opname (279 kg N ha<sup>-1</sup>) vergeleken met de controle zonder doorzaai (268 kg N ha<sup>-1</sup>) of alleen doorzaai met haver (264 kg N ha<sup>-1</sup>).
- Alleen doorzaai met Italiaans raaigras of haver in het voorjaar van 2014 had over bijna twee groeiseizoenen geen effect op de totale grasopbrengst vergeleken met de onbehandelde controle; bij doorzaai met Italiaans raaigras werd een (niet-betrouwbare) lagere opbrengst over het eerste groeiseizoen gevolgd door een 5% hogere opbrengst over het tweede.
- Zowel bij voor- als najaarswoelen daalde het aandeel Engels raaigras in de zode licht (-3% aandeel in bezetting). Bij voorjaarswoelen ging dit samen met een duidelijke toename van het aandeel Italiaans raaigras (van 4 tot 9% aandeel).
- Woelen van grasland, zoals uitgevoerd in dit onderzoek, gaf geen blijvende schade aan de graszode of -wortels. Negatieve effecten van woelen in het late voorjaar op de grasopbrengst en N-opname werden later in het seizoen weer gecompenseerd.
- Eind september lijkt desondanks het meest geschikte tijdstip voor woelen: de opbrengstderving daarna is klein, de temperatuur is nog voldoende hoog voor herstelgroei van de wortels, en de bodem heeft tot aan het volgende voorjaar de tijd om te bezakken.
- De resultaten van dit onderzoek geven nog niet de indruk dat het volvelds woelen van grasland met een (matig) verdichte bouwvoor een goede methode is om de drogestofopbrengst en N-opname te verhogen en de levensduur te verlengen.

---

# Aanbevelingen voor de praktijk

Op basis van het hier gerapporteerde onderzoek, waarnemingen tijdens de proefuitvoer en waarnemingen bij ander onderzoek, kunnen de volgende aanbevelingen gedaan worden voor het woelen van grasland op zandgrond:

- **Beoordeel eerst de mate van verdichting** bijvoorbeeld visueel (regelmatig plassen op het land, lichtgeel gras in het najaar door een geremde mineralisatie van organische N in de bodem), met behulp van een penetrometer (sterke verdichting treedt meestal op bij waarden in een vochtige bodem boven de 300 N (conus van 1 cm<sup>2</sup>)), en/of door een kuil te graven en de bodemstructuur, beworteling en het bodemleven te beoordelen.
- **Woel alleen volvelds als de bodem sterk verdicht is** en dit duidelijk zichtbaar is. Bij matige verdichting lijkt woelen weinig zin te hebben; de bodemstructuur verbetert wel maar dit heeft bij de huidige bemestingsniveaus geen positieve gevolgen voor gras-of eiwitopbrengst en levert daarmee geen financiële meerwaarde op.
- **Woelen van alleen de bouwvoor is minder zinvol bij verdichting van de ondergrond.** Woelen van zowel de bouwvoor als de ondergrond heeft dan de voorkeur.
- **Een geschikte woeldiepte is 25 cm** in het geval van verdichting in de bouwvoor. Dieper woelen vereist meer trekkracht en kans op schade aan de zode neemt toe. Een geschikte afstand tussen de woelpoten is 50 cm. Het gebruik van erg brede beitels (zoals in dit onderzoek) lijkt niet nodig; in onderzoek uit Nieuw-Zeeland hadden brede beitels (310 mm) geen groter effect dan smalle (51 mm).
- **Woel alleen als de bodem goed vochtig is** en er bij voorkeur ook regen verwacht wordt. Woelen bij droge grond of vlak voor een droogteperiode kan (grote) schade aan de zode geven.
- **Woelen aan het einde van september** lijkt het meest geschikte tijdstip. Na woelen kan er dan nog sprake zijn van voldoende wortelgroei, terwijl de gemiste opbrengst relatief klein is. Er kan ook op andere tijdstippen in het jaar gewoeld worden, mits de bodem voldoende vochtig is. Weliswaar kan de opbrengst dan tijdelijk dalen, maar de resultaten van dit onderzoek laten zien dat dit later weer gecompenseerd wordt. Woelen in het voorjaar lijkt minder wenselijk; er is een verhoogd risico op opbrengstderving in de belangrijke eerste snede en daarnaast kan de bodemstructuur bij het maaien nog te los zijn.
- **Stop tijdig met stikstofbemesting** bij woelen eind september; eind juli lijkt daarvoor een goed moment. Tijdig stoppen leidt ertoe dat het gras nog voldoende tijd heeft om de meeste minerale N uit de bodem op te nemen, waardoor er na het woelen minder minerale N kan uitspoelen als gevolg van een verhoogde mineralisatie.
- **Gebruik een voldoende zware trekker**, zowel wat betreft pk's als gewicht. Bij een lichte trekker treedt eerder wielslip op, waardoor schade aan de zode ontstaat. Als er toch sprake is van wielslip, verlaag dan de rijsnelheid. Datzelfde geldt ook als de graszode teveel losgetrokken wordt.
- **Woel een perceel bij voorkeur in de rijrichting.** Dit voorkomt dat daarna steeds over hobbels gereden wordt. Bij woelen dwars op de rijrichting ontstaat daarnaast eerder schade aan de zode; op plekken met spoorvorming wordt deze sneller losgetrokken. Dwars op de rijrichting woelen was in het gerapporteerde onderzoek alleen nodig vanwege de vereisten voor een goede proefuitvoer.
- Eventuele **doorzaai kan het beste vóór het woelen uitgevoerd worden**; bij de omgekeerde volgorde gaat een deel van de gerealiseerde structuurverbetering weer verloren vanwege het opnieuw berijden bij het doorzaaien. Het combineren van beide werkzaamheden heeft, indien mogelijk, de voorkeur.

