



Terug naar de graswortel
*Een betere nutriëntenbenutting
door een intensievere
en diepere beworteling*

*Nick van Eekeren, Joachim Deru,
Herman de Boer, Bert Philipsen*



Verantwoording

Deze brochure is onderdeel van het project *Dieper wortelen, beter benutten, minder verliezen* dat uitgevoerd wordt door het Louis Bolk Instituut en Wageningen UR Livestock Research (2009-2011). Dit onderzoek- en innovatieproject is gefinancierd uit de Regeling Innovatieprogramma Kaderrichtlijn Water (projectnummer KRW08069).

De hoofddoelstelling van dit project is het ontwikkelen van praktische maatregelen om de beworteling van grasland te verbeteren. Door een betere benutting van stikstof en fosfaat neemt de uitspoeling af en verbetert de waterkwaliteit. Daarnaast wordt door een betere benutting ook het verschil tussen een landbouwkundige en een milieukundige optimale bemesting kleiner.

In het project *Dieper wortelen, beter benutten, minder verliezen* is in verschillende fases gewerkt aan het onderwerp beworteling van grasland: literatuurstudie, 'proof of principle', praktische maatregelen, en prototypering en communicatie. In deze brochure worden handreikingen gegeven voor de praktijk.



Nick van Eekeren, Joachim Deru, Herman de Boer, Bert Philipsen **Terug naar de graswortel**

de natuurlijke kennisbron

www.louisbolk.nl
info@louisbolk.nl
T 0343 523 860
F 0343 515 611
Hoofdstraat 24
3972 LA Driebergen

© Louis Bolk Instituut 2011
Foto's: Marleen Zanen, Jan Bokhorst, Bert Philipsen,
Nick van Eekeren, Henricus Schraven en Joachim Deru
Ontwerp: Fingerprint
Druk: Drukkerij Kerckebosch

Deze uitgave is per mail of website te bestellen
onder nummer LbD2011-023

Inhoud

- 1 Inleiding - 5
- 2 *Waarom een intensievere en diepere beworteling?* - 6
 - 2.1 *Nutriëntenvoorziening en -benutting* - 6
 - 2.2 *Wateropname* - 7
 - 2.3 *Opbouw organische stof* - 8
 - 2.4 *Bodemstructuur* - 9
 - 2.5 *Bodemvorming* - 10
 - 2.6 *Beheersing van onkruid* - 11
 - 2.7 *Erosiebeheersing* - 13
- 3 *Meten en beoordelen beworteling* - 14
 - 3.1 *Meten en beoordelen van wortelbiomassa of wortellengtedichtheid* - 14
 - 3.2 *Meten en beoordelen aan kluit* - 14
 - 3.3 *Meten en beoordelen diepte van beworteling* - 15
 - 3.4 *Indicatorwaarde* - 15
- 4 *Factoren en maatregelen die beworteling beïnvloeden* - 16
 - 4.1 *Bodemtoestand: fysisch, chemisch, biologisch* - 16
 - 4.2 *Ontwatering* - 19
 - 4.3 *Gewas, grassoorten, rassen en inzaai* - 20
 - 4.4 *Management: bemesting, maaien en beweiden, beluchten, beregenen* - 24
- Literatuur - 30



1. Inleiding

Een betere benutting van nutriënten door het gras verkleint de kans op uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Wanneer grasland intensiever en dieper wortelt, en daardoor nutriënten zoals stikstof en fosfaat uit de bodem en (kunst)mest beter benut, ontstaat een win-win situatie voor de veehouder en de maatschappij: een hogere grasproductie met een gelijke of lagere bemesting, lagere verliezen naar het milieu, en uiteindelijk betere waterkwaliteit.

Nederland telt 1 miljoen ha grasland, ofwel de helft van het totale landbouwareaal (CBS, 2011). De maatregel van een intensievere en diepere beworteling onder grasland heeft hierdoor snel een grote impact op de waterkwaliteit in Nederland. Overigens is deze maatregel ook relevant en vertaalbaar naar andere landbouwgewassen.

Een intensievere en diepere beworteling is niet alleen belangrijk voor de nutriëntenopname van het gewas, maar het speelt ook een rol in wateropname, opbouw van organische stof, bodemstructuur, voeding van bodemleven, bodemvorming, beheersing van onkruiden en erosie (zie hoofdstuk 2).

In hoofdstuk 3 wordt het meten en monitoren van de beworteling besproken.

Managementmaatregelen die kunnen leiden tot een intensievere en diepere beworteling vereisen meestal geen extra investeringen. In hoofdstuk 4 van deze brochure worden de verschillende factoren beschreven die invloed hebben op de intensiteit en diepte van beworteling, en worden maatregelen voorgesteld.

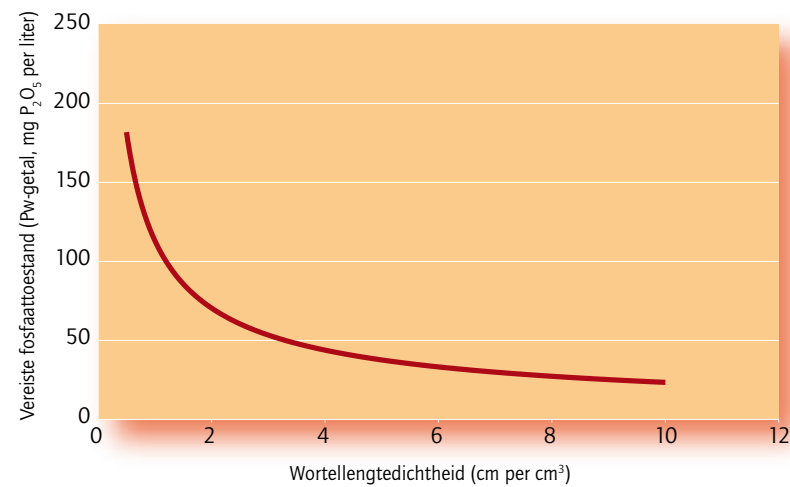
< Intensiteit en diepte van beworteling is niet alleen belangrijk voor nutriëntenopname maar ook voor wateropname, opbouw van organische stof, bodemstructuur, voeding van bodemleven, bodemvorming, beheersing van onkruiden en erosie

2. Waarom een intensievere en diepere beworteling?

2.1 Nutriëntenvoorziening en -benutting

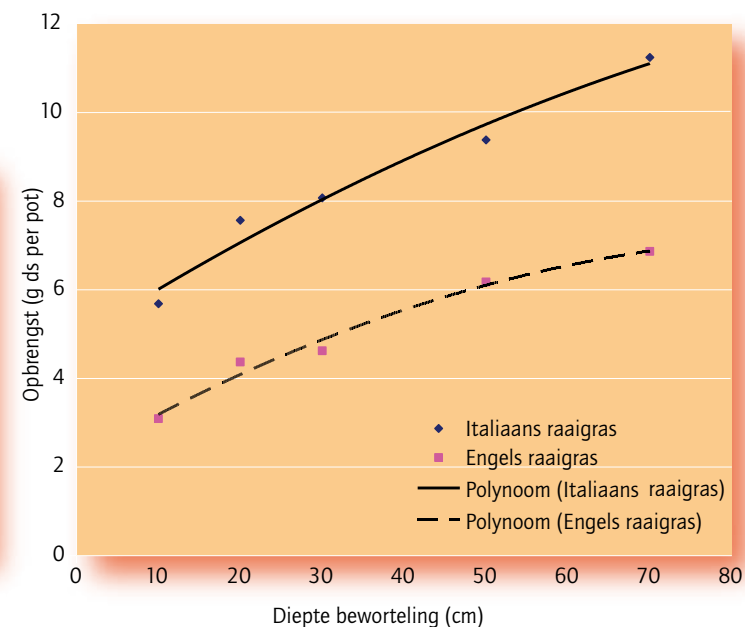
De intensiteit en de diepte van de beworteling bepaalt in belangrijke mate de nutriëntenvoorziening van het gewas. Aangescherpte bemestingsnormen maken de beworteling van gras nog belangrijker om beschikbare mineralen beter te benutten

Bij een intensievere beworteling worden meer nutriënten opgenomen wanneer nutriënten plekgewijs voorkomen in het bodemprofiel, en wanneer nutriënten minder mobiel zijn. Dit speelt in belangrijke mate bij een immobiel nutriënt als fosfaat, waarbij de landbouwkundig vereiste bemestingstoestand lager kan zijn bij een hogere wortellengtedichtheid (zie figuur 2.1). Daarnaast is een intensievere beworteling belangrijk in de ondergrond (waar de bewortelingsintensiteit laag is), bij droogte (wanneer er weinig water beschikbaar is voor transport van nutriënten), en bij concurrentie tussen grassoorten.



