

Bufferboeren

*Productieve maatregelen
voor meer droogtetolerantie
Duurzame klimaatoplossingen
voor landbouw & water*

*Nick van Eekeren
Joachim Deru
Stephanie Gerdes*

Verantwoording

Deze brochure biedt een integraal pakket van maatregelen aan om landbouw droogtetoleranter te maken op het gebied van hydrologie, bodemkwaliteitsverbetering, beworteling en gewaskeuze. De maatregelen zijn in het project Bufferboeren onderzocht met 24 agrarische ondernemers in Loosbroek (Noord-Brabant) en zijn een effectieve strategie om verdroging op Nederlandse landbouwgronden tegen te gaan. Graag willen we de agrarische ondernemers bedanken die hebben deelgenomen aan het project Bufferboeren, met speciale dank aan Mari en Harm van Daal, Jan Dobbelsteen, Bart en Pieter van Gogh, Richon van Grinsven, Willy van der Heijden, Jan en Jose van Helvoort, Mark en Adrie van Lieshout, Stan Roefs, Michel Sigmans, Marti Thijssen en Arnoud van der Wijst.

Met dank aan de begeleidingscommissie, bestaande uit Ruud van Nieuwenhuijze (Brabant Water), Maarten Verkerk (Waterschap Aa en Maas), Rob Ruijtenberg (Stowa), Johan Elshof (ZLTO) en Geert Wilms (LIB) zijn we er met dit project in geslaagd om maatregelen te onderzoeken, een maatregelenpakket op te stellen en de opgedane kennis te verspreiden. Daarnaast willen we ook graag Frans Verwer bedanken voor zijn inzet als ZLTO projectleider in de eerste 2 jaar van het project.



Nick van Eekeren,



www.louisbolk.nl

info@louisbolk.nl

T 0343 523 860

F 0343 515 611

Hoofdstraat 24

3972 LA Driebergen

[@LouisBolk](https://twitter.com/LouisBolk)

www.zlto.nl

073 217 30 00 (alg.)

073 217 33 33 (leden)

073 217 30 01 (fax)

Postbus 100

5201 AC 's-Hertogenbosch

© Louis Bolk Instituut en ZLTO 2015

Foto's: Louis Bolk Instituut, WUR-Livestock Research en ZLTO

Eindredactie:

Lidwien Daniels

Ontwerp: Fingerprint

Deze uitgave is per mail of website te bestellen bij het LBI onder nummer 2015-028 LbD

Joachim Deru, Stephanie Gerdes **Bufferboeren**

Inhoud

1. *Aanleiding en inleiding* 5
2. *Hydrologische maatregelen* 6
3. *Maatregelen die de
bodemkwaliteit verbeteren* 12
4. *Beworteling* 22
5. *Gewaskeuze* 32
- Meer lezen* 38



1. Aanleiding en inleiding

Droge zandgronden

Hoger gelegen zandgronden zijn vaak droogtegevoelig. Door klimaatverandering, maar ook vanwege een grotere waterbehoefte vanuit landbouw en maatschappij, is de waterbeschikbaarheid op deze gronden nog onzekerder geworden. Dit heeft negatieve gevolgen voor agrarische ondernemers, waterbedrijven, industrie en uiteindelijk ook de consument. Daarom is het belangrijk te weten welk soort maatregelen getroffen kan worden om de schadelijke effecten van verdroging te minimaliseren.

Integraal pakket van maatregelen

In het project Bufferboeren (2011-2014) hebben 24 agrarische ondernemers en waterbeheerders verschillende maatregelen voor droogtegevoelige gronden uitgetest. Het doel was een integraal pakket van maatregelen samen te stellen op het gebied van hydrologie, bodemkwaliteitsverbetering, beworteling en gewaskeuze (zie Tabel 1.1). Deze maatregelen moeten verdroging zo veel mogelijk beperken en de landbouw droogtetoleranter maken. Het project is uitgevoerd in Loosbroek (Noord-Brabant), waar Brabant Water plannen heeft voor uitbreiding van de diepe waterwinning. De geteste maatregelen kunnen ook worden ingezet in andere delen van het Zuidoostelijk zandgebied (het projectgebied van het Deltaplan Hoge Zandgronden). Ze zijn een effectieve strategie om verdroging op Nederlandse landbouwgronden tegen te gaan.

Leeswijzer

In de brochure wordt het integrale pakket van maatregelen besproken:

Hoofdstuk 2 Hydrologische maatregelen

Hoofdstuk 3 Bodemkwaliteitsverbeteringen

Hoofdstuk 4 Beworteling

Hoofdstuk 5 Gewaskeuze

In elk hoofdstuk worden naast maatregelen ook de effecten op watervoorziening, droogtetolerantie en gewasproductie behandeld.

In tabel 1.1 is een integraal pakket van maatregelen weergegeven waarbij de volgende doelen nagestreefd worden:

1. Zoveel mogelijk water bufferen door hydrologische maatregelen;
2. Zoveel mogelijk water bufferen door bodemkwaliteitsverbeteringen;
3. De wortels dichterbij het water brengen;
4. Een efficiëntere waterbenutting door gewaskeuze.

Tabel 1.1. Integraal pakket van maatregelen voor droogtegevoelige gronden.

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
1. Hydrologisch (Hoofdstuk 2)	Peilbeheer	LOP-stuwen Peilgestuurde drainage
	Andere bronnen wateraanvoer	Gebruik spoelwater van pompstation Spoel-/spuiwater RWZI
	Beregenen	Optimalisering huidige beregening
	2. Bodemkwaliteit (waterretentie, waterinfiltratie) (Hoofdstuk 3)	Organische stof
Structuur		Voorkomen verdichting en structuurbederf Opheffen verdichting
Bodemchemie		Kalibemesting Bentoniet PRP
Bodemleven		Landgebruik pH Gewaskeuze en management
3. Beworteling (diepte en intensiteit) (Hoofdstuk 4)	Bodem	Preventie verdichting, structuur, pH, regenwormen
	Gewas	Gewaskeuze en raskeuze (gras, maïs etc.)
	Bemesting	Meststof, plaatsing en timing
	Management	Maaien en weiden
4. Gewaskeuze (waterverbruik, N-behoefte) (Hoofdstuk 5)	Eenjarig	Maïs
		Andere granen
		Sorghum
	Meerjarig	Engels raaigras
		Grassoorten: Rietzwenkgras en kropaar
		Vlinderbloemige: Rode klaver en luzerne
		Kruiden: Cichorei, smalle weegbree en karwij

Tijd en geld

Hydrologische maatregelen sorteren direct effect, maar vragen tegelijkertijd vaak een behoorlijke investering. Het verhogen van het organische stofgehalte is een maatregel die veel tijd nodig heeft. Dit wil niet zeggen dat deze maatregel niet nu moet worden ingezet. Het dichterbij het water brengen van wortels is daarentegen een zeer eenvoudige maatregel die snel resultaat oplevert. Een efficiëntere waterbenutting is zowel voor agrariërs als waterbeheerders van belang.

Voor veehouders en waterbeheerders is snijmaïs (190 liter water per kg droge stof) een zeer waterefficiënt gewas en niet te vergelijken met Engels raaigras, dat wel 350 liter water per kg droge stof nodig heeft. Aan de andere kant is maïs een gewas waarbij het organische stofgehalte in de bodem kan teruglopen en wordt bij gras het organische stofgehalte in de bodem verhoogd.

Film over Bufferboeren

Integraal pakket van maatregelen wordt ook besproken in deze film:
www.youtube.com/watch?v=-62gVtDhnh4





2. Hydrologische maatregelen

2.1 Algemeen

Het bufferen van water kan via bodemkwaliteitsverbeteringen gerealiseerd worden, en ook via hydrologische maatregelen. Wees bewust van de kansen op een bedrijf om water via hydrologische maatregelen te bufferen. Drainagewater van natte percelen kan bijvoorbeeld geïnfiltreerd worden op drogere percelen. Breng de verschillen in hoogteligging van percelen eens in beeld via www.ahn.nl.



Optimalisatie bodem en water

*In de publicatie **Optimalisatie bodem en water** van het project Landbouw op Peil worden op een systematische manier maatregelen bij droogte en natheid behandeld. In deze publicatie wordt uitgebreid ingegaan op hydrologische maatregelen, terwijl in het project Bufferboeren meer de nadruk ligt op bodem-, bewortelings- en gewasmaatregelen.*

2.2 Maatregelen

2.2.1 Stuwen

"LOP-stuwen"

Met de zogenaamde Landbouw OntwikkelingsPlan- of "LOP-stuwen" kan water langer in een gebied worden vastgehouden oftewel geconserveerd. Uit praktijkervaringen blijkt dat stuwstanden vaak hoger kunnen worden opgezet dan vooraf gedacht. De draagkracht van de grond bleef ondanks de hoge waterstanden goed. Bij langdurige periodes zonder aanvoer van water werkt deze maatregel uiteraard niet meer. Als er bijna nooit water in een sloot/watergang blijft staan, heeft deze maatregel weinig zin.



Probeer via stuwen het water zo goed mogelijk te conserveren.

Grip op grondwaterstanden

Leg een aantal peilbuizen aan om het grondwater te monitoren. Dat kan simpel met een grondboor en een PVC-buis met aan de onderkant een melkfilter of oude sok. Daarmee voorkom je dat er grond in de peilbuis terecht komt. Sluit de peilbuis af met een dop met een gaatje (de lucht moet erin en eruit kunnen bij een wisselend waterpeil). Met een dompelklokje aan een meetlint wordt het waterpeil gemeten.



2.2.2 Peilgestuurde drainage

Hoe werkt peilgestuurde drainage?

Bij peilgestuurde drainage liggen de drains onder water en kan het peil via een constructie aan het eind van de buizen geregeld worden. Bij het systeem van samengestelde peilgestuurde drainage monden de drains niet rechtstreeks uit in de sloot, maar in een verzamelrain. Deze komt op zijn beurt weer uit in een verzamelput waarin het peil regelbaar is. Bij dit systeem zijn er vaak meer drains aangelegd dan bij conventionele drainage, en die liggen bovendien dieper. Dankzij de mogelijkheden tot sturing kan er doorgaans een hoger peil gehanteerd worden dan bij conventionele drainage. Hierdoor wordt het water beter vastgehouden zodat minder snel beregend hoeft te worden. Omgekeerd is het peil ook makkelijk te verlagen zodat je ook in een natter voorjaar sneller het land op kunt voor werkzaamheden. In gebieden met een constante aanvoer uit regen-, kwel- of oppervlaktewater kan het peil gedurende het hele groeiseizoen gereguleerd worden. Het voordeel van een verzamelput is dat bij haperende wateraanvoer ook water uit alternatieve bronnen kan worden aangevoerd (zie Paragraaf 2.2.3 Andere bronnen van wateraanvoer).



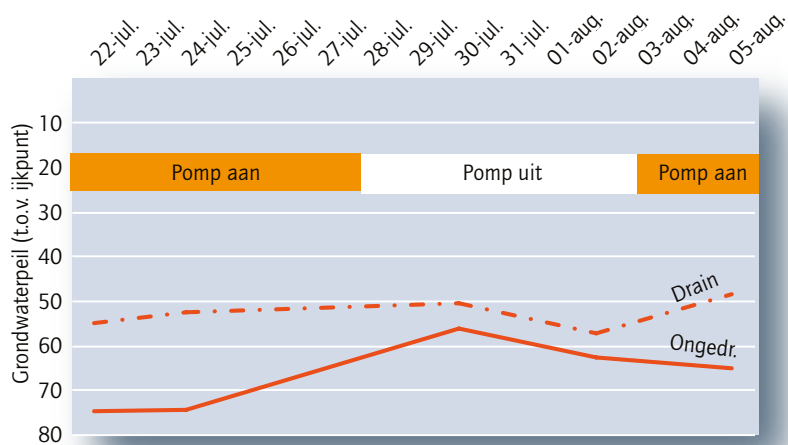
Verzamelput voor peilgestuurde drainage.

Infiltreren via drainage door Jan Ketelaars

Jan Ketelaars, melkveehouder in Heeswijk-Dinther, heeft zijn conventionele drainagebuizen op een perceel gekoppeld aan een centrale buis die uitkomt in een put met elektrische pomp. Hiermee kan hij water uit de drains pompen en ook water vanuit de watergang in de drains het perceel inpompen. Metingen aan het grondwaterpeil met en zonder drainage laten zien dat op het moment van pompen, het grondwater tot 20 cm hoger stond dan in het gedeelte van het perceel waar niet werd geïnfiltrerd. Het grondwater kwam op 40 tot 45 cm onder het maaiveld uit in plaats van ruim 50 tot 60 cm (Figuur 2.1). Volgens Jan Ketelaars is dat verschil belangrijk: "Zeker omdat de grondwaterstand relatief dicht onder het maaiveld zit, kunnen die dertien tot twintig centimeters dan juist het verschil maken of de grasplant het water via capillaire werking kan bereiken of niet". Op het moment dat de pomp werd uitgezet, zakte het grondwater weer naar het niveau van de niet-gedraineerde grond. Het verschil ontstond weer snel nadat de pomp opnieuw aangezet werd (Deru en van Eekeren, 2013). Infiltratie van water via de drainage biedt dus duidelijk kansen op bedrijven met een redelijke grondwaterstand om die tijdens droogte te verhogen.