---

# Referenties

- Burgess CP, Chapman R, Singleton PL, Thom ER (2000) Shallow mechanical loosening of a soil under dairy cattle grazing: effects on soil and pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 43:279-290
- Davies A, Adams WA, Wilman D (1989) Soil compaction in permanent pasture and its amelioration by slitting. *Journal of Agricultural Science* 113:189-197
- Drewry JJ, Lowe, JAH, Paton RJ (2000) Effect of subsoiling on soil physical properties and pasture production on a Pallic Soil in Southland, New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 43:269-277
- Harrison DF, Cameron KC, McLaren RG (1994) Effects of subsoil loosening on soil physical properties, plant root growth, and pasture yield. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 37:559-567
- Van Eekeren N, Ter Berg C (2008). *Graslandbeluchting leidt nog niet tot hogere grasopbrengst. V-focus, augustus*. AgriMedia, Wageningen, Nederland

---

# Bijlagen

## Bijlage 1. Perceelsbeoordeling

*Perceelsbeoordeling door Coen ter Berg op 2 april 2014*

Graslandvernieuwing is op dit bedrijf standaard tussen de 6 en 8 jaar. De productie loopt terug, er komen meer onkruiden en slechte grassen als straatgras. Er wordt doorgaans een mengsel van grassen, kruiden en klaver gezaaid. Het bedrijf is na de oorlog hier gevestigd en de grond in cultuur gebracht nadat in de jaren 30 dit gebied werd ontgonnen. Het perceel dat in aanmerking komt voor de proef ligt in het bos en is lager gelegen dan de omgeving. Het is redelijk vochthoudende grond. Het perceel is ingezaaid in 2005 met BG 11 en Alice witte klaver. We hebben een strook van 120 meter lengte op het midden van het perceel beoordeeld. Hiervoor zijn meerdere kuilen gegraven. Een samenvatting van de kuilen samen staat hieronder.

Profielopbouw: 0 tot 40 à 50 cm zwarte grond. Vanaf 40-50 cm gaat het profiel over in wit zand.

De verschillende onderscheidende lagen:

- 0 tot 10-12 cm Goede structuur met hoog aandeel kruimels  
Intensieve wortelgroei met veel jonge wortels  
Actief bodemleven met vooral grauwe worm
- 10 tot 30 cm Matige tot slechte structuur met hoog aandeel scherpgerande kluiten  
Sterke afname van wortelgroei met redelijk aandeel oude inactieve wortels en een enkele jonge wortel.  
Geen actief bodemleven met zeer gering aandeel poriën
- 30 tot 40 cm Slechte verdichte structuur  
Geen wortelgroei  
Geen wortels en gering aandeel poriën
- Vanaf 40 cm Wit zand zonder wortels en wormengangen.

De strook op het midden van het perceel beginnend 20 meter uit de kopakker en gelegen in de lengterichting is voldoende homogeen wat betreft profielopbouw en bodemconditie. Het grasbestand bevat op dit moment 25 tot 30% klaver. De productieve grassen domineren. Daarnaast is herderstasje, hoornbloem, straatgras en paardenbloem aanwezig.

## Bijlage 2. Proefveldschema

	Najaar	50 m	Voorjaar			
	10 m					
	60	3	2,7 m	30		
	59	6		29		
	58	4		28		
	57	2		27		
	56	5		26		
	55	1		25		
	54	4		24		
	53	6		23		
	52	2		22		
	51	1		21		
	50	3		20		
	49	5		19		
	48	2		18		
	47	1		17		
	46	3		16		
10 m	45	5	10 m	15	2	10 m
	44	4		14	3	101 m
	43	6		13	6	
	42	5		12	6	
	41	6		11	1	
	40	4		10	5	
	39	1		9	3	
	38	3		8	4	
	37	2		7	2	
	36	5		6	2	
	35	1		5	1	
	34	2		4	6	
	33	4		3	5	
	32	6		2	3	
	31	3		1	4	

- 1 = niet woelen, niet doorzaaien (controle)
- 2 = woelen, niet doorzaaien
- 3 = niet woelen, doorzaai Italiaans raigras
- 4 = niet woelen, doorzaai haver
- 5 = woelen, doorzaai Italiaans raigras
- 6 = woelen, doorzaai haver