Figuur 2.1: Een hogere wortellengtedichtheid van het gewas stelt minder eisen aan de bemestingstoestand van fosfaat (Noordwijk, 1986)

Bij diepere beworteling worden meer nutriënten uit diepere bodemlagen opgenomen, bijvoorbeeld na uitspoeling of als de bovengrond droog is. In een potproef met Italiaans en Engels raaigras was duidelijk te zien dat als deze dieper wortelden de droge stof opbrengst toenam (De Boer et al., 2010; zie figuur 2.2).



Figuur 2.2: Opbrengst (ds per pot) van Italiaans en Engels raaigras bij verschillende bewortelingsdiepte (De Boer et al., 2010)

2.2 Wateropname

De diepte van beworteling bepaalt in sterke mate uit welke bodemlaag direct vocht kan worden onttrokken of via capillaire werking kan worden nageleverd. Veranderende klimaatomstandigheden maken de beworteling van gras nog belangrijker om het beschikbare water beter te benutten. Zolang de afstand tussen de diepste beworteling en de grondwaterstand via capillaire nalevering kan worden overbrugd, kan een diepere beworteling letterlijk een verlaging van het grondwaterpeil teniet doen. Naast een direct effect van wateropname geeft een diepere beworteling ook de mogelijkheid nutriënten op grotere diepte te benutten als de vochttoestand in de bovenste laag door droogte geen transport van nutriënten meer toelaat. Een onderzoek in de Gelderse Vallei liet zien dat droogtegevoelige graslandpercelen een minder diepe beworteling hadden dan droogteresistente percelen (zie tabel 2.1)

Tabel 2.1: Verschil in nalevering op droogtegevoelige en droogteresistente percelen op het tijdstip van bemonsteren (Van Eekeren en Bokhorst, 2010)

	Droogtegevoelig	Droogteresistent
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

Droogtegevoeling

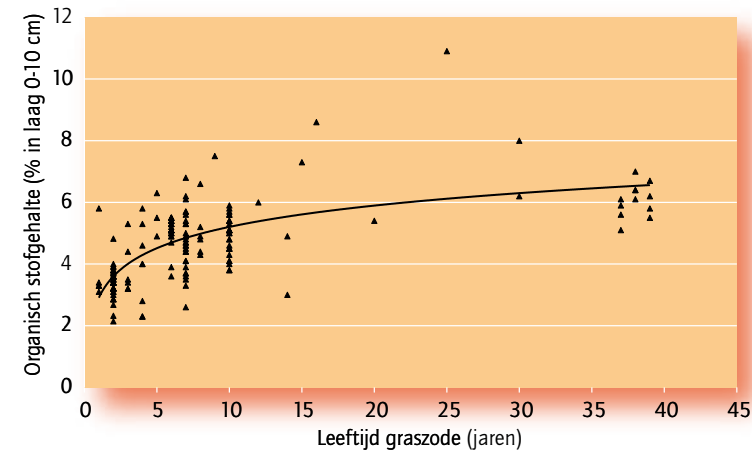


Droogteresistent



2.3 Opbouw organische stof

Gemiddeld gaat 50-60% van de totale energieproductie van een grasland naar het wortelstelsel (variatie van grassoorten 25-80%) (Whipp, 1990). Een gedeelte van deze energie wordt gebruikt voor groei van het wortelstelsel en een gedeelte wordt afgegeven als wortellexudaten (wortelsappen). Volgens Deinum (1985) wordt onder een normale graszode 4500 kg per ha per jaar (100 % van totale beworteling) aan wortelmassa omgezet in organische stof. Een gedeelte van deze organische stof wordt snel afgebroken. Door een graszode van 3 jaar en ouder wordt uit wortelresten en andere gewasresten 3675 kg effectieve organische stof op jaarbasis aangevoerd (organische stof die na 1 jaar nog in de bodem zit en niet is afgebroken). Hiermee is gras één van de beste gewassen om organische stof op te bouwen. Met de leeftijd van het grasland neemt het organische stofgehalte in de bodem dan ook toe (zie figuur 2.3)



Figuur 2.3: Relatie tussen leeftijd van grasland en organische stofgehalte op dekzandgronden (Van Eekeren en Bokhorst, 2009)

v Resten van graswortels dragen in belangrijke mate bij aan de opbouw van organische stof



2.4 Bodemstructuur

Een intensieve beworteling is belangrijk voor de bodemstructuur. Door het wortelnet houden wortels grovere bodemdeeltjes bij elkaar en door het afgeven van wortellexudaten (o.a. suikers) worden fijnere bodemdeeltjes aan elkaar geplakt. Daarnaast dragen wortels indirect bij aan een betere bodemstructuur doordat de suikers uit levende wortels en het organische materiaal van dode wortels gebruikt worden als voedsel voor het bodemleven (o.a. bacteriën en schimmels), die ook weer bodemstabiliserende stoffen afgeven. Illustratief daarin is een bemestingsproef van gras met 0 kg N en 500 kg N per ha. In de behandeling met 500 kg N per ha halveerde de wortelmassa in de laag 0-10 cm in 6 maanden tijd van 8402 naar 4042 kg droge stof per ha en liep het percentage grond met kruimelstructuur terug van 53% naar 39% (Van Eekeren, ongepubliceerde gegevens).

Wortels zijn direct en indirect een belangrijke factor voor een goede structuur van de bodem



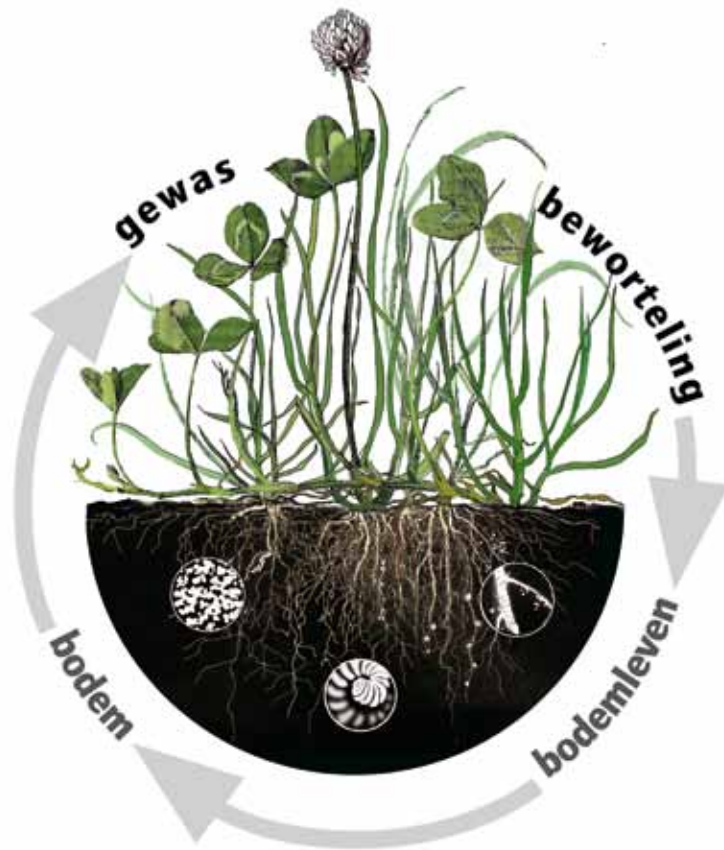
Rivierklei zonder wortels en bodemleven resulterend in een slechte structuur



Rivierklei met wortels en bodemleven resulterend in een kruimelige structuur.

2.5 Bodemvorming

Het wortelstelsel heeft door de aanvoer van organische stof, en het effect op bodemstructuur en bodemleven, een belangrijke invloed op de bodemvorming. Er wordt dan ook wel gezegd "Wortels maken de bodem". Een graszode met een goed wortelstelsel is daarmee èèn van de belangrijkste instrumenten die een veehouder heeft om zijn bodem te verbeteren. Gewas/beworteling, bodemleven en bodem vormen met elkaar een cyclus (zie figuur 2.4). Wordt de beworteling gestimuleerd, dan heeft dit een positief effect op het bodemleven en op de bodem. Dit heeft weer een positief effect op de beworteling, waardoor de plant weer beter kan groeien.