Peil in drainage kan gereguleerd worden door pijp omhoog of naar beneden te zetten.



Figuur 2.1: infiltreren via de drains tijdens droogteperiodes leidde tot een grondwaterstand die 13 tot 20 cm hoger lag.

Verzamelput voor waterinfiltratie in de drains.



Een belangrijk voordeel van infiltreren t.o.v. beregenen lijkt het efficiëntere gebruik van water, omdat er geen directe verdampingsverliezen zijn. Belangrijk zijn ook de besparingen van energie en arbeid. Jan Ketelaars: "Beregemen kost me € 5,- stroom per **uur**, terwijl de waterinfiltratie via drainage ongeveer € 2,50 aan elektriciteit per **dag** kost".

Een ander voordeel van het systeem is dat de beworteling van het grasland minder te lijden heeft in zowel natte als droge perioden. Overtollig water wordt sneller afgevoerd met actieve drainage. Het is bekend dat de beworteling 'lui' wordt tijdens droogte wanneer het water van boven wordt gegeven. Infiltreren van onderaf stimuleert juist een diepere beworteling. Een diepere beworteling zorgt voor een hogere en stabielere productie en langere levensduur van het grasland. Toch zijn er ook situaties waarin beregenen gunstiger is: "In sommige gevallen is het handig om vocht van boven te geven. Bijvoorbeeld bij droog weer wanneer kunstmest is gestrooid en de korrels moeten oplossen. Bij infiltreren gebeurt dat niet", is de ervaring van Jan Ketelaars.

2.2.3 Andere bronnen van wateraanvoer

Buffering in waterbassins

Door stuwtejes, peilgestuurde drainage en bodemkwaliteitsverbeteringen kan de watervoorraad in de bodem, het grond- en oppervlaktewater gebufferd worden. Daarnaast kan er ook via waterbassins water worden opgeslagen dat later wordt ingezet voor beregening of infiltratie in (peilgestuurde) drainage. Dit water kan regenwater zijn, maar kan ook uit andere bronnen komen. Een waterbassin kan ontstaan door een poel of een natte plek op het bedrijf verder uit te graven. Dat kan voor extra biodiversiteit op het bedrijf zorgen.

Andere bronnen

Als de aanvoer uit regen-, kwel- of oppervlaktewater niet voldoende is, moeten andere waterbronnen worden gezocht. Op het eigen bedrijf kan drainagewater van nattere percelen ingebracht worden op drogere percelen. Ook erfafspoeling en regenwater van gebouwen kunnen voor wateraanvoer zorgen. Daarnaast kunnen externe bronnen ingeschakeld worden, zoals water uit rioolwaterzuivering, spoelwater van pompstations van waterwinbedrijven of restwater van de industrie. (bijvoorbeeld de pilot Boer, bier en water, samen met Bavaria).



Water uit rioolwaterzuivering wordt in de Achterhoek via drainage geïnfiltreerd.

2.2.4 Beregening

Wel of geen mogelijkheid tot beregening

Beregening is het laatste redmiddel als alle aanvoer vanuit regen en bodem en van waterconservering onvoldoende blijkt te zijn. Voordat tot beregening wordt overgegaan kunnen er nog andere maatregelen getroffen worden, zoals bodemkwaliteitsverbeteringen, beworteling en gewaskeuze (zie ook Hoofdstuk 3, 4 en 5). Beregening is een maatregel die niet altijd ingezet kan worden. Soms is er simpelweg geen regeninstallatie op het bedrijf; soms geldt er een beregeningsverbod; en daarnaast telt het kostenplaatje (afschrijving, energie en arbeid). Als er voor beregening wordt gekozen, volg dan het ZLTO - Beregeningssignaal.

Effect van beregening op beworteling

Te vroeg beregenen is het paard achter de wagen spannen. Net als bij gebrek aan nutriënten gaat gras bij een gebrek aan water proberen het nattere gedeelte van de bodem te doorwortelen, als de bodemstructuur dit toelaat. Deze groei in het wortelstelsel kost echter ook weer extra water. Van de factoren maaihoogte, maai frequentie en beregening, heeft te frequent beregenen het grootste negatieve effect op de intensiteit en diepte van beworteling. Voor het doorgroeien van wortels is het belangrijk dat fosfaat voldoende beschikbaar is, ook bij droogte. Droogte, in combinatie met een tekort aan fosfaat, werkt negatief op de wortelgroei. Wanneer er beregend moet worden, is het beter voor de wortelontwikkeling om minder vaak en langer achter elkaar te beregenen.

ZLTO - Beregeningssignaal

www.zlto.nl/item/10067/

Beregen-efficient-met-Beregeningssignaal



Start met beregenen volgens 'advies' (pF 2.7 of uitgesteld pF 3.2) van uitgedroogde grond of volg het beregeningssignaal. Controleer of er vocht in de grond zit door het nemen van een monster met een gutsboor. Beregen wat de bouwvoor/wortelzone aan kan. In de praktijk is dit vaak 20-30 mm.

3. Maatregelen die de bodemkwaliteit verbeteren

3.1 Algemeen

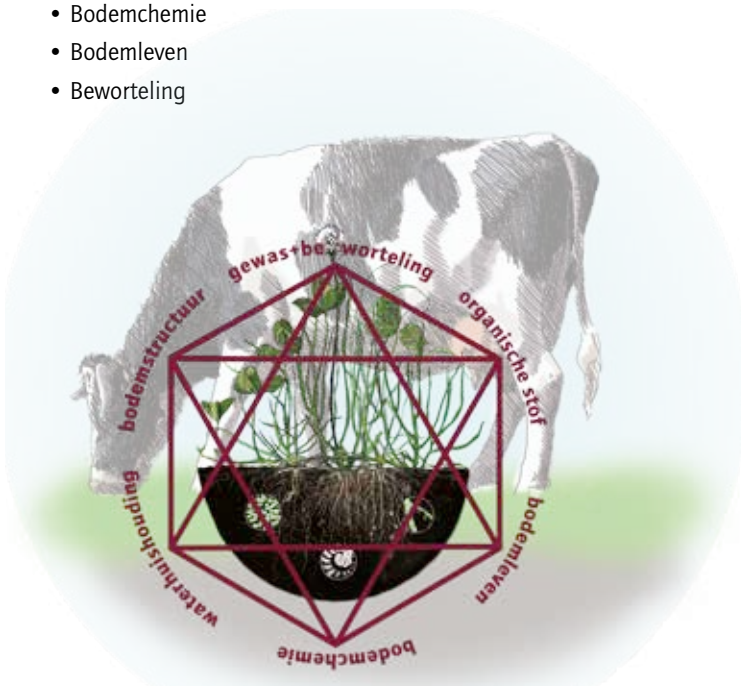
Wat betreft de watervoorziening van de plant heeft bodemkwaliteit een directe relatie met het bufferen van water door de bodem. Daarnaast heeft bodemkwaliteit ook een effect op de plant (o.a. wortelgroei) waardoor het gewas toleranter wordt voor droogte. In eerste instantie wordt bij de verbinding van bodem en water vaak gedacht aan organische stof en bodemstructuur. Bij het werken aan de kwaliteit van de bodem spelen echter zes elementen een rol (Figuur 3.1):

- Waterhuishouding
- Organische stof
- Bodemstructuur
- Bodemchemie
- Bodemleven
- Beworteling

In dit hoofdstuk komen organische stof, bodemstructuur, bodemchemie en bodemleven aan bod als maatregelen die de bodemkwaliteit verbeteren. Het gewas met zijn beworteling heeft hierin een centrale rol en zal daarom apart in Hoofdstuk 4 worden behandeld. Ook de waterhuishouding (o.a. Hoofdstuk 2) speelt een belangrijke rol bij het verbeteren van de bodemkwaliteit. Met name te natte omstandigheden hebben een negatief effect op de andere vijf elementen van bodemkwaliteit. Zij leiden tot

- een lage draagkracht;
- kans op structuurbederf;
- uitspoeling van nutriënten;
- zuurstofarme omstandigheden met als gevolg nutriëntenverlies, minder bodemleven en het afsterven van wortels.

Op drogere gronden zal dit minder spelen, maar de waterhuishouding moet wel met hydrologische maatregelen (zie Hoofdstuk 2) worden geregeld.



Figuur 3.1: Deze zes elementen van bodemkwaliteit kunnen niet los van elkaar worden gezien, maar hangen allemaal met elkaar samen.



Oppervlaktewater beslaat slechts 5-10% van het landoppervlakte, terwijl de bodem 90-95% van het landoppervlakte uitmaakt. Dit maakt dat de bodem belangrijk is voor de buffering van water.

3.2 Organische stof

3.2.1 Effect organische stof

Waterberging en vochtlevering

Organische stof werkt als een spons om water vast te houden en vrij te geven. Een toename van 1% organische stof in de bovenste laag (0 tot 10 cm) van grasland op een zandgrond verhoogt het vochtgehalte van de bodem in het voorjaar met 1,5 tot 2,1% vocht (van Eekeren en Bokhorst, 2010). In het project Bufferboeren was dit voor bouwland in de laag 0-30 cm zelfs 2,5% vocht. Afhankelijk van de laag waar de verhoging van organische stof plaatvindt, betekent dit 2 tot 10 mm méér water beschikbaar per procent organische stof in de bodem. Daarmee is het organische stofgehalte een belangrijk element in de vochtvoorziening van de plant. Dit betekent echter ook dat een bodem met een hoger organische stofgehalte en hoger vochtgehalte in het voorjaar minder snel opwarmt en een lagere draagkracht heeft.

Lange adem

Een kanttekening is dat het verhogen van organische stof vaak een kwestie is van lange adem. Met blijvend grasland gaat het aanvoeren van effectieve organische stof voor 1 % verhoging van het organische stofgehalte in de laag 0 tot 10 cm met 3,5 jaar nog relatief snel. Voor dezelfde verhoging is echter 400 m³ drijfmest nodig (zie ook Paragraaf 3.2.2 en 3.2.3) Voor 1% verhoging van organische stof in de laag 0 tot 30 cm is zelfs 1200 m³ runderdrijfmest nodig. In een proef in het project Bufferboeren bij Mari en Harm van Daal, akkerbouwers in Loosbroek en deelnemers aan het project, is geëxperimenteerd met de aanvoer van zeefgrond en groencompost. Bij de aanvoer van 100 ton per ha per jaar van zeefgrond of groencompost gedurende 2 jaar nam het organische stofgehalte in de laag 0 tot 30 cm met respectievelijk 0,18 en 0,26% toe. Voor 1% verhoging in de laag 0 tot 30 cm zou je deze behandelingen dus minimaal 8 tot 10 jaar moeten volhouden.

Wat mag een kilo Effectieve Organische Stof (EOS) kosten?

1% extra organische stof in de laag 0-10 cm op zandgrond geeft in een onbemeste situatie een productiestijging van 1320 kg droge stof gras per ha oftewel € 145,- per ha per jaar (van Eekeren e.a., 2010). Voor graslandproductie op zandgrond mag een kg EOS € 0,50 kosten (van Eekeren e.a., 2010). Janjo de Haan van PPO-WUR rekende voor akkerbouwbedrijven op zandgrond uit dat een kg EOS €1,- mag kosten.



Organische stof werkt als een spons om water vast te houden.



Het organische stofgehalte in de bodem is het resultaat van aanvoer en afbraak. In dit plaatje is de aanvoer groter dan de afbraak waardoor het organische stofgehalte in de bodem stijgt.

3.2.2 Maatregelen: Afbraak organische stof verminderen

Bewust zijn van afbraak

Afbraak van organische stof komt altijd voor en is eigenlijk de mineralisatie van organische stof. Mineralisatie en afbraak zijn belangrijk voor de levering van nutriënten aan het gewas. Stimulering van het bodemleven bepaalt in sterke mate de afbraak. Het bodemleven wordt gestimuleerd door:

- meer lucht in de grond te brengen (o.a. grondbewerking en ontwatering);
- de bodemtemperatuur te laten toenemen (o.a. ontwatering);
- de pH te laten stijgen.

Deze afbraak zorgt uiteindelijk voor een lager organisch stofgehalte. Het advies is dus om bewust met afbraak om te gaan zodat de mineralisatie ook daadwerkelijk in het gewas kan worden benut.