---

## Bijlage 3. Maaidatums

<b>Jaar</b>	<b>Snede</b>	<b>Voorjaarsbehandeling</b>	<b>Najaarsbehandeling</b>
2014	1	5 mei (praktijk)	-
	2	16 juni	-
	3	30 juli	-
	4	15 september	-
	5	13 november	-
2015	1	15 mei	15 mei
	2	15 juni	15 juni
	3	30 juli	30 juli
	4	9 september	9 september
	5	23 oktober	23 oktober

## Bijlage 4. Bovengrondse stikstofopname en drogestofopbrengst per snede

Tabel 3

*N-opname (kg N ha<sup>-1</sup>) na de voorjaarsbehandeling, per snede en totaal in 2014 en 2015*

Behandelingscombinatie			Jaar/snede												
Woelen	Doorzaaien	Doorzaai gewas	2014					2015					2014	2015	2014+2015
			2	3	4	5	1	2	3	4	5	totaal	totaal	totaal	
nee	nee	geen	58	69	54	36	78	66	50	55	27	217	275	492	
	ja	haver					75	64	45	54	27		265		
	ja	italiaans raaigras					77	67	50	54	28		277		
ja	nee	geen	48	76	65	40	76	66	46	48	25	230	261	491	
	ja	haver					73	67	47	49	26		262		
	ja	italiaans raaigras					86	72	48	48	26		280		
LSD <sup>1)</sup>			9	5	4	3	7	5	6	3	3	12	14	30	
P-waarde <sup>1)</sup>			0,05	0,01	0,00	0,01	0,04	0,60	0,35	0,84	0,52	0,04	0,52	0,94	

<sup>1)</sup> LSD- en P-waarden van de hoogste orde interactie, behalve in 2014 en 2014+2015 (alleen hoofdeffect wel/niet woelen)

Tabel 4

*N-opname (kg N ha<sup>-1</sup>) na de najaarsbehandeling, per snede en totaal in 2015*

Behandelingscombinatie			Jaar/snede					
Woelen	Doorzaaien	Doorzaai gewas	2015					
			1	2	3	4	5	totaal
nee	nee	geen	76	61	52	54	22	265
	ja	haver	76	63	54	58	24	275
	ja	italiaans raaigras	76	68	50	57	25	277
ja	nee	geen	79	61	51	57	24	272
	ja	haver	82	63	41	53	22	262
	ja	italiaans raaigras	96	64	51	58	23	292
LSD <sup>1)</sup>			12	8	8	6	3	18
P-waarde <sup>1)</sup>			0,10	0,45	0,02	0,14	0,43	0,03

<sup>1)</sup> LSD- en P-waarden van de hoogste orde interactie



Tabel 5

Bovengrondse opbrengst (kg DS ha<sup>-1</sup>) na de voorjaarsbehandeling, per snede en totaal in 2014 en 2015

Behandelingscombinatie			Jaar/snede												
Woelen	Doorzaaien	Doorzaai gewas	2014					2015					2014	2015	2014+2015
			2	3	4	5	1	2	3	4	5	totaal	totaal	totaal	
nee	nee	geen	2869	2607	2344	1124	4584	2729	1724	1475	939	8944	11451	20395	
	ja	haver	2505	2744	2458	1059	4543	2644	1626	1489	942	8767	11244	20010	
	ja	italiaans raaigras	2306	2674	2369	1069	4759	2814	1808	1485	970	8417	11836	20253	
ja	nee	geen	2089	2753	2571	1190	4524	2766	1646	1294	848	8603	11078	19681	
	ja	haver	1735	3013	2440	1225	4607	2860	1677	1295	856	8414	11295	19710	
	ja	italiaans raaigras	1711	2841	2563	1311	4881	2909	1705	1282	896	8426	11673	20099	
LSD <sup>1)</sup>			374	144	166	209	331	185	181	84	82,4	581	474	1018	
P-waarde <sup>1)</sup>			0,48	0,30	0,07	0,60	0,80	0,35	0,22	0,87	0,82	0,37	0,5	0,83	

<sup>1)</sup> LSD- en P-waarden van de hoogste orde interactie

Tabel 6

Bovengrondse opbrengst (kg DS ha<sup>-1</sup>) na de najaarsbehandeling, per snede en totaal in 2015

Behandelingscombinatie			Jaar/snede					
Woelen	Doorzaaien	Doorzaai gewas	2015					
			1	2	3	4	5	totaal
nee	nee	geen	4648	2534	1721	1507	822	11232
	ja	haver	4797	2723	1812	1656	862	11850
	ja	italiaans raaigras	4434	2666	1699	1596	899	11294
ja	nee	geen	5002	2446	1650	1557	868	11523
	ja	haver	4789	2591	1420	1442	853	11095
	ja	italiaans raaigras	5231	2500	1795	1620	816	11962
LSD <sup>1)</sup>			523	344	303	127	101	747
P-waarde <sup>1)</sup>			0,03	0,89	0,03	0,01	0,29	0,01

<sup>1)</sup> LSD- en P-waarden van de hoogste orde interactie



---

Wageningen UR Livestock Research  
Postbus 338  
6700 AH Wageningen  
T 0317 48 39 53  
E [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl)  
[www.wageningenUR.nl/livestockresearch](http://www.wageningenUR.nl/livestockresearch)

Wageningen UR Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