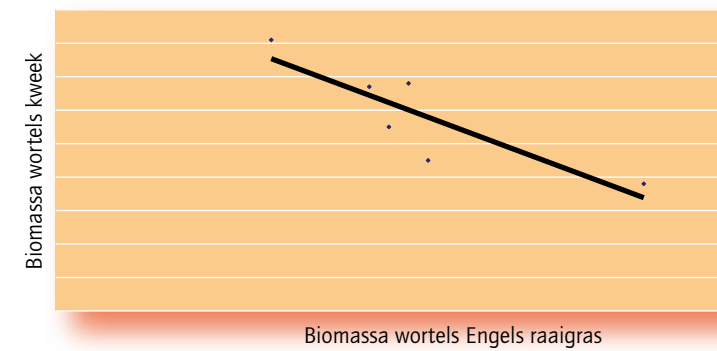


Figuur 2.4: Cyclus bodem en gewas



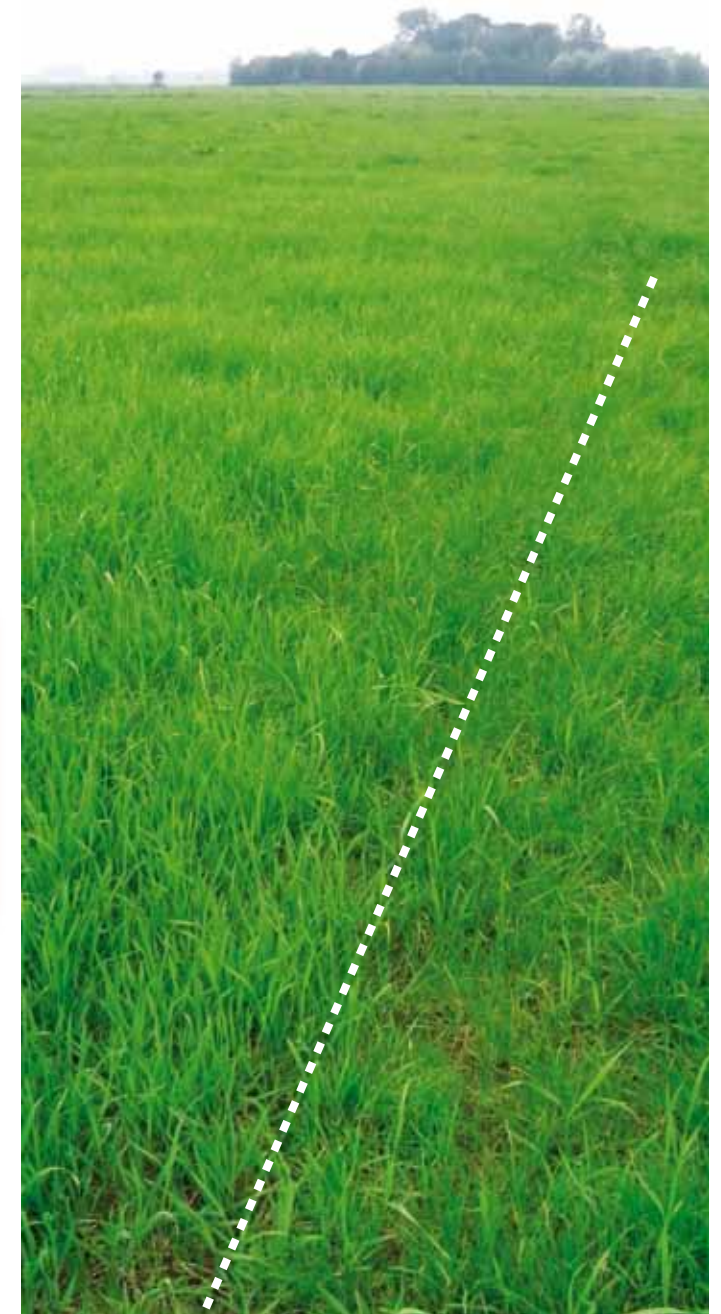
2.6 Beheersing van onkruid

Een goed wortelstelsel van grasland zorgt ook voor de beheersing van ongewenste graslandplanten. Een mooi voorbeeld hiervan is een proef met verschillende rassen Engels raaigras en het effect daarvan op de onderdrukking van kweek (*Elymus repens*) (Ennik, 1981). In deze proef hadden een zestal grasrassen dezelfde bovengrondse opbrengst. Echter, het ene ras vormde veel meer wortels dan het andere. Deze verschillende rassen Engels raaigras werden in een concurrentieproef met kweek gebruikt. Na een jaar was de hoeveelheid kweekwortels duidelijk lager wanneer de wortelmassa van Engels raaigras hoger was (zie figuur 2.5; Ennik, 1981).



Figuur 2.5: Relatie tussen wortelbiomassa Engels raaigras en kweek geteeld in mengcultuur (Ennik, 1981)

> Een betere beworteling maakt het grasland minder gevoelig voor ongewenste graslandsoorten als kweek (links)





2.7 Erosiebeheersing

Plantenwortels zijn bepalend voor specifieke erosiewerende eigenschappen van hellende gronden in Zuid Limburg en grasdijken. Wortels hebben een grote invloed op de stabiliteit en porositeit van de bodem. In paragraaf 2.4 is al aangegeven dat wortels belangrijk zijn voor de bodemstructuur. Zij leveren kitstoffen waarmee fijnere bodemdeeltjes aan elkaar worden geplakt, en dragen daarmee bij aan de vorming van aggregaten. Het resultaat is een stabiele bodem met een fijne structuur. Waar wortels afsterven blijven poriën achter, waardoor het poriënvolume en dus de doorlatendheid van de bodem toeneemt, en instromend water, bijvoorbeeld door de werking van golfklappen of overslag, snel weg kan. Een dicht wortelnet voorkomt uitspoeling van de grotere bodemdeeltjes (Sprangers, 1999).

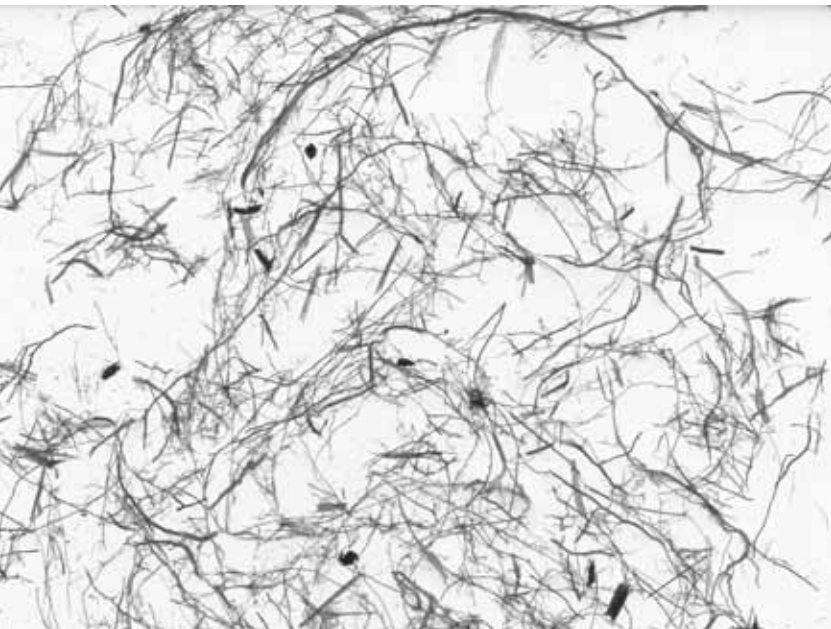
Het management van het grasland van dijken is erop gericht dat er een goede beworteling is in de boven- en ondergrond en dat er zo min mogelijk schade aan de dijken plaatsvindt door managementactiviteiten. Over het algemeen wordt er dan ook een laag bemestingsniveau gehanteerd waardoor de beworteling toeneemt en de kans van schade door vertrapping zo klein mogelijk wordt. Resultaten uit langjarig onderzoek laten zien dat bij beweiding met schapen de beworteling in de bovengrond juist toeneemt en dat met een maaibeheer de beworteling in de diepte wordt gestimuleerd (Sprangers, 1999; zie ook paragraaf 4.4.3 en 4.4.4).