Grondbewerking minimaliseren bij teelt van gras

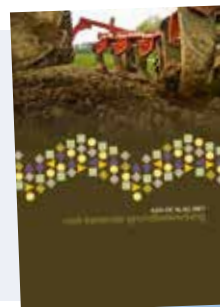
Om afbraak van organische stof te voorkomen moet er minder frequent grasland worden vernieuwd. Dit betekent nog meer focus op het onderhoud van grasland (o.a. doorzaai van grasland). Als er graslandvernieuwing plaatsvindt moet de grondbewerking worden geminimaliseerd. De keuze van grondbewerking bij graslandvernieuwing is afhankelijk van de bodemstructuur en de verdeling van organische stof in bouwvoor. Kies bij een goede bodemstructuur en verdeling van organische stof door de bouwvoor bij voorkeur voor een oppervlakkige grondbewerking als het grasland vernieuwd wordt. Dit kan bijvoorbeeld door het gras, nadat het doodgespoten is, oppervlakkig te bewerken met een pennenfrees. Hierdoor ontstaan hapjes in de oppervlakte, die voorkomen dat de grond 'dicht slaat'. Bij een slechte bodemstructuur en slechte verdeling van de organische stof is het goed om de bouwvoor te mengen. Door de verdeling van organische stof door het profiel neemt het waterbergend en vochtleverend vermogen toe. In combinatie met een diepe beworteling is dit juist een voordeel op drogere gronden.

Grondbewerking minimaliseren bij de teelt van maïs

Door op het maïsland de grondbewerking te minimaliseren wordt er minder organische stof afgebroken en blijft er meer organische stof behouden. In een langjarige proef in De Moer bevatte de grond bij direct zaaien van maïs 14 ton méér organische stof (0,3% organische stof in de laag 0 tot 30 cm) dan bij ploegen. Tijdens de drie jaar is er bij het ploegen 525 kg N per ha vrijgekomen door de afbraak van organische stof en mineralisatie zonder dat er een verschil in productie ontstond. Deze 525 kg N per ha is in feite verloren gegaan via uitspoeling. Omgerekend betekent dit dat er letterlijk € 525 per ha wegspoelt als er geploegd wordt i.p.v. direct gezaaid.



Verschillende deelnemers aan het project Bufferboeren hebben minimale grondbewerking toegepast via het direct zaaien van maïs na een bewerking met een woelpoot of een strokenfrees.



Voor meer info over direct zaaien van maïs en niet-kerende grondbewerking zie www.maisteeltinstroken.nl en de brochure **Bodem Breed over Niet-Kerende Grondbewerking**.

3.2.3 Maatregelen aanvoer organische stof

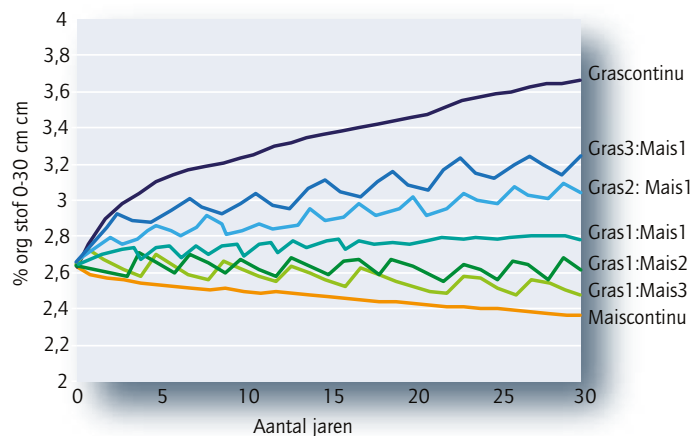
400 m³ runderdrijfmest voor 1% organische stofstijging

De aanvoer van organische stof via mest is voor veel veehouders de meest zichtbare maatregel. Omgerekend heb je echter 400 m³ runderdrijfmest nodig voor 1% stijging van het organische stofgehalte in de laag 0 tot 10 cm. Stalmest bevat meer organische stof dan drijfmest maar hier is ook nog 170 ton per ha nodig om 1 % verhoging te krijgen.

Gewas- en wortelresten van blijvend grasland zijn voor melkveebedrijven de belangrijkste bron van organische stof, en niet mest. Blijvend grasland heeft een aanvoer van 3675 kg Effectieve Organische Stof per ha per jaar (equivalent aan 111 m³ runderdrijfmest) en een relatief lage afbraak. Blijvend grasland is dan ook de belangrijkste maatregel op een melkveebedrijf om het gehalte aan organische stof van de bodem te verhogen. Onderhoud van blijvend grasland en verlaging van de frequentie van graslandvernieuwing zijn de belangrijkste submaatregelen.



Topmaatregel organische stof voorziening: blijvend grasland met lage frequentie van vernieuwing



Meer wortels betekenen meer organische stof

Onder grasland kan de wortelmassa variëren van 1 tot 8 ton droge stof. Drie ton droge stof méér wortelmassa betekent in 10 jaar tijd een toename van het organische stofgehalte van 0,5% in de laag 0 tot 10 cm (zie Hoofdstuk 4 Beworteling voor maatregelen). Dit staat in termen van organische stof gelijk aan 20 m³ runderdrijfmest per jaar.

< Figuur 3.1: Op blijvend grasland wordt relatief meer organische stof aangevoerd dan afgebroken waardoor het organische stofgehalte stijgt. Op bouwland wordt minder organische stof aangevoerd en is de afbraak van organische stof door grondbewerking hoger. Daardoor neemt het organische stofgehalte af. Bij vruchtwisseling wisselen de opbouw van organische stof in de graslandfase en de afname in de bouwlandfase elkaar af (van Eekeren *e.a.*, 2011).

3.3 Bodemstructuur

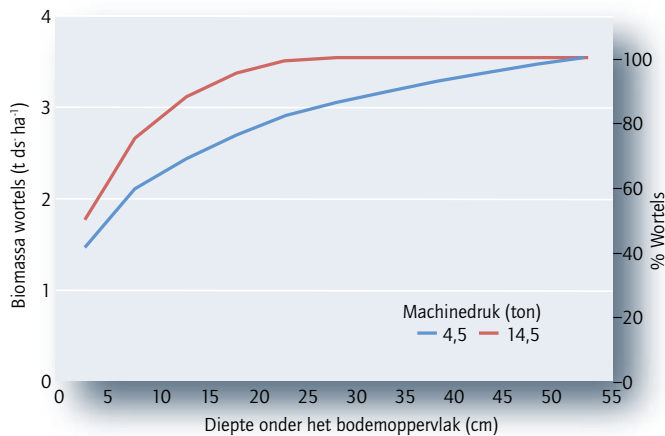
3.3.1 Effect bodemstructuur

Water vasthouden en infiltreren

Als een grond verdicht, zijn er minder poriën om lucht en water vast te houden. Daarnaast verslechtert de waterinfiltratie door verdichting en een slechte bodemstructuur (van Eekeren e.a., 2010; Deru e.a., 2012).

Beworteling

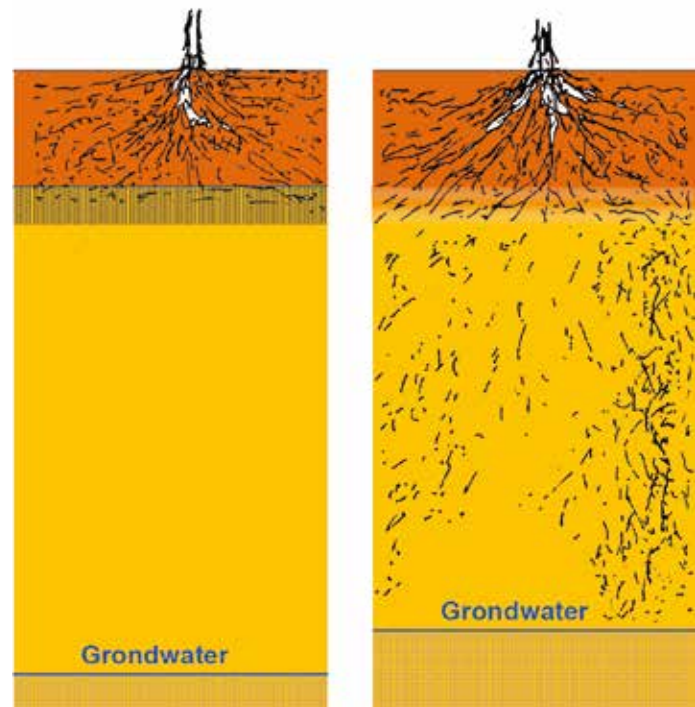
Een goede bodemstructuur zonder verdichting is essentieel voor een goede beworteling. Naast de weerstand die een wortel ondervindt heeft verdichting effect op de beworteling door een afname van de grootte van de poriën, wat de vocht- en zuurstofbeschikbaarheid in de bodem verlaagt. Een hoge machinedruk zorgt ervoor dat graswortels zich concentreren in de laag 0 tot 20 cm, terwijl bij een lagere machinedruk wortels, ook op zandgrond, doorgroeien tot 50 cm (zie figuur 3.2).



Figuur 3.2: Effect van langjarige machinedruk op grasland op zandgrond op wortelverdeling in de bodem (Bouman en Arts, 2000).

Gewasproductie

Modelberekeningen uit het project "Goede grond voor een duurzaam watersysteem" laten zien dat de droogtestress in een verdichte bodem kleiner is voor maïs dan voor gras. Het negatieve effect op de opbrengst is echter groter bij maïs dan bij gras (Groenendijk e.a., 2015). In een ander onderzoek nam de grasproductie op zandgrond af met 12% bij een machinedruk van 4,5 naar 14,5 ton (Bouman en Arts, 2000). De maïsproductie nam na verdichting op zandgrond gemiddeld af met 15%, maar met een wiellast van 6 ton kon de productievering ophopen tot 35% (Proef Westerhoven).



Verdichting en slechte bodemstructuur leiden uiteindelijk tot minder water en beworteling in de bodem (Bron: Goede grond voor een duurzaam watersysteem).

3.3.2 Maatregelen bodemstructuur

Verdichting en structuurbederf voorkomen

De eerste stap om de structuur te verbeteren en verdichting te voorkomen is een goede ontwatering: een lager vochtpercentage van de grond verhoogt de draagkracht. Als er geen sporen zichtbaar zijn na berijding is het perceel mogelijk al zwaar verdicht. Het is nuttig om ook eens in de grond te kijken voordat je op een perceel gaat rijden. De laatste 30 jaar zijn machines alleen maar groter en zwaarder geworden. Er heeft echter ook ontwikkeling plaatsgevonden in de bandenindustrie (oppervlakte en soort). Vergeleken met 30 jaar geleden zijn de wiellasten verdubbeld, zijn de banden 70% breder, is de banddruk 20% lager, maar is de uiteindelijk grondspanning met 20% verhoogd (Vermeulen e.a., 2013). Het is dus verstandig om nog bewuster machines, banden en bandenspanning (0,8 bar) te bepalen. Denk bijvoorbeeld bij ploegen van bouwland aan bovenover ploegen of bij grasland mest uitrijden met sleepslang (ook op zandgrond).



Ga over de machine en bandenspanning ook in gesprek met de loonwerker, en zorg voor een eigen bandenspanningsmeter die je gebruikt.

Opheffen verdichting met graslandwoeler

Onder blijvend grasland kan de grond niet jaarlijks worden bewerkt. Het bodemleven moet eventueel ontstane verdichting opheffen. Voorwaarde is wel dat er genoeg bodemleven aanwezig is. Met name als de bodem onder grasland keer op keer verdicht wordt door zware machines, neemt het bodemleven af en verdwijnt de mogelijkheid voor natuurlijk herstel. Steeds vaker wordt op grasland een woelpoot ingezet om verdichting tegen te gaan. Recent onderzoek op zandgrond laat zien dat deze bewerking in het voorjaar in eerste instantie een terugval in opbrengst laat zien (mogelijk door afbreken van wortels en verdroging), terwijl bij een najaarsbewerking de productie al meteen toeneemt. In beide gevallen is de bodem net na woelen lossere (de Boer e.a., ongepubliceerde resultaten). Het langjarige effect van de voorjaars- en najaarsbewerking wordt ook gemeten in dit onderzoek maar resultaten zijn pas in 2016 beschikbaar (www.verantwoordeveehouderij.nl/show/Duurzaam-grasland-beluchten.htm).



Ook bij de Bufferboeren wordt de graslandwoeler steeds meer ingezet om de plasvorming door verdichting op grasland te voorkomen. Hoewel plassen op het land altijd nadelig zijn voor bodemkwaliteit is het een slecht teken dat het woelen noodzakelijk is. Er wordt nu onderzocht of het woelen ook kan bijdragen aan een structureel herstel van de bodemstructuur onder blijvend grasland. Voorkomen van verdichting en structuurbederf blijft echter beter dan genezen.

3.4 Bodemchemie

3.4.1 Effect bodemchemie

De chemie van de bodem heeft effect op de waterhuishouding van de plant via:

- de verdeling van de poriëngrootte in de bodem;
- de groei van de wortels;
- de regulatie van de transpiratie.