< Een goede worteldichtheid is belangrijk voor de erosiebestendigheid van dijkgrasland

3 Meten en beoordelen beworteling

3.1 Meten en beoordelen van wortelbiomassa of wortelengtedichtheid

In onderzoek wordt beworteling vaak uitgedrukt in biomassa per hectare of wortelengtedichtheid (cm wortels/cm³ grond). Hierbij wordt ook het percentage wortels in de verschillende bodemlagen aangegeven. Voor deze methode moeten er bodemkolommen worden gestoken en met water worden uitgespoeld. Deze methode is vrij arbeidsintensief en specialistisch. Het is ook moeilijk onderscheid te maken tussen functionele en niet-functionele wortels. Met name ook het onderscheid tussen dode wortels en levende, verkurkte wortels, is moeilijk. Er wordt dan ook wel gebruik gemaakt van het begrip "actieve wortels" of de niet-verkurkte wortels. Dit zijn de wortels die in staat zijn water en mineralen uit de bodem op te nemen.



Beworteling wordt vaak uitgedrukt in de lengte van beworteling per volume eenheid grond

3.2 Meten en beoordelen aan kluit

Een meer toegankelijke manier om het aantal wortels te tellen is met behulp van een kluit. Het aantal wortels op 10 en 20 cm diepte kan in de praktijk zeer sterk variëren, van vrijwel geen wortels tot ca. 700 wortels op 10 cm diepte en ca 400 wortels op 20 cm diepte (in het horizontale vlak van de kluit van 20x20 cm). De streefwaarden voor het aantal wortels op een kluit van 20x20 cm zijn: >200 op 10 cm diepte en >100 op 20 cm diepte. Bij vergelijking tussen percelen op eenzelfde tijdstip geeft een groot aantal dode wortels aan dat de beworteling aan het verslechteren is (neergaande lijn), terwijl veel jonge wortels aangeven dat de beworteling aan het verbeteren is (opgaande lijn). Levende wortels zijn wit en 'sappig', dode wortels zijn bruin en 'uitgedroogd'.



Onderaan de een kluit van 20x20 cm kan met de wortels tellen op 10 en 20 cm diepte

3.3 Meten en beoordelen diepte van beworteling

De diepte van de beworteling kan het best in een bodemkuil beoordeeld worden. Hoewel jong gras de neiging heeft om diep te wortelen, en ouder gras zich meer terugtrekt in de bovenste 5 cm, is ook bij oud gras een goede beworteling tot ca. 50 cm diepte mogelijk.



De diepte van beworteling kan makkelijk in een kuil worden bepaald

3.4 Indicatorwaarde

Beworteling is een belangrijke indicator voor het al dan niet functioneren van de bodem in relatie tot het bovengronds management. Daarnaast is het voor iedereen zichtbaar. Zoals al eerder gezegd is beworteling de schakel tussen bodemvruchtbaarheid en gewasgroei. Het is een resultante van chemische, fysische, en biologische bodemvruchtbaarheid, en bovengronds management. Hiermee is de mate van beworteling een "holistische" indicator voor de bodemtoestand en heeft het ook een voorspellend karakter wat betreft de te verwachten botanische samenstelling van graspercelen. Bijvoorbeeld: een slechte beworteling kan zich uiten in meer kweekgras na één jaar. Een beperking bij gebruik van een indicator die door veel factoren wordt beïnvloed is dat het door deze veelheid van factoren moeilijk is de vinger op de zwakste schakel te leggen. Aan de andere kant kan een goede beworteling veel problemen uitsluiten.

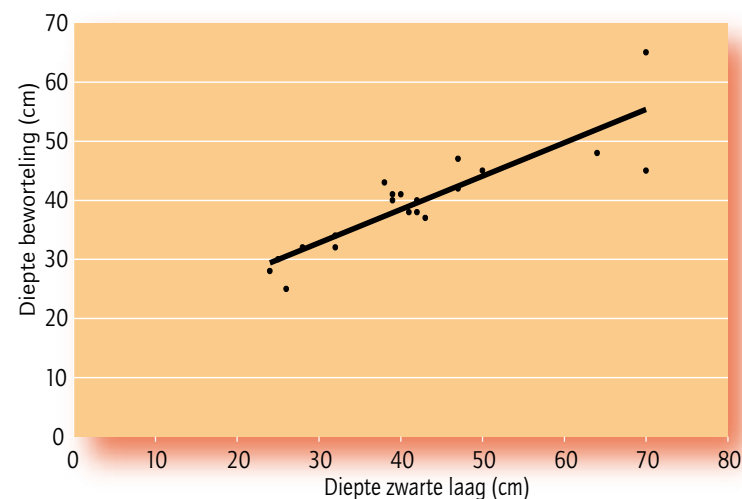
4 Factoren en maatregelen die beworteling beïnvloeden

4.1 Bodemtoestand: fysisch, chemisch, biologisch

4.1.1 Bodemfysisch

Een goede bodemstructuur zonder verdichting is essentieel voor een goede beworteling. Naast de fysieke weerstandstoename wordt door verdichting de beworteling beperkt door een afname van de grootte van de poriën, wat de vocht- en luchtbeschikbaarheid in de bodem beperkt. In een proef op zandgrond bleek zeer verdichte grond (bodembelasting 14,5 ton) 12% minder drogestofopbrengst op te leveren dan de "optimale" bodemconditie (bodembelasting 4,5 ton). Interessant is dat het wortelgewicht (3,6 ton ds per ha) van deze behandelingen hetzelfde was, maar dat bij de zeer verdichte grond deze wortelmasse zich concentreerde in de laag 0-25 cm, terwijl dezelfde wortelmasse in de behandeling met "optimale" bodemconditie verdeeld was over 50 cm diepte (Arts et al., 1994). Ook beweiden onder slechte omstandigheden kan door vertrapping leiden tot bodemverdichting en daarmee afname van het wortelstelsel. Dit effect is sterker bij een mengsel van gras met klaver dan bij puur gras, vanwege de dikkere wortels van klaver (Vertes et al., 1988).

Op zandgrond is de bewortelingsdiepte van grasland gerelateerd met de diepte van de zwarte laag (zie Figuur 4.1.; Van Eekeren en Bokhorst, 2009). Door het N-leveringsvermogen (via mineralisatie), watervasthoudend vermogen en goede doorwortelbaarheid van organische stof, is het ook te verwachten dat wortels vooral in de zwarte laag voorkomen.



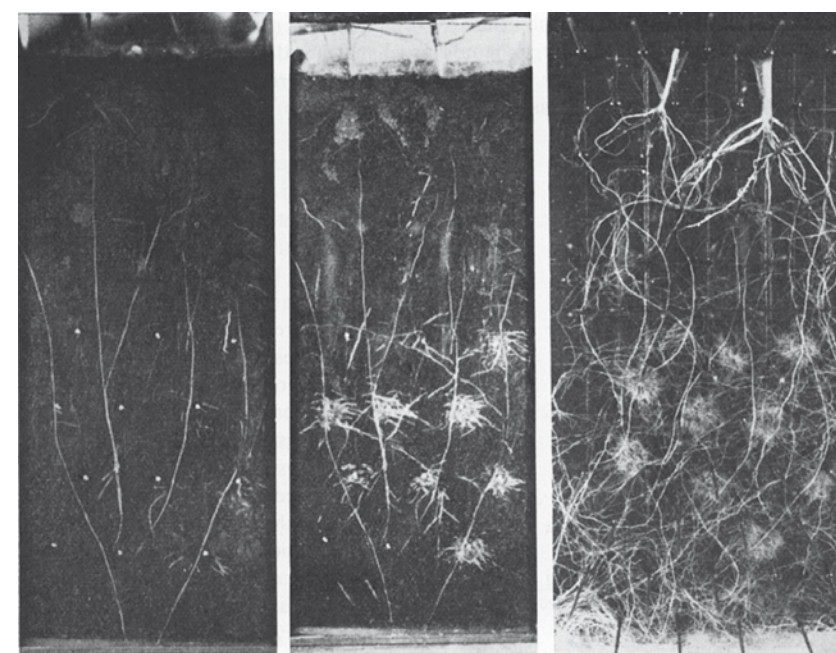
Figuur 4.1: Bewortelingsdiepte in relatie tot diepte donkere bovenlaag op 20 graslandpercelen op zandgrond (Van Eekeren en Bokhorst, 2009)



Maatregel: Voorkom verdichting en structuurschade: oplossen is veel lastiger

4.1.2 Bodemchemisch

Fosfaat is een belangrijk nutriënt voor beworteling. Afhankelijk van andere groeifactoren, als stikstof- en vochtvoorziening, is een lage fosfaatbemestingstoestand positief voor beworteling, mits deze niet groeibeperkend is. In dat geval zal er sprake zijn van een negatief effect op de beworteling. Op de meeste landbouwgronden in Nederland is de kans hierop klein.



^ Bij een lage fosfaatbemestingstoestand groeien wortels naar de witte fosfaatkorrels toe mits fosfaat niet te limiterend is voor groei

> Knipklei is ontstaan in een magnesiumrijk milieu met weinig kalk en dus een lage calcium:magnesium verhouding. Mits goed afgewaterd is het toch mogelijk een goede beworteling van de graszode te bewerkstellingen in de bovengrond (boven) en ondergrond (onder).

Een lage pH heeft een negatieve invloed op de beworteling, door een lagere beschikbaarheid van nutriënten en een lagere activiteit van het bodemleven. Ook speelt de calcium:magnesium verhouding hierin een rol, 68:12 is optimaal voor beworteling. De grote calciumionen verbeteren de structuur, terwijl de kleinere magnesiumionen aanleiding kunnen zijn voor verslemping en verdichting.



Maatregel: Houd de fosfaatbemestingstoestand voldoende en zorg voor een goede pH

4.1.3 Bodembologisch

In de wisselwerking tussen wortels en bodem speelt het bodemleven een belangrijke rol. Het effect van wormen op beworteling is het meest tastbaar. In onderzoek in de Flevopolder na de ontpoldering leidde de introductie van wormen tot een toename van beworteling (zie Tabel 4.1)

Tabel 4.1: Verloop van beworteling na introductie van regenwormen (Hoogerkamp, 1983)

Jaar na introductie wormen	Beworteling gras in de laag 0-15 cm (kg ds/ha)
0	570
1	570
2	750
3	1875
4	1965

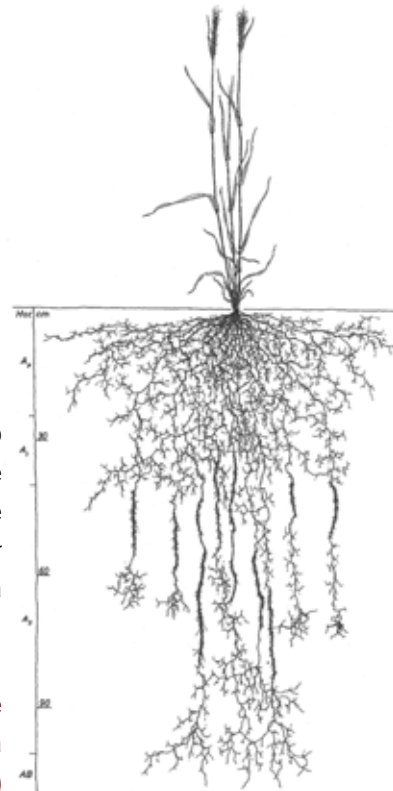
Nog specifiek is het effect van de groep regenwormen die verticale gangen maken, de zogenaamde pendelaars. De gangen van deze wormen maken de weg vrij voor wortels, waardoor deze tot diepere bodemlagen kunnen doordringen (zie foto en figuur 4.2).

Figuur 4.2: Wortels van gerst passeren verdichte lagen door verticale gangen van regenwormen (Kutschera et al., 2009)

> Wortels dringen door in diepere bodemlagen door gebruik te maken van wormengangen



Maatregel: Stimuleer wormen in het algemeen en de groep van pendelaars specifiek door een lage frequentie van graslandvernieuwing, redelijk stikstofbemestingsniveau of teelt van grasklaver, en gebruik van vaste mest



4.2 Ontwatering

Waar te lang water staat wordt de bodem zuurstofarm en sterft het wortelstelsel af. Hierdoor kunnen gronden die in de winter te nat zijn, in de zomer verdrogen doordat het wortelstelsel niet diep genoeg gaat om water uit diepere lagen te benutten. Bij grasland is de grond goed ontwaterd als de grondwaterstand gemiddeld niet hoger komt dan 40-80 cm beneden maaiveld (winterstand) en als er niet langdurige plassen op het land blijven staan.

> Bij een goede ontwatering zijn binnen dag de plassen van het land. Een natte plek versterkt zichzelf. Doordat er water blijft staan verzakt en verslemt de grond verder. Doordat er geen zuurstof is, is er geen bodemlevenactiviteit of beworteling om de natuurlijke waterinfiltratie te herstellen. Maatregelen moeten worden genomen om de situatie te verbeteren



Maatregel: Zorg voor een goede ontwatering in de vorm van drainage of greppels



4.3 Gewas, grassoorten, rassen en inzaai

4.3.1 Graslandsoorten

Het gebruik van verschillende graslandplanten is een makkelijke manier om door management de beworteling te stimuleren. Engels raaigras staat bijvoorbeeld bekend om haar fijn vertakte wortelstelsel. Luzerne en rode klaver kunnen met hun penwortel uit diepere bodemlagen makkelijk water onttrekken, en ontlenen daar voor een groot deel hun droogteresistent vermogen aan. Minder bekend is dat de wortelmasa van puur witte klaver slechts ongeveer 6-29% van dat van Engels raaigras is (Young, 1958, Van Eekeren et al., 2009).

Kruiden kunnen ook bijdragen aan het bewortelingspalet 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 steeds meer ingezet in grasland vanwege hun droogteresistentie. De penwortel van cichorei is ook terug te vinden in een (on)kruid als paardenbloem. Het grove wortelstelsel van smalle weegbree is ook terug te vinden in een (on)kruid als boterbloem.

Tabel 4.2: Onderverdeling van wortelstelsel van graslandsoorten

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



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



Fijn vertakt wortelstelsel van gras



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



Penwortel maakt gewassen minder droogtegevoelig

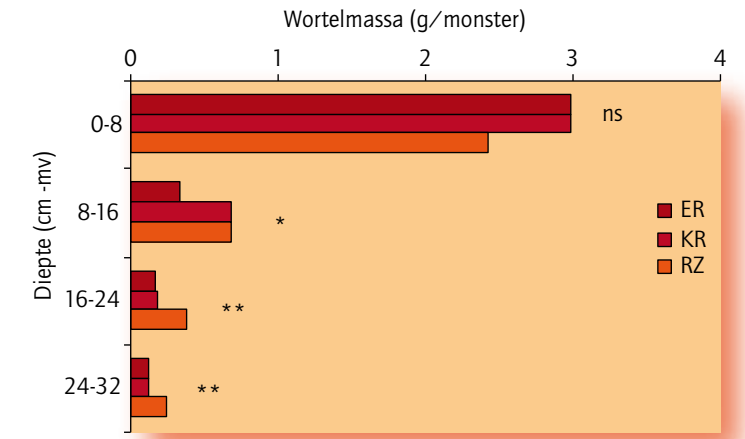
4.3.2 Grassoorten

Binnen grassoorten zijn ook veel verschillen in de intensiteit en diepte van beworteling. Bij Engels raaigras het meest in het oog springend de intensieve beworteling in de bovenlaag en de minder intensieve beworteling in de onderlaag. Bij rietzwenkgras is dit precies andersom. Kropaar zit wat betreft wortelverdeling tussen beide soorten in.

Metingen aan wortelmasa en wortelengtedichtheid in een proef met Engels raaigras, kropaar, en rietzwenkgras, lieten een vergelijkbare totale wortelmasa zien in de laag 0-32 cm. Verschillen traden op in de verschillende bodemlagen: rietzwenk had meer wortels in de lagen 16-24 cm en 24-32 cm dan de andere twee grassoorten (Figuur 4.3) (Deru et al., 2011a). Engels raaigras concentreerde de wortels meer in de bovenste 8 cm vergeleken met rietzwenkgras. Kropaar deed hetzelfde, zij het in mindere mate. Het is algemeen bekend dat rietzwenk dieper wortelt dan Engels raaigras en kropaar, en daarmee van deze grassen de hoogste effectieve wateronttrekkingsdiepte heeft.