Verdeling van de poriëngrootte

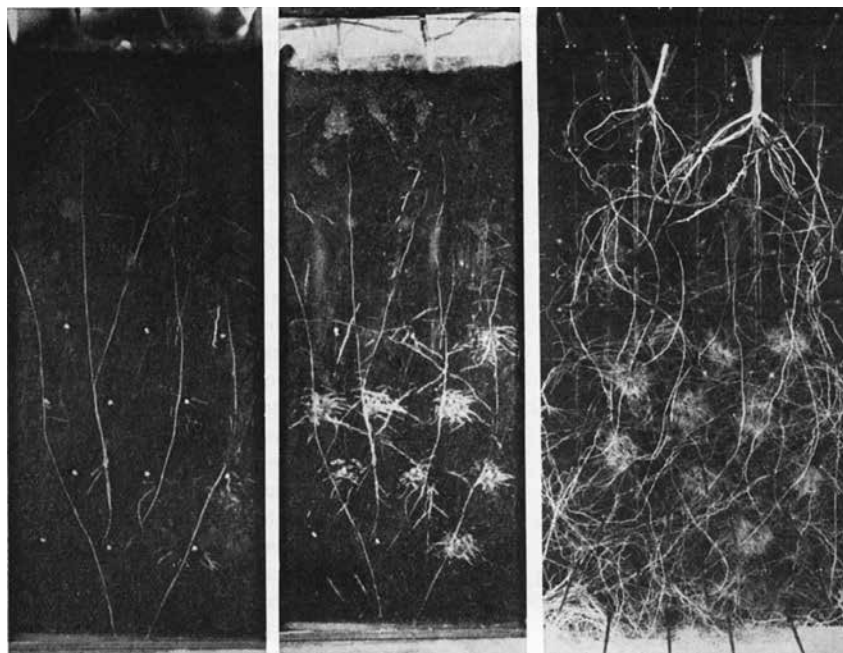
De bodemchemie heeft effect op de verdeling van de poriëngrootte in de bodem wat weer effect heeft op het waterhoudend vermogen. Zo zorgen grotere calciumionen voor grotere poriën, terwijl de kleinere magnesiumionen kunnen leiden tot verslemping en verdichting.

Groei van wortels

Fosfaat is een belangrijk nutriënt voor beworteling. Als andere elementen als stikstof en vocht voldoende voorhanden zijn, is een lagere fosfaatbemesting echter positief voor beworteling, tenzij deze té laag is en de groei beperkt.



Kaliumtekort van witte klaver. Te weinig kali maakt witte klaver gevoelig voor droogte.



Wortels groeien naar fosfaatkorrels toe.

Regulatie van transpiratie

Er zijn verschillende elementen belangrijk voor de waterregulatie van de plant. Bijvoorbeeld kalium is belangrijk voor het openen en sluiten van de huidmondjes. Bij een lage kalivoorziening blijven de huidmondjes open staan waardoor er in de plant te veel water verdampt. Onderzoek heeft aangetoond dat bij een goede kalivoorziening het waterverbruik met 14% daalt voor de productie van 1 kg suiker uit suikerbieten.

3.4.2 Maatregelen bodemchemie

Kalibemesting

Een van de belangrijkste maatregelen om inefficiënt waterverbruik van planten te voorkomen is dus een goede kalivoorziening. Door de strengere gebruiksnormen voor bemesting kan de kalibemesting op veel bedrijven op zandgrond niet meer alleen vanuit de drijfmest worden voorzien en moeten maïs, grasklaver en gras aanvullend worden bemest (zie ook www.bemestingsadvies.nl).

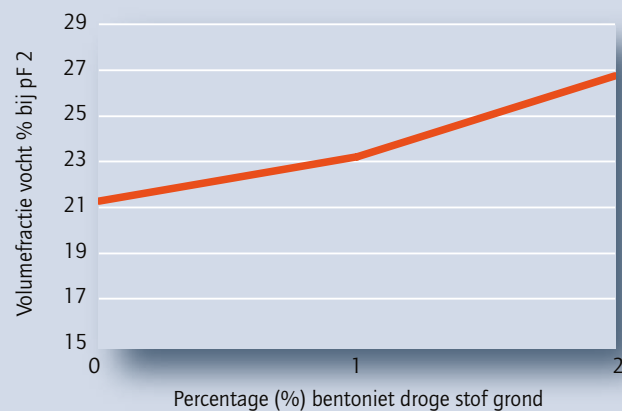
Proef PRP Sol

PRP Sol is een korrelmeststof die bestaat uit goed oplosbare specifieke minerale zouten gebonden aan calcium- en magnesiumcarbonaat. Het zou onder andere de bodemstructuur verbeteren. Onderzoek in samenwerking met de Hooibeekhoeve (Geel, België) en project Bufferboeren laat zien dat PRP een significant positief effect heeft op de pH en het aantal regenwormen, maar geen significant effect op de bodemstructuur en grasproductie (Schellekens e.a., 2015).



Proef Bentoniet

Bentoniet is een in de natuur voorkomende natrium-kleisoort met deeltjes die zo klein zijn dat ze de grond waterdicht kunnen maken. In de praktijk wordt ook wel de benaming 'zweklei' gebruikt. Het wordt ook wel toegepast als vulling voor de kattenbak. Uit de literatuur is bekend dat 1 kilogram bentoniet 10 kilo water kan binden. In een labproef uitgevoerd binnen het project Bufferboeren liet bentoniet gemengd met zandgrond een stijging zien van het waterhoudend vermogen (zie Figuur 3.3). In een veldproef op grasland waar bentoniet oppervlakkig werd opgebracht was er aan de oppervlakte een versmering waar te nemen (de bodem werd vetter), maar het leidde onder droogte niet tot een betere stand van het gras.



Figuur 3.3: Bentoniet toegevoegd aan zandgrond in een labproef laat een stijging zien van het waterhoudend vermogen.

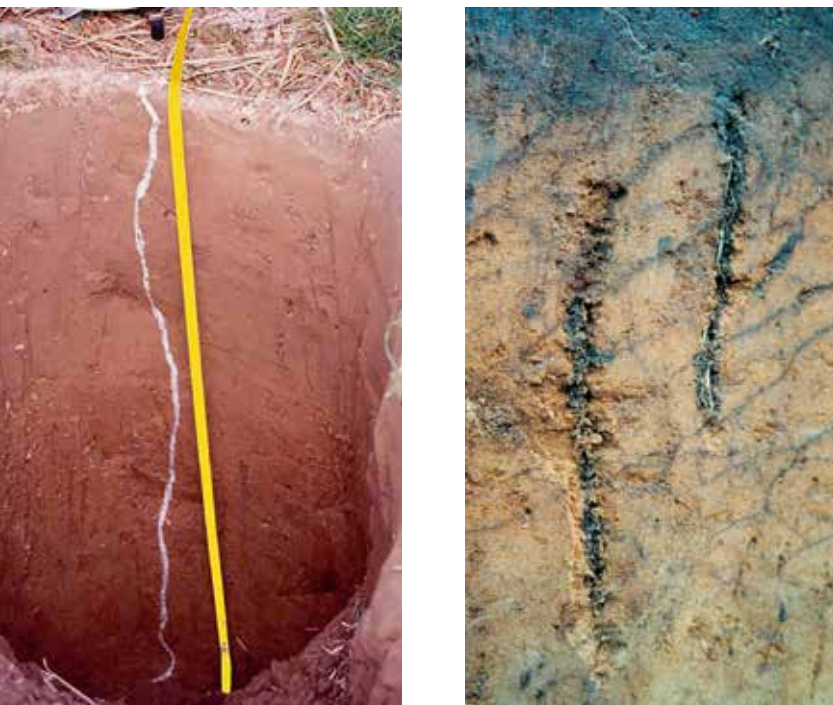
3.5 Bodemleven

3.5.1. Effect bodemleven

Over het algemeen verbetert het bodemleven de bodemstructuur, wat een directe invloed heeft op waterinfiltratie en worteling. Hoewel regenwormen maar 15% uitmaken van het totale bodemleven, zijn ze het meest zichtbare onderdeel van het leven in de bodem en worden ze in deze paragraaf besproken.

Waterinfiltratie

Wormen hebben via hun activiteit een positief effect op de bodemstructuur en hun gangen zijn belangrijke afvoerkanalen van water. Na introductie van wormen op net ingepolderd land nam de waterinfiltratie toe met een factor 6 (van Rhee, 1969). Met name pendelende regenwormen kunnen met hun verticale gangen de

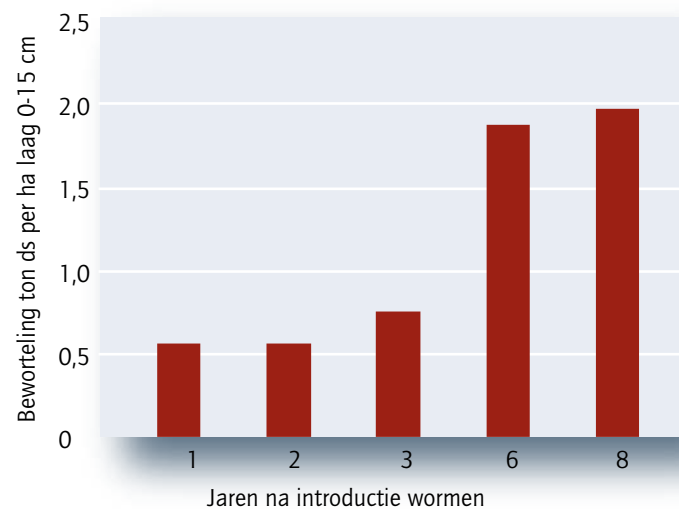


De verticale wormengangen van pendelaars (op foto links gevuld met gipswater) zijn heel belangrijk voor waterinfiltratie en voor worteling (rechts).

waterinfiltratie verdubbelen in vergelijking met andere soorten wormen (Bouché en Al-Addan, 1997; van Eekeren e.a., 2008).

Beworteling

Doordat wormen zorgen voor een lossere bodem wordt de bodem beter wortelbaar. Op grasland in Biddinghuizen waar wormen na de inpoldering zijn geïntroduceerd was er na verloop van de tijd een duidelijke toename van worteling te zien (zie figuur 3.4). Daarnaast zorgen pendelende regenwormen met hun diepe gangen (tot 3 m) voor de ontsluiting van het diepere bodemprofiel waardoor wortels ook door verdichte lagen heen konden groeien.



Figuur 3.4: Verloop van worteling na de introductie van regenwormen (Hoogerkamp e.a., 1983).

3.5.2 Maatregelen bodemleven

In 2012 is een onderzoek gestart naar de aanwezigheid van pendelende regenwormen onder grasland en de “best practices” voor behoud en stimulering van deze groep wormen. Op bijna een kwart van de Nederlandse melkveebedrijven komen pendelaars voor. In het project Bufferboeren zijn op een vijftal melkveebedrijven metingen gedaan naar regenwormen, maar in deze regio kwamen geen ‘pendelende regenwormen’ voor. Vanwege hun unieke functie voor waterregulatie zouden deze regenwormen door managementmaatregelen gestimuleerd moeten worden (zie Tabel 3.1) (van Eekeren *e.a.*, 2013).

Tabel 3.1: Factoren en maatregelen die regenwormen beïnvloeden.

		Totaal wormen	Strooiselbewoners	Bodem-bewoners	Pendelaars
Landgebruik	Grasland t.o.v. bouwland	+++	+++	+	++
	NKG t.o.v. ploegen	+	+	0	+
pH	Hoog t.o.v. laag	++	++	++	++
Gewaskeuze	Korrelmais t.o.v. snijmais	+	+	0	0
	Grasklaver t.o.v. gras	++	0	++	0
Management	Mesthoeveelheid hoog t.o.v. laag	+	+	+	+
	Organische t.o.v. kunstmest	+/-0	+/-0	+/-0	+/-0
	Vaste mest t.o.v. drijfmest	0	+	-	+
	Bovengronds t.o.v. zodenbemesten	0/-	+	-	-
	Beweiden t.o.v. maaien	+	+	0	0

Regenwormen op het melkveebedrijf



In tabel 3.1 zijn de factoren en maatregelen die regenwormen beïnvloeden op een rij gezet. Voor meer informatie raadpleeg de brochure **Regenwormen op het melkveebedrijf**, www.louisbolk.nl/publicaties/publicatienummer-2014-004-LbD.

Meest voorkomende wormensoorten op een melkveebedrijf



Strooiselbewoners

Deze strooiselbewonende worm komt praktisch onder alle graslanden voor. Het is de snel bewegende rode worm die je bovenin een kluit grasland ziet. Hij is belangrijk voor de afbraak van gewasresten en mestflatten, waaronder je deze soort vaak massaal kan vinden.



Bodembewoners

Deze worm komt in alle cultuurgronden voor, en is vaak de enige worm die zich handhaaft in continu bouwland. Het is de grauwe, trage worm die in een kluit zit. Hij eet zich door de grond heen en is daarmee bij uitstek een structuurverbeteraar.



Pendelaars

Deze worm graaft verticale gangen tot 3 m diepte. De worm zelf heeft een rode kop (waarmee hij boven komt), aan de achterkant is hij roze en hij heeft vaak een platte staart. Naast vertering van organisch materiaal verbetert hij de waterinfiltratie en diepere beworteling.