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



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



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

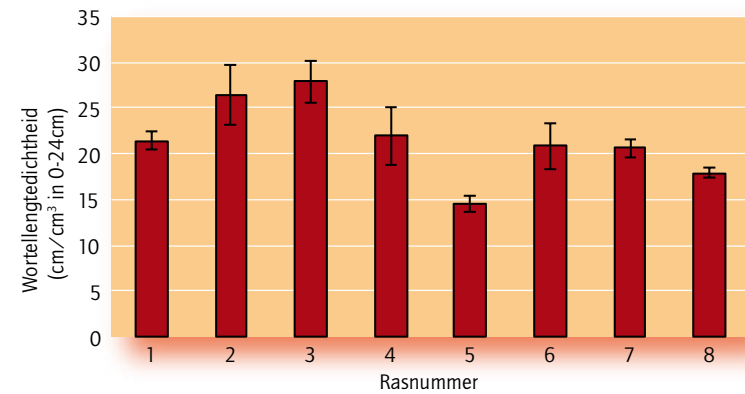
4.3.3 Rassen Engels raaigras

In het huidige rassenonderzoek worden grasrassen vergeleken op bovengrondse kenmerken zoals beginontwikkeling, roestresistentie, standvastigheid, en productie. Indirect moet een grasras een redelijk wortelstelsel hebben om op deze kenmerken goed te worden geëvalueerd; er wordt echter vanuit de veredeling niet expliciet naar het wortelstelsel gekeken.

Metingen aan wortelmasse en wortellengtedichtheid in een voormalige rassenproef lieten echter een groot verschil zien in beworteling tussen verschillende rassen Engels raaigras (zie figuur 4.4). Tussen het ras met de hoogste wortellengtedichtheid (ras 3) en het ras met de laagste wortellengtedichtheid (ras 5) zat bijna een factor twee. Het kenmerk ploïdie had op de belangrijkste bewortelingsparameters een zeer significant effect. Diploïde rassen (ras 1-4) hadden een hogere wortelmasse, een hogere wortellengtedichtheid, een hoger totaal worteloppervlak, en een hoger aandeel dunne wortels dan tetraploïde rassen (ras 5-8) (Deru et al., 2011 b).

Raaigrasrassen, geselecteerd op hoge N-benutting, bleken in een onderzoek een grotere wortelgroei te hebben bij een lage N-gift dan bij een hoge N-gift, terwijl de beworteling van rassen met een lage N-benutting niet op N-gift reageerde (Van Loo et al., 2003). Hiermee

is rassenkeuze mogelijk een belangrijke en makkelijke managementtool om bewortelingsintensiteit en daarmee nutriëntenbenutting te verbeteren.



Figuur 4.4: Wortellengtedichtheid van 8 rassen Engels raaigras (ras 1-4 diploïd, ras 5-8 tetraploïd) (Deru et al., 2011 b)



Maatregel: Kies ook voor diploïde rassen Engelse raaigrassen in het graslandmengsel om de beworteling te optimaliseren



In proef op achtergrond zie je bovengronds het verschil in kleur tussen diploïde (lichtgroen) en tetraploïde rassen Engels raaigras (donker groen). Ondergronds hebben diploïde rassen een hogere wortellengtedichtheid dan tetraploïde rassen

4.3.4 Maatregelen bij herinzaai

Bij herinzaai zijn onder andere de bodemtoestand (paragraaf 4.1) en de mengselkeuze (paragraaf 4.3.1., 4.3.2., 4.3.3) relevant. Daarnaast kunnen mogelijk zaadcoatings met een meststof (bijvoorbeeld "i-seed") of een planthormoon ("Headstart") korte of lange termijn effecten hebben op beworteling. Een hogere zaaidichtheid van graszaad geeft op korte termijn een hogere wortelmasse, maar op langere termijn speelt het graslandmanagement hier een belangrijkere rol.

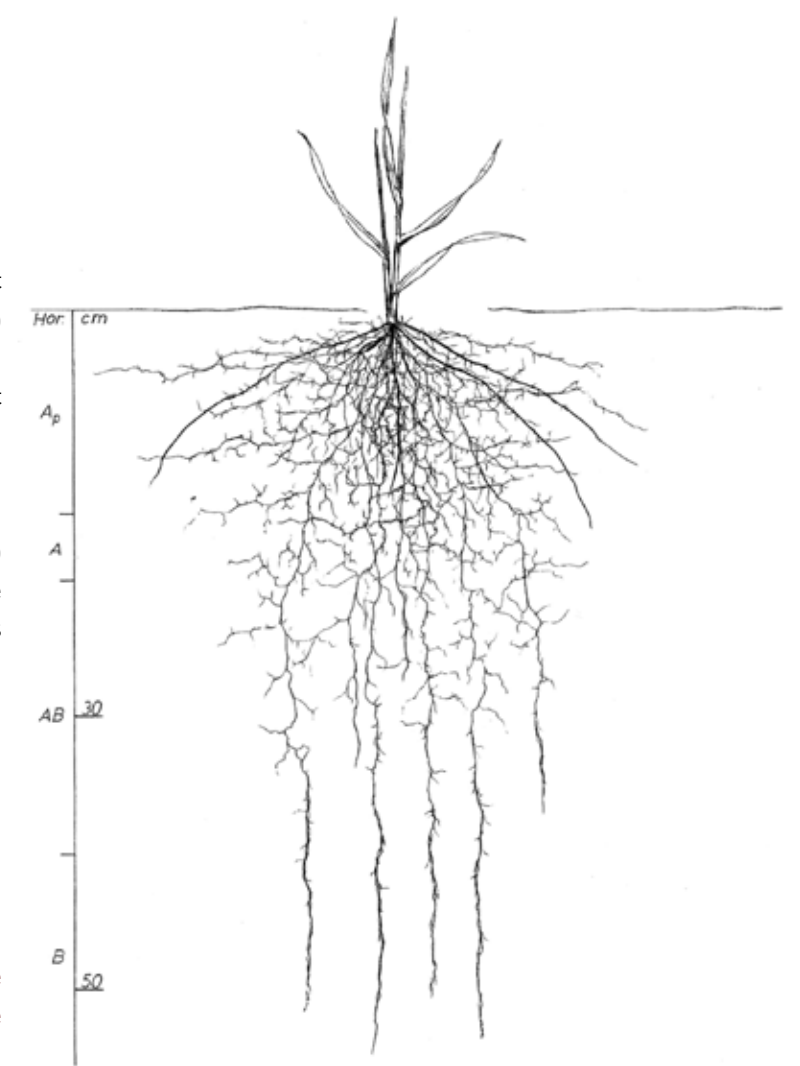
Een andere maatregel is het meezaaien van een graan (gerst of haver) bij een mengsel van gras(klaver) (zie foto). Het graan bewortelt de bouwvoor snel, waardoor graswortels op termijn de afgestorven wortels kunnen volgen. Het is bekend dat de wortels van haver de afgestorven wortels van heermoes volgen (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 et al., 2009)

> 25-50 kg haver of zomergerst meezaaien als dekvrucht bij herinzaai heeft naast gewasproductie en onderdrukking van onkruid mogelijk positieve effecten op de beworteling van een herinzaai



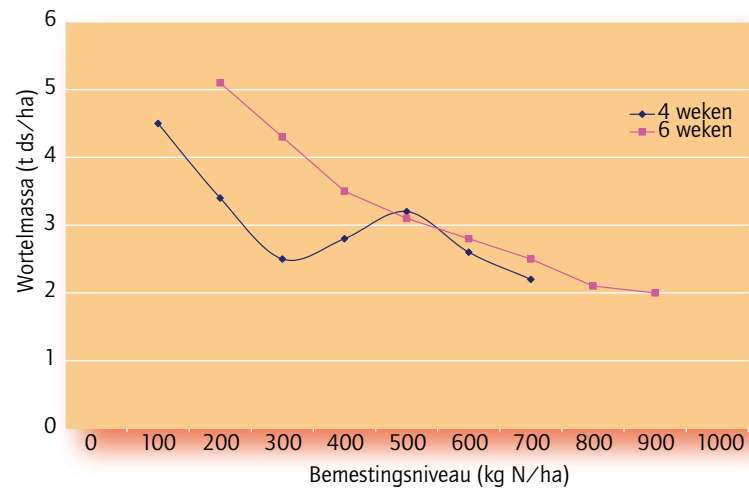
Maatregel: Zaai zomergerst of haver mee bij herinzaai van grasland in het voorjaar



4.4 Management: bemesting, maaien en beweiden, beluchten, beregenen

4.4.1 Bemesting

Gras heeft voedingsstoffen nodig voor de groei van het wortelstelsel. Fosfaat is de nutriënt die de meeste invloed heeft op beworteling. Een betere fosfaatvoorziening in de bovengrond zorgt ook voor een betere beworteling in de ondergrond. De reactie van graswortels op stikstof is, na een minimumniveau, zelfs negatief (Ennik, 1981). Dit is duidelijk te zien in een proef waarin de wortelmasse is vergeleken bij verschillende stikstofbemestingsniveaus bij twee maaifrequenties (zie figuur 4.6). Het negatieve effect van stikstofniveau op beworteling is groter bij Engels raaigras dan bij rietzwenkgras en is met name in diepere bodemlagen zichtbaar (Deru et al., 2011a).



Figuur 4.6: Relatie tussen stikstofbemestingsniveau en wortelbiomassa bij 2 maaifrequenties (Ennik, 1981)

Maatregel: Houd met de stikstofgift rekening met effecten op het wortelstelsel

Toediening humuszuren voor inzaai positief op beworteling

In de maïsteelt worden wel humuszuren toegevoegd aan rijenbemesting voor stimulering van beworteling. In onderzoek in de graszodeteelt had toediening van humuszuren, breedwerpig toegediend bij de stikstofbemesting, geen significant effect op de wortelmasse in de laag 0-10 cm bij 75% of 100% van het stikstofniveau. Wel was hier ook een trend van een hogere wortelmasse bij een lagere stikstofbemesting (Van Eekeren, ongepubliceerde gegevens). Wanneer humuszuren voor herinzaai werden toegediend in de grond gaf dit een 15% hogere wortellengte (Cooper et al., 1998).

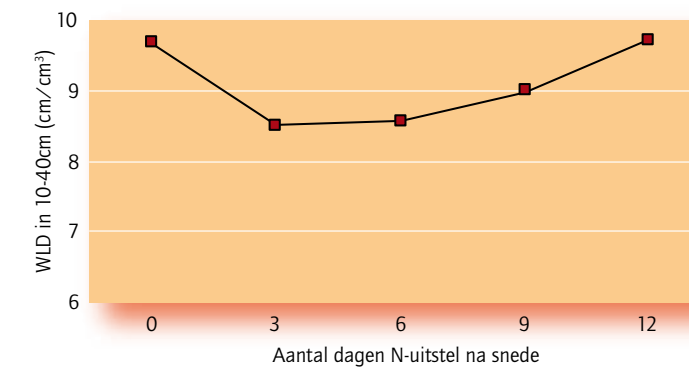
Tabel 4.3: Effect van humuszuren op wortelmasse van graszode bij oppervlakkige toediening met stikstofkunstmest (verschillen niet statistisch significant) (Van Eekeren, ongepubliceerde gegevens)

Bemesting	75% N	75% N + humuszuren	100% N	100% N + humuszuren
Wortelmasse (gr)	4.52	4.72	4.39	4.04

4.4.2 Tijdstip en plaats van stikstofbemesting

Wanneer gras ruim bemest wordt met stikstof, kan stikstofonthechting voor enkele dagen leiden tot een sterke toename van de wortelmasse (Ennik, 1981). Jarvis en Macduff (1989) vonden in een proef met Engels raaigras een toename van de wortellengte na nitraatonthouding voor 11 dagen. Sheldrick et al. (1994) vonden in een veldproef met uitstel van de N-gift na het maaien, dat de N-benutting van Engels raaigras optimaal was bij 7 tot 10 dagen uitstel.

In een gelijksoortige proef als die van Sheldrick (1994) is nagegaan in hoeverre het uitstellen van de N-bemesting na het maaien een positief effect heeft op de productie, N- en P- benutting, en de beworteling. Uit de resultaten bleek dat de bovengrondse opbrengst daalde bij het uitstellen van de N-bemesting. Tegelijkertijd stegen de N- en P- gehalten in het gras. Er was geen significant effect van N-uitstel op de N- en P-opbrengsten, dus de lagere productie werd opgeheven door de hogere gehalten. Er was wel een trend te zien waarbij de N- en P-opbrengsten licht stegen met een langere N-uitstel. In de beworteling was geen duidelijk effect merkbaar in de bovenste 10 cm, waar zich ca. 75 % van de wortels bevinden, maar wel in de laag 10-40 cm. De wortellengtedichtheid in die laag was het hoogst bij 0 en bij 12 dagen uitstel en het laagst bij 3 en 6 dagen uitstel (Deru et al, ongepubliceerde gegevens; zie figuur 4.7).



Figuur 4.7: Wortellengtedichtheid in de laag 10-40 cm in relatie tot uitstel van N bemesting na maaien (Deru et al., ongepubliceerde gegevens)



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 et al. (1998) lieten zien dat geconcentreerde toediening van N kan leiden tot een hogere wortelmasse dan minder geconcentreerde toediening. Murphy en Zaurov (1994) concludeerde dat injectie van ureum leidde tot een hogere wortelmasse en diepere beworteling vergeleken met oppervlakkig toediening. Injectie op 5 cm diepte gaf de hoogste drogestofopbrengst en N-opname.

Maatregel: Uitstel van N-bemesting kan aanleiding zijn tot een diepere beworteling. Toediening van kunstmest in vloeibare vorm onder de zode (5 cm diepte) is mogelijk een bemestingsmaatregel om wortelmasse en bewortelingsdiepte te verhogen

4.4.3 Maaifrequentie

Gras gebruikt na maaien of weiden energie uit wortelreserves om opnieuw spruiten te vormen en kan deze wortelreserves in een later tijdstip weer aanvullen (zie Kader). Effect van management op beworteling zal sterk afhangen van de aanspraak die dat management doet op wortelreserves en de mogelijkheid om wortelreserves te herstellen.

Bij maaien of weiden zal voor de hergroei van de nieuwe spruiten tijdelijk wortelreserves worden gebruikt. Afhankelijk van de frequentie van maaien of weiden kan deze wortelreserve zich weer herstellen. Onderzoek wijst uit dat bij frequenter maaien de wortelbiomassa afneemt (Schuurmans, 1954; Ennik, 1981).



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.

Dit maakt dat gras op de volgende manier groeit:

Fase 1. *Als een gras wordt beweid 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).*



Maatregel: Probeer de maaifrequentie te verlagen en te streven naar zwaardere snedes zodat de beworteling optimaal kan herstellen



4.4.4 Beweidingsstelsel

In een vergelijkend onderzoek naar omweiden en standweiden werd bij standweiden een hogere wortelmasse gevonden in vergelijking tot omweiden (zie Tabel 4.4). De verklaring hiervoor kan zijn dat bij een goede manier van standweiden het gras op een gemiddelde bladlengte van 8-10 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 daarnaast ook minder kans om stengel en zaad te schieten, waardoor ook minder aanspraak wordt gemaakt op wortelreserves.

Bovenstaande wil niet zeggen dat standweiden altijd resulteert in een grotere wortelbiomassa. Wordt er bij standweiden te kort ingeschaard, dan wordt het andere extreem bereikt. Het bladoppervlak is dan niet groot genoeg om zonder wortelreserves uit te schieten. Hiermee kunnen juist wortelreserves worden uitgeput, wat leidt tot overbegrazing. In Belgisch onderzoek werd een vergelijkbaar of lagere wortelbiomassa gevonden bij standweiden in vergelijking met omweiden, afhankelijk van de intensiteit van begrazen (Deinum, 1985).

Tabel 4.4: 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



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



Maatregel: Streef bij beweiding naar een optimaal bladoppervlakte voor fotosynthese

4.4.5 Graslandbeluchten

Zware machines en begrazing werken verdichting in de hand. De beworteling van grasland loopt daardoor terug. Als gevolg heeft het grasland een slechtere mineralenbenutting en is gevoeliger voor droogte. Dit leidt tot een terugval in botanische samenstelling en productie. Hierdoor vernieuwt de veehouder zijn grasland frequenter, wat naast geld ook organische stof en stikstofleverend vermogen kost. Het beluchten of woelen van grasland kan mogelijk deze verdichting opheffen, waardoor de beworteling in deze mechanisch gecreëerde ruimte kan kruipen.

In Engels onderzoek met een oppervlakkige verdichting in de laag 8-12 cm gaf graslandbeluchting een verdubbeling van de grasproductie (Davies et al., 1989). In Nederlands onderzoek, met verdichting tussen de 10 en 35 cm, leidde het graslandbeluchten/woelen slechts tot een tijdelijke (2-3 maanden) verbetering van de structuur en beworteling, en niet tot hogere opbrengst. Ontlasting van de bodem en het instandhouden en stimuleren van de natuurlijke grondbewerking door wormen en ander bodemleven blijft voorlopig het enige devies. Mogelijk moet het beluchten/woelen frequenter in een seizoen worden uitgevoerd, of worden gecombineerd met doorzaaien van een grassoort waarvan de jonge wortels langer dieper wortelen (Van Eekeren en Ter Berg, 2008).