4. Beworteling

4.1 Effect

Beworteling belangrijk voor voorkomen droogtestress

De diepte van beworteling bepaalt in sterke mate uit welke bodemlaag direct vocht kan worden onttrokken en/of er via capillaire werking kan worden nageleverd. Zolang de afstand tussen de diepste beworteling en de grondwaterstand via capillaire nalevering kan worden overbrugd, kan de grondwaterstand zakken (Tabel 4.1). Zowel in modelberekeningen voor het project "Kijk eens wat vaker onder de graszode" als het project "Goede grond voor een duurzaam watersysteem", komt de diepte van beworteling als één van de belangrijkste maatregelen naar voren om droogtestress te voorkomen (Faber *e.a.*, 2012). In de modelberekeningen van Groenendijk *e.a.* (2015) verminderde, voor de periode 1971-2003, de droogtestress van een veldpodsol met diepere beworteling met 25 tot 27%, en verminderde de opbrengstderving door droogte met enkele procenten. Voor het droge jaar van 2003 werd een vermindering van de droogtestress van 8-27% geconstateerd en een vermindering van opbrengstderving van 3 tot 23%.

Tabel 4.1: Verschil in nalevering op droogtegevoelige en droogtetolerante percelen op het tijdstip van bemonsteren (van Eekeren en Bokhorst, 2010).

	Droogtegevoelig	Droogtetolerant
Grondwaterstand	115 cm	108 cm
Diepste beworteling	38 cm	54 cm
Afstand grondwater en -beworteling	77 cm	54 cm
Capillaire nalevering	2,4 mm per dag	>3 mm per dag
Grasgroei op nalevering	69 kg ds dag	86 kg ds dag
Tijdspad nalevering	Stopt bijna	Loopt door



Terug naar de graswortel

Een intensievere en diepere beworteling is niet alleen belangrijk voor de wateropname van het gewas, maar speelt ook een rol in nutriëntenopname, bodemstructuur, opbouw van organische stof, voeding van bodemleven, bodemvorming

en beheersing van onkruiden. In de brochure *Terug naar de graswortel* worden handreikingen voor de praktijk gegeven om de beworteling onder grasland te intensiveren en te verdiepen (te downloaden of bestellen op www.louisbolk.nl/publicaties, publicatienummer LbD2011-023).



Droogtegevoelig

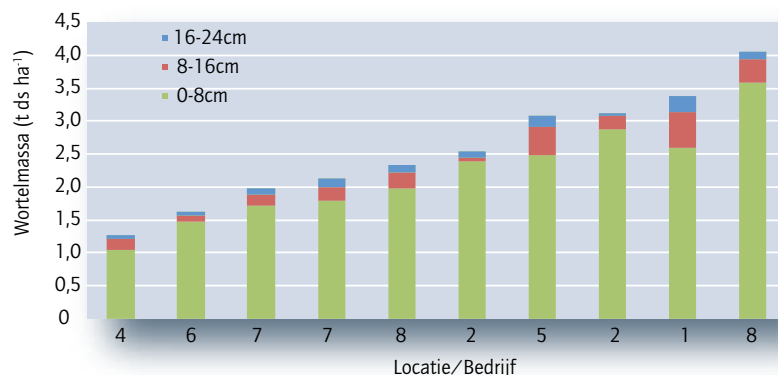


Droogtetolerant

4.2 Maatregelen

4.2.1 Variatie beworteling in praktijk groot

In het project Bufferboeren zijn op verschillende praktijkpercelen metingen gedaan aan de wortelmasa (Figuur 4.1). Het blijkt dat 80 tot 90% van de wortelmasa op zandgrond in de bovenste bemonsteringslaag zit. Toch zijn er ook grote verschillen in de intensiteit van de beworteling in de diepst bemonsterde laag. De variatie in totale wortelmasa is opvallend groot: tussen de locatie met de laagste wortelmasa en de locatie met de hoogste zit een factor 4. Deze variatie wordt veroorzaakt door bodemgesteldheid, grasras, leeftijd van het grasland, bemesting en management (zie Tabel 4.2).



Figuur 4.1: Variatie in wortelmasa op 3 dieptes over graslandpercelen van de Bufferboeren (van Eekeren e.a., 2012).

Tabel 4.2: Factoren en maatregelen die de beworteling van grasland beïnvloeden (van Eekeren e.a., 2011).

Categorie	Hoofdfactor	Deelfactor (en effect op beworteling)	Maatregel
Bodem	Bodempysisch	Bodemverdichting (-) Diepte zwarte laag (+)	Voorkom verdichting en structuurschade
	Bodemchemisch	P-toestand (- en +) pH (zure grond: -)	Houd fosfaatbemestingstoestand voldoende Houd pH op peil
	Bodembologisch	Regenwormen (+)	Bevorder regenwormen (aantallen, activiteit en soorten)
Ontwatering	Ontwatering	Zuurstof arm (-)	Zorg voor een goede ontwatering
Gewas	Soorten en rassen	Soorten en rassen	Kies grassoorten en -rassen met een diepe en intensieve beworteling
	Maatregelen bij herinzaai	Zaadbehandeling (+) Zaadichtheid (+?) Gerst meezaaien (+ ?)	Gebruik een snelgroeïend / diepwortelend gewas als dekvrucht bij herinzaai
	Management	Bemesting	Algemeen: (-) N: (-) P: (-/+) K: (0) Humuszuren (+)
	Maaïen en beweiden	Maaïfrequentie (-/+) Maaïhoogte (-/+) Beweidingsysteem (omweiden versus standweiden)	Maaï minder frequent Streef naar optimaal bladoppervlakte voor fotosynthese
	Beregenen	Vochtvoorziening (-/+))	Beregen minder frequent Voorkom droogtestress

4.2.2 Graslandsoorten

Fijn wortelstelsel versus penwortel

Het gebruik van verschillende graslandplanten is een makkelijke manier om beworteling te stimuleren. Engels raaigras staat bijvoorbeeld bekend om zijn fijn vertakte wortelstelsel. Luzerne en rode klaver kunnen met hun penwortel makkelijk water uit diepere bodemlagen onttrekken, en danken daar voor een groot deel hun droogtetolerantie aan (zie ook Paragraaf 5.2.4).

Grof wortelsel en penwortel van kruiden

Kruiden kunnen ook bijdragen aan de variatie in beworteling van grasland. Cichorei heeft een penwortel, en smalle weegbree heeft een grof wortelstelsel met dikke wortels en weinig vertakking. Beide kruiden kunnen hiermee andere nutriënten benutten dan gras, en worden internationaal (o.a. in Australië) steeds meer ingezet in grasland vanwege hun droogtetolerantie (zie ook Paragraaf 5.2.5).

Tabel 4.3: Onderverdeling van wortelstelsel van graslandsoorten.

Fijn vertakt wortelstelsel	Grof wortelstelsel	Penwortel
Grassen	Smalle weegbree	Luzerne
		Rode klaver
		Cichorei



Maatregel: Streef naar een gemengd palet van graslandsoorten om de bodem optimaal te bewortelen.



Fijn vertakt wortelstelsel van gras.



Grof wortelstelsel van o.a. smalle weegbree heeft vaak een opvallend positief effect op bodemstructuur.



Penwortel maakt gewassen minder droogtegevoelig.

4.2.3 Grassoorten

Rietzwenkgras diepste beworteling

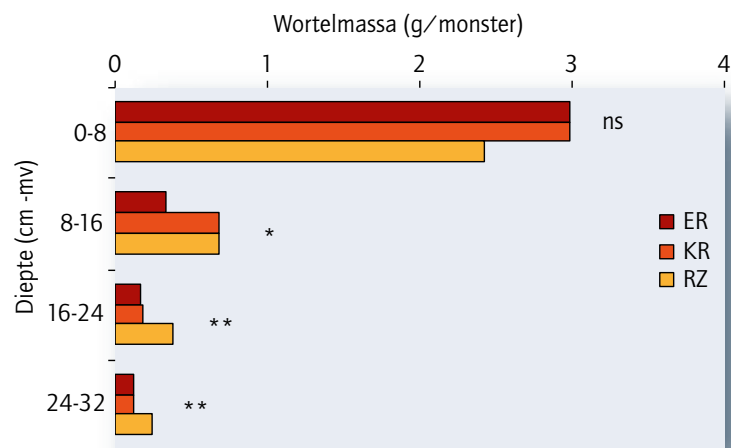
Binnen grassoorten zijn veel verschillen in de intensiteit en diepte van beworteling. Metingen aan wortelmassa en wortellengtedichtheid in een proef met Engels raaigras, kroppaar en rietzwenkgras, lieten een vergelijkbare totale wortelmassa zien in de laag 0 tot 32 cm. Verschillen traden op in de sublagen: rietzwenk had meer wortels in de lagen 16 tot 24 cm en 24 tot 32 cm dan de andere twee grassoorten (Figuur 4.3) (Deru e.a., 2011). Bij Engels raaigras, en in mindere mate bij kroppaar, waren de wortels geconcentreerd in de bovenste 8 cm, vergeleken met rietzwenkgras. Het is algemeen bekend dat rietzwenkgras dieper wortelt dan Engels raaigras en kroppaar. Dat betekent dat dit gras het meest effectief is in het onttrekken van water op grote diepte. (zie ook Paragraaf 5.2.3).



Maatregel: Stel een graslandmengsel samen op basis van de verdeling van beworteling over de verschillende bodemlagen.



Naast een dieper wortelstelsel heeft rietzwenkgras dikkere wortels dan Engels raaigras en kroppaar.



Figuur 4.3: Verschil in beworteling tussen Engels raaigras (ER), kroppaar (KR) en rietzwenk (RZ) (Deru e.a., 2011).



Kroppaar (links) en Engels raaigras (rechts) hebben minder wortels in de ondergrond dan rietzwenkgras.

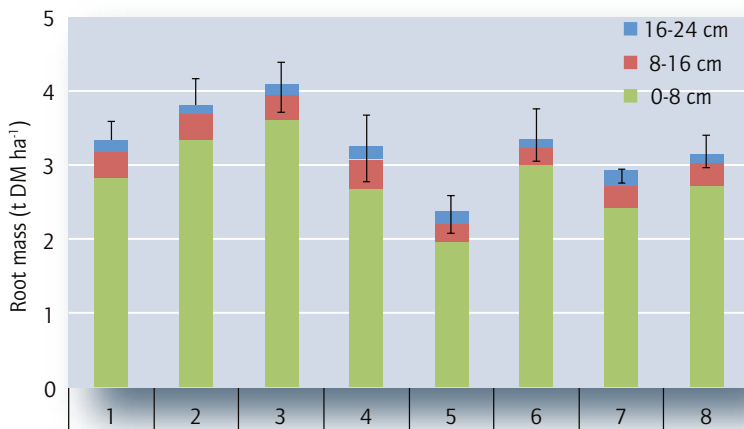
4.2.4 Rassen

Factor 2 verschil in wortellengte bij Engels raaigras

In het huidige rassenonderzoek worden grasrassen vergeleken op bovengrondse kenmerken zoals beginontwikkeling, roestresistentie, standvastigheid en productie. Een voorwaarde is dat een grasras een redelijk wortelstelsel heeft om op deze kenmerken goed te scoren. Veredelaars kijken echter niet expliciet naar het wortelstelsel als criterium om op te veredelen. Metingen aan wortelmasse en wortellengtedichtheid in het kader van het project Bufferboeren lieten echter een groot verschil zien in beworteling tussen verschillende rassen Engels raaigras (zie Figuur 4.4). Tussen rassen met de hoogste wortellengtedichtheid (ras 3) en rassen met de laagste wortellengtedichtheid (ras 5) zat bijna een factor twee, terwijl de bovengrondse productie vergelijkbaar was (Deru e.a., 2014). Rassen met een goede bovengrondse- en ondergrondse productie verhogen de aanvoer van organische stof en verbeteren de bodemstructuur.



Kies voor Engelse raaigrassen in het graslandmengsel die goed scoren op bovengrondse- én ondergrondse productiekennmerken.



Figuur 4.4: Wortellengtedichtheid van 8 rassen Engels raaigras (Deru e.a., 2014).

Maïsrassen

In het kader van het project Bufferboeren zijn 14 maïsrassen vergeleken op verschillende aspecten van beworteling. De resultaten laten zien dat de maïsrassen significant verschilden in het aantal wortels en in het percentage zijwortels (uitgedrukt in aandeel van de totale wortellengte). Er was een trend te zien waarbij maïsrassen met meer zijwortels een hogere opbrengst in droge stof hadden (van Eekeren e.a., 2015). Dit biedt kansen voor de veredeling van nieuwe maïsrassen.



Maïsrassen verschillen significant in aantal zijwortels.

4.2.5 Maatregelen bij inzaai

Zaaidichtheid en coatings

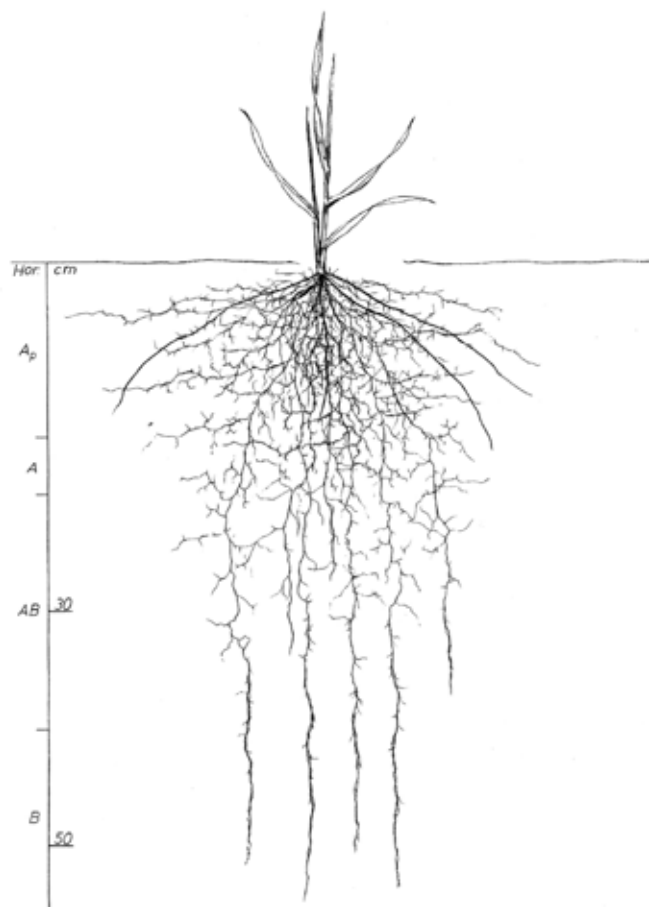
Bij het inzaai zijn onder andere de bodemtoestand en de mengselkeuze relevant. Een hogere zaaidichtheid van graszaad geeft op korte termijn een hogere wortelmassa, maar op langere termijn speelt het graslandmanagement hier een belangrijkere rol. Daarnaast kunnen mogelijk coatings op graszaad met een meststof ("i-seed") of een planthormoon ("Headstart") effecten hebben op de beworteling. In het project Bufferboeren is op maïszaad het effect van een coating met Take Off op beworteling, opbrengst en voederwaarde onderzocht. In een eenjarige proef met drie herhalingen werd geen significant effect waargenomen van deze zaaizaadbehandeling.



25-50 kg haver of zomergerst meezaaien als dekvrucht bij herinzaai heeft positieve effecten op de gewasproductie en de onderdrukking van onkruid. Mogelijk geldt dit ook voor de beworteling van een herinzaai (de Wit en van Eekeren, 2013).

Dekvrucht van graan bij herinzaai

Een andere maatregel is het meezaaien van een graan (gerst of haver) bij een mengsel van gras(klaver) (zie foto). Het graan bewortelt de bouwvoor snel, waardoor graswortels op termijn de gangen van afgestorven wortels kunnen volgen. Het is bekend dat de wortels van haver de afgestorven wortels van heermoes volgen (zie Figuur 4.5)

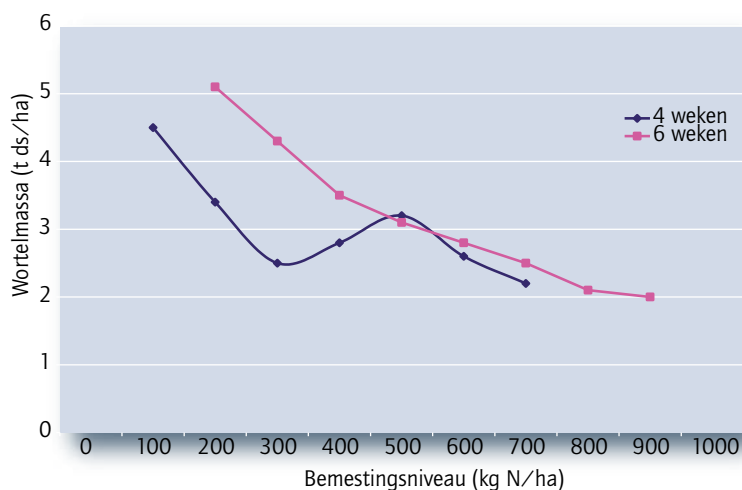


Figuur 4.5: Wortels van haver passeren verdichte lagen door verticale gangen van afgestorven wortels van heermoes (onderste verticale gangen) (Kutschera e.a., 2009).

4.2.6 Bemesting en plantversterkende producten

Gras met bemesting uitdagen

Gras heeft voedingsstoffen nodig voor de groei van het wortelstelsel. Fosfaat is het nutriënt dat de beworteling het meest beïnvloedt. Een betere fosfaatvoorziening in de bovengrond zorgt voor een betere beworteling in de ondergrond. De reactie van graswortels op een minimumniveau stikstof is echter negatief (Ennik, 1981). Dit is duidelijk te zien in een proef waarin de wortelmassa is vergeleken bij verschillende stikstofbemestingsniveaus bij twee maai frequenties (zie Figuur 4.6). Het negatieve effect van stikstof op beworteling is groter bij Engels raaigras dan bij rietzwenkgras en is met name in diepere bodemlagen zichtbaar (Deru e.a., 2011).



Figuur 4.6: Relatie tussen stikstofbemesting en wortelbiomassa bij twee maai frequenties (Ennik, 1981).

Geen effect van herbali op beworteling gras en snijmaïs

Herbali is een algenextract ter ondersteuning van de plant. Het wordt door verschillende Bufferboeren gebruikt op grasland en in snijmaïs onder meer om de beworteling te stimuleren. In het project Bufferboeren is het effect van herbali op de beworteling van gras en maïs onderzocht. Op beide gewassen werd geen significant effect op beworteling gevonden.



In proeven in het project Bufferboeren was er geen significant effect van herbali op de beworteling van maïs.

4.2.7 Tijdstip en plaats van stikstofbemesting

Tijdstip van bemesting geen effect op beworteling van gras

Wanneer gras ruim bemest wordt met stikstof, kan stikstofontheouding voor enkele dagen leiden tot een sterke toename van de wortelmasse (Ennik, 1981). Onderzoekers Jarvis en Macduff (1989) vonden in een proef met Engels raaigras een toename van de wortellengtegroei na stikstofontheouding voor 11 dagen. Sheldrick e.a. (1994) vonden in een veldproef met uitstel van de stikstofgift na het maaien, dat de stikstofbenutting van Engels raaigras optimaal was bij 7 tot 10 dagen uitstel. In een gelijksoortige veldproef als die van Sheldrick (1994) is in Nederland nagegaan in hoeverre het uitstellen van de stikstofbemesting na het maaien een positief effect heeft op de productie, op de N- en P- benutting, en de beworteling. Resultaten van dit onderzoek laten zien dat het uitstellen van de bemesting met kunstmest tot zes dagen na maaien geen duidelijk effect had op de opbrengst van droge stof en van stikstof (\approx eiwitopbrengst) van grasland. Bij uitstel tot 12 dagen nam de opbrengst van droge stof duidelijk af, terwijl de eiwitopbrengst op peil bleef. In het Nederlandse onderzoek werd dus geen bewijs gevonden dat uitstel van de bemesting leidt tot een intensievere of diepere beworteling (de Boer e.a., 2012).

Plaatsing bemesting bij gras en maïs

Het injecteren van vloeibare stikstofbemesting (waarbij N dieper en lokaal geconcentreerd toegediend wordt) zou kunnen leiden tot meer wortelmasse en een diepere beworteling vergeleken met oppervlakkige toediening. Laine e.a. (1998) lieten zien dat geconcentreerde toediening van N kan leiden tot een hogere wortelmasse dan minder geconcentreerde toediening. Murphy en Zaurov (1994) stelden vast dat de injectie van ureum tot een hogere wortelmasse en diepere beworteling leidde in vergelijking met een toediening aan de oppervlakte. Een injectie op 5 cm diepte gaf de hoogste opbrengst aan droge stof en de hoogste N-opname.



Toediening van kunstmest in vloeibare vorm onder de zode (5 cm diepte) is mogelijk een bemestingsmaatregel om de wortelmasse te vergroten en de beworteling te verdiepen.



Het uitstellen van stikstofbemesting tot 6 dagen na maaien heeft geen effect op droge stofopbrengst (Foto: Landbouw Online).

4.2.8 Maaifrequentie

Inspelen op grasgroei

Na het maaien of weiden gebruikt gras de energie uit wortelreserves om opnieuw spruiten te vormen. Op een later tijdstip kunnen deze wortelreserves weer aangevuld worden (zie Kader 'Hoe groeit gras?'). Het effect van bepaalde maatregelen op de beworteling hangt sterk af van de wortelreserves en de mogelijkheid om die te herstellen. Bij maaien of weiden zullen voor de hergroei van de nieuwe spruiten tijdelijk wortelreserves worden gebruikt. Intensief maaien en weiden bemoeilijkt het herstel. Onderzoek wijst uit dat bij frequenter maaien de wortelbiomassa afneemt (Schuurmans, 1954; Ennik, 1981).



Verlaag de maaifrequentie en streef naar zwaardere snedes zodat de beworteling optimaal herstelt.

Hoe groeit gras?

Meerjarige grassen hebben zich in de evolutie door middel van twee mechanismen aangepast aan grazers:

- 1. De groeipunten zitten laag bij de grond, zodat deze bij begrazing niet beschadigd worden;*
- 2. Grassen kunnen energiereserves in het wortelstelsel opslaan om na begrazing de nieuwe spruiten van energie te voorzien.*

Gras blijkt in vier fases te groeien:

Fase 1. *Als een gras wordt beweeid of gemaaid, loopt het na 3 dagen weer uit. Dit kost energie, waarvoor wortelreserves worden gebruikt. Het gebruik van wortelreserves gaat ten koste van het wortelstelsel, dat gedeeltelijk afsterft. Door ecologen wordt wel gezegd: "Het gras probeert het evenwicht tussen bovengrondse en ondergrondse biomassa te herstellen".*

Fase 2. *Het jonge blad heeft nog maar een klein bladoppervlak, waardoor er via de fotosynthese nog maar weinig energie wordt vastgelegd. De eerste grasgroei is dan ook traag en komt voor een groot deel uit de wortelreserves.*

Fase 3. *Het bladoppervlak breidt uit. In het blad wordt steeds meer energie uit zonlicht gevormd, wat zichtbaar is in een snellere groei. Sommige veehouders zeggen dan ook: "Gras moet op gras groeien".*

Fase 4. *Op een gegeven moment is het bladoppervlakte zo groot, dat er meer energie wordt gevormd dan er gebruikt wordt voor bovengrondse blad- en stengelgroei. Deze overtollige energie wordt weer opgeslagen in de wortels (Bingham, e.a. 1984; Savory, 1988).*

4.2.9 Beweidingsysteem

Omweiden versus standweiden

Een optimale bladoppervlakte voor een optimale fotosynthese en uiteindelijk wortelontwikkeling is belangrijk bij beweiding (zie ook Kader "Hoe groeit gras?"). Bij beweiding leiden er echter meer wegen naar Rome. In een vergelijkend onderzoek werd bij standweiden een hogere wortelmasse gevonden dan bij omweiden (zie Tabel 4.5). De verklaring hiervoor kan zijn dat bij standweiden het gras op een gemiddelde bladlengte van 8 tot 10 cm wordt gehouden. Naast het constante bladoppervlakte wordt door de constante beweiding het gras gestimuleerd meer spruiten te vormen. Hiermee wordt bij een korte gewaslengte een maximaal bladoppervlakte gecreëerd, waardoor de fotosynthese van de grasmat optimaal verloopt. Er hoeft dan geen aanspraak te worden gemaakt op wortelreserves voor het opnieuw uitschieten van het gras, zoals bij omweiden het geval is. Bij standweiden krijgt gras bovendien ook minder kans om stengel en zaad te schieten, waardoor de wortelreserves intact blijven.

Tabel 4.5: Wortelmasse (ton organische stof per ha) bij twee beweidingssystemen (Deinum, 1985)

Wortelmasse	Omweiden	Standweiden
1980	4,84 (85%)	7,08 (83%)
1981	6,20 (81%)	8,55 (85%)

(..) percentage wortelmasse in de laag 0-10 cm

Dit betekent echter niet dat standweiden altijd resulteert in een grotere wortelbiomassa. Als er bij standweiden te kort wordt ingeschaard, dan is het bladoppervlak te klein en heeft het gras wortelreserves nodig om uit te schieten. Hierdoor raken juist wortelreserves uitgeput, wat leidt tot overbegrazing. In Belgisch onderzoek werd een vergelijkbare of lagere wortelbiomassa gevonden bij standweiden in vergelijking met omweiden, afhankelijk van de intensiteit van begrazen (Deinum, 1985).



Streef bij beweiding naar een optimale bladoppervlakte t.b.v. fotosynthese.



Er is een positieve relatie tussen het aantal spruiten en de wortelmasse van grasland. Nabeweiden met schapen zorgt voor uitstoeling en een dichte zode.



Op het moment wordt onderzoek gedaan naar het effect van het zogenaamde 'kurz rasen' op beworteling van gras en de droogtetolerantie.

5. Gewaskeuze

5.1 Effect

Engels raaigras verbruikt tweemaal zoveel water als maïs

De keuze voor een gewas bepaalt in belangrijke mate de behoefte aan water en de droogtetolerantie. De gewaskeuze is dus een belangrijke maatregel om in te spelen op waterbeschikbaarheid. Gewassen onderscheiden zich op de volgende punten:

1. **Transpiratiecoëfficiënt:** Hier zit met name verschil tussen eenjarige gewassen die op langere termijn minder in wortelontwikkeling investeren dan meerjarige gewassen (zie Tabel 5.1). Maïs heeft bijvoorbeeld maar 190 liter water nodig per kg droge stof, terwijl Engels raaigras 350 liter water per kg droge stof nodig heeft. Binnen eenjarige gewassen zijn ook verschillen tussen C3- en C4-planten zoals voederbiet versus maïs.
2. **Diepere beworteling:** Een diepere beworteling is zeer effectief om vocht uit diepere bodemlagen te benutten en via capillaire nalevering gebruik te maken van het grondwater.
3. **Groei seizoen:** Voor maïs is het heel belangrijk dat juist gedurende de bloei en kolfzetting voldoende vocht beschikbaar is.
4. **Herstel na droogte:** Snijmaïs en triticale herstellen over het algemeen na droogte slecht. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld voederbiet en luzerne, die zich heel goed vanuit wortelreserves kunnen herstellen.



Gras heeft per kilo droge stof bijna twee maal zoveel water nodig als maïs (resp. 350 en 190 liter) oftewel twee badkuipen water voor gras t.o.v. één badkuip voor maïs.

Tabel 5.1 Gewaseigenschappen: transpiratiecoëfficiënt, bewortelingsdiepte en herstel na droogte (van der Schans en Stienezen in van der Schans, 1998).

Gewas	Transpiratie (liter/kg ds)	Bewortelingsdiepte (cm)	Herstel na droogte
Eenjarig			
Snijmaïs	190	90	Slecht
Triticale	225	90	Slecht
Voederbiet	300	90	Goed
Meerjarig			
Engels raaigras	350	40	Matig
Rietzwenkgras	350	90	Matig
Luzerne	400	150	Goed

Korte en lange termijn

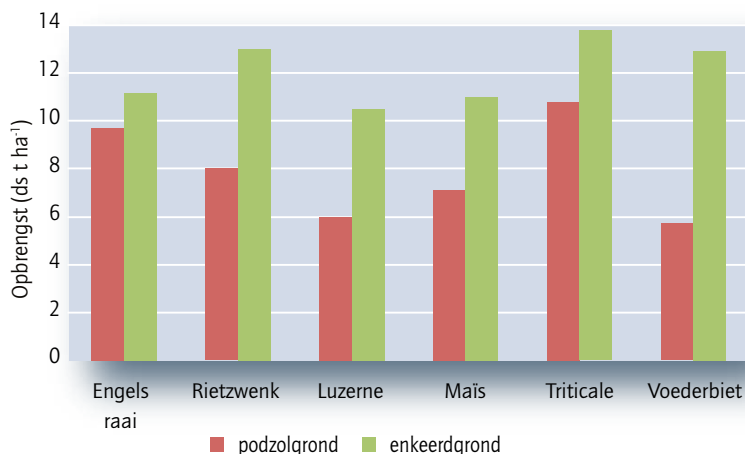
Via de gewaskeuze kan de teler op relatief korte termijn op problemen met droogte inspelen. Deze keuze moet echter ook passen binnen de rest van zijn bedrijfsvoering (bijvoorbeeld het rantsoen). Gewaskeuze kan ook invloed hebben op de organische stofopbouw op lange termijn: de keuze voor maïs vanwege een efficiënter waterverbruik in plaats van een meerjarig gras verlaagt het organische stofgehalte in de bodem. Dit heeft uiteindelijk consequenties voor het vochtvasthoudend vermogen op lange termijn.

5.2 Maatregelen

5.2.1 Eenjarige gewassen: Graan

Graan op droogtegevoelige percelen

Op zeer droogtegevoelige percelen kan soms de keuze worden gemaakt voor een wintergraan omdat dit gewas eerder van het veld af is en een gedeelte van zijn groei in het vroege voorjaar heeft doorgemaakt. In figuur 5.1 is te zien dat triticale als Gehele Plant Silage (GPS) op zeer droogtegevoelige percelen zonder beregening de hoogste drogestofopbrengst geeft.



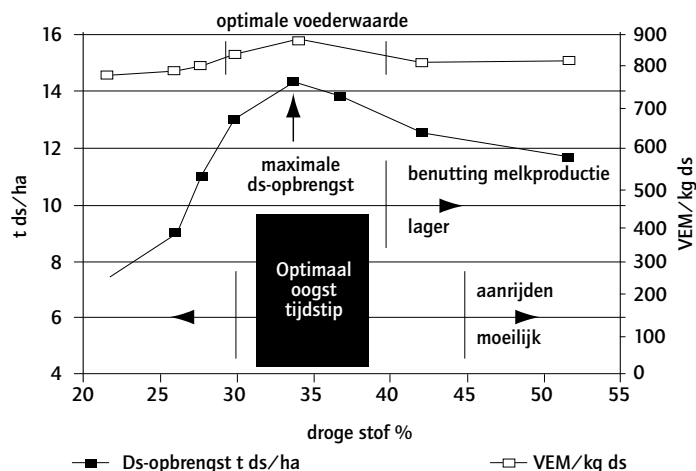
Figuur 5.1: Droge stofopbrengst van verschillende voedergewassen op droogtegevoelige zandgronden zonder beregening in Noord-Brabant (van der Schans, 1998).



Teel op zeer droogtegevoelige percelen - waar mais niet tot een goede kolfzetting komt - bij voorkeur een vroeg ruimend voedergewas als wintergraan.

Oogst van graan

Graan kan geoogst worden voor de korrel, als Gehele Aren Silage (GAS) of als Gehele Plant Silage (GPS). Voor zowel GAS als GPS is het oogsttijdstip belangrijk. Voederwaarde, opbrengst en inkuilbaarheid zijn hierbij belangrijke factoren, die per graansoort verschillen (zie Figuur 5.2). Arnoud van der Wijst, melkveehouder in Loosbroek en deelnemer aan het project Bufferboeren, heeft de ervaring dat de korrel als een rugbybal gevuld moet zijn om voldoende zetmeel in de GPS te hebben. Zolang de korrel nog de vorm van een peer heeft, is de korrelvulling - en daarmee voederwaarde en opbrengst- nog niet optimaal.



Figuur 5.2: Optimaal oogsttijdstip Gehele Plant Silage (van Eekeren, 1999).



5.2.2 Eenjarige gewassen: Sorghum

Sorghum als droogtetolerant alternatief voor snijmaïs

Sorghum is het vijfde graangewas ter wereld. Net als maïs is het een tropisch C4-gewas dat in principe met minder water toe kan. In Amerika en Afrika wordt sorghum geteeld op percelen die te droog zijn voor maïs. In water-efficiency proeven in Nebraska (V.S.) in 2009-2011 produceerde sorghum 27% meer graan per eenheid water dan maïs. Van het graan kunnen onder meer brood, bier, stroop en pap worden gemaakt. Daarnaast wordt het wereldwijd ingezet als voedergras, zoals bijvoorbeeld in Frankrijk.

Vergelijking teelt van sorghum en snijmaïs

De teelt van sorghum lijkt veel op die van maïs. De plant kan wel ruim 4 meter hoog worden en heeft een pluim met graankorrels in plaats van kolven (zie Foto). De plant kan net als maïs worden gehakseld en gevoerd aan melkvee, mits het gehalte blauwzuur laag is (dat is afhankelijk van het ras en tijdstip van oogsten). Over het algemeen heeft sorghum meer warmte nodig om zich te ontwikkelen dan maïs.

Soorten sorghum

Er zijn twee soorten sorghum. Een type dat veel weg heeft van gras (*Sorghum sudanense*) en een type dat meer op graan lijkt (*Sorghum bicolor*). Verder zijn er door kruising verschillende tussenvarianten. In Nederland wordt het grastype (*Sorghum sudanense*, ras Piper) gebruikt als groenbemester in de boomteelt.

Geschikte rassen voor Nederland

Door Mark van Lieshout, melkveehouder in Loosbroek en deelnemer aan het project Bufferboeren, zijn verschillende rassen uitgetest. Van de nu commercieel beschikbaar rassen kon het ras Zerberus zich onder Nederlandse omstandigheden meten met de productie van maïs. Wat voederwaarde betreft had het ras Sweet California, veel geteeld in Zuid-Frankrijk, een zeer hoge verteringscoëfficiënt (VC), zelfs hoger dan snijmaïs. Het is bekend dat rassen van het type "Brown Mid Rip" (BMR), waar dit ras Sweet California bij hoort, een hogere VC hebben. Er zijn



Voor zetmeelproductie zijn in principe de graantypes met een pluim met graankorrels het meest geschikt.

lijnen die speciaal op vroegheid zijn veredeld door Walter Milliano van Hoeve Dierkensteen. Bij deze rassen wordt een hoge opbrengst gecombineerd met een hoog zetmeelgehalte, en deze rassen hebben de meeste potentie om snijmaïs in Nederland te gaan vervangen (van Eekeren en Deru, 2014). Voor de vergroeningsmaatregelen heeft sorghum de gewascode 3519 Soudan gras = sorgum = milo. Vroege rassen worden nu verder ontwikkeld om een glutenvrij bier van sorghum te brouwen, maar deze kunnen in de toekomst ook gebruikt worden voor voerproductie.

5.2.3 Meerjarige grassoorten: Rietzwenkgras en Kropaar

Voor- en nadelen van rietzwenkgras en kropaar

Het voordeel van rietzwenkgras en kropaar is dat ze droogtetoleranter zijn en met minder bemesting, hogere opbrengsten kunnen halen dan Engels raaigras (Deru e.a., 2011). Rietzwenkgras verbruikt weliswaar meer water per kg droge stof dan Engels raaigras (zie Tabel 5.1), maar is juist door zijn diepere wortelstelsel droogtetolerant. Kropaar heeft net zoals Engels raaigras hele fijne wortels, en dankt zijn droogtetolerantie aan de waslaag op het blad. Voor beide grassen geldt dat het melkvee de smaak minder waardeert dan die van Engels raaigras, dus de opname is minder. Bij rietzwenkgras zit hem dat gedeeltelijk in de hardheid van het blad, bij kropaar mogelijk in de waslaag. Ook is de verteerbaarheid van beide grassen lager dan van Engels raaigras. De hogere structuurwaarde van rietzwenkgras wordt juist als een voordeel gezien. Rietzwenkgras kan vaak moeilijk concurreren met andere grassen, terwijl kropaar juist heel agressief is en zich dankzij het zaad ook kan verspreiden over andere percelen.



Perceel rietzwenkgras met een pluk kropaar.



Teel op droogtegevoelige percelen puur rietzwenkgras en/of kropaar voor voer voor jongvee, droge koeien en structuur. Kies voor een lager bemestingsniveau en lagere maai frequentie.

Ervaringen met deze grassen in de bedrijfsvoering

Erik Grotenhuis, melkveehouder in Dalfsen, benut de kracht van rietzwenkgras en kropaar op droogtegevoelige veldkavels voor voer voor jongvee, droge koeien en structuur. Hij teelt beide grassen als monoteelt. Met een lage bemesting en zware snedes (4 snedes per jaar) realiseert hij hoge opbrengsten met bewust lagere voederwaardes van 800 tot 850 VEM en 130 gram ruw eiwit per kg droge stof. Richon van Grinsven, melkveehouder in Loosbroek en deelnemer van het project Bufferboeren, heeft ook geëxperimenteerd met rietzwenkgras als structuurbron voor de melkkoeien. Teelttechnisch bevalt het hem, maar hij ervaart de mindere smaak als een nadeel. Als hij in het rantsoen gedroogde luzerne vervangt door rietzwenkgras zakt de voeropname van de koeien. Smaakelijkheid blijft dus een aandachtspunt. Rassenkeuze kan hierbij helpen.



5.2.4 Meerjarige vlinderbloemige teelten: Rode klaver en luzerne

Voor- en nadelen van rode klaver en luzerne

Hoewel luzerne een hoger waterverbruik heeft per kg droge stof dan grassen, is de productie zelfs bij droogte goed dankzij de diepe penwortels. Ook rode klaver staat bekend als droogtetolerant mede dankzij de diepe penwortels, een lagere verdamping van water door haren onder het blad en mogelijk door de eigenschap om uit droge grond de laatste restjes vocht te onttrekken. De bodem onder rode klaver blijkt namelijk heel hard te worden bij droogte. Beide vlinderbloemige teelten hebben een lagere voederwaarde dan Engels raaigras. Marco van Liere, melkveehouder in Esbeek, heeft zowel ervaring met rode klaver en luzerne, en heeft de voorkeur voor rode klaver vanwege de combinatie van droogtetolerantie en voederwaarde.



Rode klaver voor maaibeides

In twee proeven in het project Klaverklimaat (www.klaverklimaat.nl) was de opbrengst van een mengsel met rode klaver 17% hoger op zandgrond en 28% hoger op kleigrond in vergelijking met puur gras met een hoge stikstofgift.

*Dit was mede dankzij de droogtetolerantie van rode klaver. Zie voor meer informatie de brochure **Rode klaver voor maaibeides**, te downloaden op www.louisbolk.nl/publicaties, nr 2015-011 LbP.*

Ervaringen Arnoud van der Wijst:

Arnoud van der Wijst, melkveehouder in Loosbroek en deelnemer aan het project Bufferboeren, teelt op inmiddels 50% van zijn bedrijfsoppervlakte een mengsel van gras met rode en witte klaver. Dit past goed op zijn overwegend droogtegevoelige zandgrond waar hij niet kan beregenen. Arnoud zaait een mengsel van 30 kg BG3, 5 kg rode klaver en 3 kg witte klaver over het algemeen na de aardappels of snijmaïs. Hoe vroeger hij in het najaar kan zaaien, hoe beter. Late inzaai van klaver veroorzaakt concurrentie problemen van gras en onkruid in het vroeg voorjaar. Bestrijding van onkruid in grasklaver blijft moeilijk dus op tijd zaaien in najaar kan veel problemen voorkomen. Naast een lichte



stikstofgift van maximaal 70 kg N per ha in de eerste snede is het belangrijk om de kali- en zwavelvoorziening in de gaten te houden. Bij Arnoud is het de ervaring dat het kaligehalte van bouwlandpercelen na aardappelen en snijmaïs laag is. Extra bemesting met bijvoorbeeld 200 kg kalisulfaat is dan noodzakelijk. Na de stikstofbemesting van de eerste snede is enkel drijfmest als bemesting noodzakelijk, niet zo zeer vanwege de stikstof, maar vanwege de kalivoorziening.

5.2.5 Meerjarige kruiden: Cichorei en smalle weegbree

Onbekend maakt onbemind

Niet veel boeren denken aan het telen van kruiden in het grasland, maar het is het overwegen waard vanwege hun droogtetolerantie. Cichorei en smalle weegbree zijn heel droogtetolerant en worden, onder andere door Australische melkveehouders geteeld vanwege de droogtetolerantie (www.evergraze.com.au). Ook minder ver van huis, in een proef in Noord-Brabant, zagen we dat een grasmengsel met smalle weegbree in de droge zomer van 2003, 20% meer produceerde (10 ton droge stof per ha) dan enkel gras (8 ton droge stof per ha) (van Eekeren e.a., 2004).



Kruiden in de wei maken de graslandproductie droogtetoleranter.

Andere motieven

Kruiden zijn dus heel interessant om bij te mengen in het grasland. Naast droogtetolerantie kunnen kruiden bijdragen aan de gezondheid van het vee, melkkwaliteit, mineralenbenutting, biodiversiteit en het algemeen imago van de melkveehouderij bij het grote publiek.

Geschikte kruiden in het grasland

In een intensieve teelt gedijt een mengsel van gras met cichorei, smalle weegbree en karwij het beste. Voor cichorei en smalle weegbree geldt de regel dat naast 30 kg gras, 1 kg kruidenzaad per ha een aandeel in het gewas oplevert van 10%. Dus 10 kg kruiden per ha is 100% kruiden in het gewas. Wat betreft rassenkeuze is Puna II een veelgebruikt ras van cichorei. Bij smalle weegbree wordt het wild type gebruikt en bij karwij voldoet het ras Sonja goed.



Zaai op maaipercelen naast Engels raagrass ook kruiden in om de droogtetolerantie te verhogen.

< (links boven) Cichorei.
(links onder) Smalle weegbree.

Meer lezen

- Boer, H. de, J. Deru, N. van Eekeren. 2012. Delayed N re-application after grass harvest: effects on yield, N uptake and root biomass. Rapport Report 649. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad. 21 p.
- Bouché, M. B., F. All-Addan. 1997. Earthworms, water infiltration and soil stability: some new assessments. *Soil Biol. Biochem.* 29, 441-452.
- Bingham S., Lee E., Rex Lee J. en the Rock Point Range Management Project. 1984. Living from livestock: Range management and ranch planning for Navajo Country.
- Deinum B. 1985. Root mass of grass swards in different grazing systems. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 33, 377-384.
- Deru, J., H. Schilder, J.R. van der Schoot, N. van Eekeren. 2014. Genetic differences in root mass of *Lolium perenne* varieties under field conditions. *Euphytica*. 199(1-2):223-232.
- Deru, J., N. van Eekeren. 2013. Infiltratie water via drainage heeft duidelijk effect op grondwaterstand. *V-focus*. december 2013, p. 30-31.
- Deru, J., N. van Eekeren, H. Kloen, W. Dijkman, J. van den Akker, R.G.M. de Goede, T. Schouten, M. Rutgers, S. Smits, G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, W. Dimmers, H. Keidel, F. Lenssinck, J. Bloem. 2012. Bodemindicatoren voor duurzaam bodemgebruik in de veenweiden: Ecosysteemdiensten van Landbouw- en natuurpercelen in het veenweidegebied van Zuid-Holland, Noord-Holland en Utrecht. Deel A: Onderzoeksrapportage. Rapport 2012-005 LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 115 p.
- Deru, J., N. van Eekeren, J. de Wit, H. de Boer. 2011. Effect van grassoort en N-bemestingsniveau op productie, beworteling en N-mineraal in de herfst: Veldproef op zandgrond met Engels Raaigras, Kroppaar en Rietzwenkgras. Rapport 2011-017 LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 22 p.
- Eekeren, N. van, N. Oram, J. Deru. 2015. Root traits and aboveground yield of silage maize varieties under field conditions. *Rhizosphere* 4 Maasstricht.
- Eekeren, N. van, J. Deru. 2014. Sorghum droogtetolerant alternatief voor snijmaïs. *V-focus*. Februari 2014, p. 16-17.
- Eekeren, N. van, J.G. Bokhorst, J. Deru, J. de Wit. 2014. Regenwormen op het melkveebedrijf: Handreiking voor herkennen, benutten en managen. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 40 p.
- Eekeren, N. van, J. de Wit, J. Deru, N. Poot.. 2013. Regenwormen voor waterregulatie onder grasland. *V-focus*. Februari 2013, p. 24-25.
- Eekeren, N. van, J. Deru, G.J.H.M. van der Burgt, J.G. Bokhorst. 2012. Veel variatie in beworteling gras op praktijkpercelen. *V-focus*. April 2012, p. 32-33.
- Eekeren, N. van, G.J.H.M. van der Burgt, B. Philipsen, H.A. van Schooten, M. de Haan. 2011. Vruchtwisseling van gras en maïs: Effect op organische stof en kosten/baten. *V-focus*. 8(2):24-26.
- Eekeren, N. van, J. Deru, H. de Boer, B. Philipsen. 2011. Terug naar de graswortel: Een betere nutriënten benutting door een intensievere en diepere beworteling. Rapport 2011-023 LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 32 p.
- Eekeren, N. van, H. de Boer, M.C. Hanegraaf, J.G. Bokhorst, D. Nierop, J. Bloem, T. Schouten, R.G.M. de Goede, L. Brussaard. 2010. Ecosystem services in grassland associated with biotic and abiotic soil parameters. *Soil Biology & Biochemistry*. 42(9):1491-1504.
- Eekeren, N. van, J.G. Bokhorst. 2010. Bodemkwaliteit en klimaatadaptatie onder grasland op het Utrechtse zand. Rapport 2010-031 LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- Eekeren, N. van, L. Bommelé, J. Bloem, M. Rutgers, R.G.M. de Goede, D. Reheul, L. Brussaard. 2008. Soil biological quality after 36 years of ley-arable cropping, permanent grassland and permanent arable cropping. *Applied Soil Ecology*. 40: 432-446.
- Eekeren, N. van, G. Iepema, M. van Liere. 2004. Zoektocht naar mengteelt van grasklaver en kruiden: Mogelijkheden van inzaai van kruiden voor mineralenvoorziening. *Ekoland*. 4-2004, p. 10-11.
- Eekeren, N. van. 1999. Gehele Plant Silage (GPS). Louis Bolk Instituut, Driebergen. 59 p.
- Ennik G.C. 1981. Grasgroei en beworteling. CABO-verslag nr. 38, Centrum voor Agro Biologisch Onderzoek, Wageningen.
- Faber, J.H., H. Wösten, G. Bakker, J.G. Bokhorst, E. Hummelink, I.

- Laros, N. van den Brink, J.G.C. Deru, B. Luske, N.J.M. van Eekeren. 2012. Droogteresistentie van grasland in de Gelderse Vallei. Rapport Alterra-rapport 2373. Alterra Wageningen UR, Wageningen. 112 p.
- Groenendijk P., P. Schipper, G. Janssen, J. Rozemeijer, N. van Eekeren, M. Zanen, B. Swart. 2015. Goede grond voor een duurzaam watersysteem; Verdere verkenningen in de relatie tussen agrarisch bodembeheer, bodemkwaliteit en waterhuishouding. Rapportage fase 1.
- Hoogerkamp, M., H. Rogaar, H.J.P. Eysackers. 1983., Effects of earthworms on grassland on recently reclaimed polder soils in the Netherlands. In: Satchell, J.E. (Eds.), Earthworm Ecology: from Darwin to Vermiculture, pp. 85-105. Chapman and Hall, London.
- Kutschera L., E. Lichtenegger, M. Sobotik. 2009. Wurzelatlas der Kulturpflanzen gemässiger Gebiete mit Arten des Feldgemüsebaues. 7. Band. Frankfurt am Main, DLG-Verlag.
- Laine P., A. Ourry, J. Boucaud, J. Salette. 1998. Effects of a localized supply of nitrate on NO₃- uptake rate and growth of roots in *Lolium multifolium* Lam. *Plant and Soil* 202:61-67.
- Murphy J.A., D.E. Zaurov. 1994. Shoot and root-growth response of perennial ryegrass to fertilizer placement depth. *Agronomy Journal* 86:828-832.
- Savory A. 1988. Holistic Resource management. Island Press, Washington.
- Schans D.A. van der. 1998. Ruwwoederproductie bij droogte: Kies voor zekerheid! Themaboekje nr 21, PAGV Leystad, 61 pp.
- Schuermans J.J. 1954. De bewortelingsproblemen op grasland. In: De plantenwortel in de landbouw. Voordrachten in het kader van het Nederlands Genootschap voor Landbouwwetenschap.
- Sheldrick R.D., R.H. Lavender, T.M. Martyn. 1994. Effects of delay in reapplication of nitrogen fertiliser following cutting silage from a ryegrass sward. *Grass and Forage Science* 49: 369-371.
- Schellekens A., Ven G. van de, Eekeren N. van, Vliegheer A. de. 2015. Effect PRP Sol op de bodemkwaliteit en graslandproductie. V-focus April 2015.
- Vermeulen G.D., B.R. Verwijs, J.J.H. van den Akker. 2013. Vergelijking van de bodembelasting bij agrarisch veldwerk in 1980 en 2010. Alterra rapport 501.
- Wit, J. de, P. Rietberg. 2015. Rode klaver voor maaiweides; Winst voor veehouder en Klimaat. Louis Bolk Instituut, Driebergen, 19p.
- Wit, J. de, N.J.M. van Eekeren. 2013. Graan als dekvrucht: meezaaien bij grasland vernieuwing. V-focus. April 2013, p. 30-31.



Deelnemer Mark van Lieshout:

“Dankzij het project Bufferboeren leer ik mijn eigen bedrijf veel beter kennen. Je merkt direct welke maatregel wél en welke niet werkt. Zo zie je bijvoorbeeld dat niet-kerende groundbewerking zorgt voor veel meer draagkracht van de bodem. En dat als je de grond dieper loshaalt in de rij, bereiken de wortels het water ook goed. En het mooie is: je gaat vanzelf bewuster om met water – en daar wordt iedereen beter van.”



Waterbeheerder Maarten Verkerk:

“Het waterschap kijkt met veel belangstelling naar de bodem. Een goed beheer van bodem, gewas en water kan enorm veel opleveren voor de waterkwaliteit. Daarnaast beperk je overstromingen en voorkom je droogte. De Bufferboeren brengen dit op hun bedrijf in praktijk en dragen daarmee bij aan het waterbeheer. Deze brochure geeft de onderbouwing voor andere agrariërs om bewuster met hun bodem, gewassen, water en klimaat aan de slag te gaan. Want bij dit geslaagde project geldt het cup-a-soup motto: dat zouden meer mensen moeten doen!”



Beleidsmaker Ruud van Nieuwenhuijze:

“Bij Brabant Water streven we naar een duurzame watervoorziening voor nu, maar ook voor de toekomst. Samenwerken met de omgeving is hierbij essentieel. Daarom zijn we samen met agrarische ondernemers het project Bufferboeren gestart, om het waterbergend vermogen van de bodem te verbeteren. Tenslotte moeten we het allemaal doen met wat de natuur ons geeft. Ik hoop dat dit project navolging krijgt: dan kunnen boeren op veel meer plekken in Nederland waar verdroging optreedt, met relatief eenvoudige maatregelen veel betekenen.”