> Er zijn verscheidene beluchtingmachines of graslandwoelers in de handel. Een omgebouwde mestinjecteur kan ook het werk doen. Voor verdichting op diepere bodemlagen lijkt graslandbeluchting enkel tijdelijk een oplossing te bieden



 **Maatregel: Voorkom verdichting van de ondergrond; beluchting biedt slechts tijdelijk een oplossing**

4.4.6 Beregenen

Net als bij een gebrek aan fosfaat zal het wortelstelsel bij een gebrek aan water proberen het nattere gedeelte van de bodem te doorwortelen, onder voorwaarde dat de bodemstructuur dit toelaat. Deze groei in wortelstelsel zal echter ook weer extra water kosten.

In diverse onderzoeken is gekeken naar het effect van vochttoestand van de bodem op de wortelgroei van grassoorten. Bij een veldonderzoek in Engeland aan een mengsel van Engels raaigras en witte klaver werd gevonden dat van de factoren maaihoogte, maairequentie en beregening, de laatstgenoemde factor het grootste (negatieve) effect had op de beworteling. De behandeling waar slechts éénmaal per seizoen was beregend had de grootste ondergrondse biomassa en de

diepste beworteling. Dit komt overeen met het feit dat bij frequente en oppervlakkige beregening de wortels boven in het profiel blijven, terwijl bij een volledig vochtig bodemprofiel de wortels gestimuleerd worden om dieper te groeien (Appadurai en Holmes, 1964). Voor het doorgroeien van wortels is het belangrijk dat bij droogte ook de beschikbaarheid van fosfaat voldoende is.

De beschreven onderzoeken laten zien dat de vochtvoorziening een belangrijke factor is voor wortelgroei. Droogte, zeker in combinatie met fosfaattekort, 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.



 **Maatregel: Beregen minder frequent. Start met beregenen volgens 'advies' van uitgedroogde grond of een beregeningsplanner. Beregen wat de bouwvoor/wortelzone aan kan. In de praktijk is dit vaak 20-30 mm**

Literatuur

- Appadurai R.P., Holmes W. (1964) The influence of stage of growth, closeness of defoliation, and moisture on growth and productivity of a ryegrass-white clover sward. 1. Effect on herbage yield. J. Agric. Sci. 62: 327-332.
- Arts W.B.M., Verwijs B.R., van Maanen J. (1994) De invloed van berijding op de fysische bodemconditie van zandgrond en de gevolgen daarvan voor de grasproductie. Rapport 94-5 IMAG-DLO Wageningen, 72 pp.
- 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.
- Boer H.C. de, van Eekeren N., Deru J. (2010) Effecten van een diepere en dichtere beworteling van gras op de N- en P- opname. Rapport 413. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.
- CBS (2011) <http://statline.cbs.nl/> geraadpleegd: 10 juni 2011.
- Cooper R.J., Chunhua Liu, Fisher D.S (1998) Influence of Humic Substances on Rooting and Nutrient Content of Creeping Bentgrass. Crop Science 38: 639-1644.
- Davies A, Adams, W.A., Wilman D. (1989) Soil compaction in permanent pasture and its amelioration by slitting. J. Agric. Sci. 113: 189-197.
- Deinum B. (1985) Root mass of grass swards in different grazing systems. Netherlands Journal of Agricultural Science 33, 377-384.
- Deru J., van Eekeren N., de Boer H. 2010. Beworteling van grasland - een literatuurstudie: Nutriëntenopname in relatie tot bewortelingsdiepte en -intensiteit; factoren en potentiële maatregelen die de beworteling beïnvloeden. Rapport 2010-018LBV. Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- Deru J., van Eekeren N., de Wit J., de Boer H. (2011a) Effect van grassoort en N-bemestingsniveau op productie, beworteling en N-mineraal in de herfst: Veldproef op zandgrond met Engels Raaigras, Kropaar en Rietzwenkgras. Rapport 2011-017 LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- Deru J., van Eekeren N., Visscher J., Schilder H. (2011b) Grote variëteit in Engelse raaigrassen. V-focus. februari , p. 22-23.
- Ennik G.C. (1981) Grasgroei en beworteling. CABO-verslag nr. 38, Centrum voor Agro Biologisch Onderzoek, Wageningen.
- Goedewagen M.A.J. (1954) De oecologie van het wortelstelsel der gewassen. In: De plantenwortel in de landbouw. Voordrachten in het kader van het Nederlands Genootschap voor Landbouwwetenschap.
- Jarvis S.C., Macduff J.H. (1989) Nitrate nutrition of grasses from steady-state supplies in flowing solution culture following nitrate deprivation and/or defoliation: I. Recovery of uptake and growth and their interactions. Journal of Experimental Botany 40, 965-976.

- Kutschera L., Lichtenegger E., Sobotik M. (2009) Wurzelatlas der Kulturpflanzen gemässiger Gebiete mit Arten des Feldgemüsebaues. 7. Band. Frankfurt am Main, DLG-Verlag.
- Laine P., Ourry A., Boucaud J., Salette J. (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., Zaurov D.E. (1994) Shoot and root-growth response of perennial ryegrass to fertilizer placement depth. Agronomy Journal 86:828-832.
- Noordwijk M. (1986) Beworteling en efficiënt gebruik van voedingstoffen. In E.T. Lammerts van Bueren en T. Vierhout (ed.). Alternatieve Landbouw. Verslag van een studiedag gehouden op 4 december 1986.
- Savory A. (1988) Holistic Resource management. Island Press, Washington.
- Schuurmans 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., Lavender R.H., Martyn T.M. (1994) Effects of delay in reapplication of nitrogen fertiliser following cutting silage from a ryegrass sward. Grass and Forage Science 49: 369-371.
- Sprangers J.T.C.M. (1999) Vegetation dynamics and erosion resistance of sea dyke grassland. PhD. Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, 167 pp.
- Van Eekeren N., Ter Berg C. (2008) Graslandbeluchten leidt nog niet tot hogere grasopbrengsten. V-focus, augustus, p. 26-27.
- Van Eekeren N., Bokhorst J. (2009) Beoordeling bodemkwaliteit zandgrond: een inventarisatie van bodemindicatoren voor de veehouderij. Zorg voor Zand rapport nr 7. Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- Van Eekeren N., van Liere D., de Vries F., Rutgers M., de Goede R., Brussaard L., (2009) A mixture of grass and clover combines the positive effects of both plant species on selected soil biota. Appl. Soil Ecol. 42, 254-263.
- Van Eekeren, N., Bokhorst J. (2010) Bodemkwaliteit en klimaatadaptatie onder grasland op het Utrechtse zand. Rapport 2010-031LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen
- Vertes F., Le Corre L., Simon J.C., Rivière J.M. (1988) Effets du piétinement de printemps sur un peuplement de trèfle blanc pur ou en association. Fourrages 116, 347-366.
- Whipps J.M. (1990) Carbon economy. In: Lynch J.M. (eds.), The rhizosphere pp 59-97.
- Young D.J.B. (1958) A study of the influence of nitrogen on the root weight and nodulation of white clover in a mixed sward. Grass and Forage Science 13: 106-14.

Maatregelen op een rij

Factoren en maatregelen die de beworteling van grasland beïnvloeden (naar Deru et al., 2010)

Categorie	Hoofdfactor	Deelfactor (en effect op beworteling)	Maatregel
Bodem (§ 4.1)	Bodemfysisch	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 (§ 4.2)	Ontwatering	Zuurstof arm (-)	Zorg voor een goede ontwatering
Gewas (§ 4.3)	Soorten en rassen	Soorten en rassen	Kies grassoorten en -rassen met een diepe en intensieve beworteling
	Maatregelen bij herinzaai	Zaadbehandeling (+) Zaaidichtheid (+?) Gerst meezaaien (+ ?)	Gebruik een snelgroeiend / diepwortelend gewas als dekvrucht bij herinzaai
Management (§ 4.4)	Bemesting	Algemeen: (-) N: (-) P: (-/+) K: (0) Humuszuren (+)	Algemeen: N-niveau verlagen Uitstel van N-gift na maaien N-gift toediening onder het maaiveld Toediening humuszuren in de bodem vóór het zaaien
	Maaien en beweiden	Maai frequentie (-/+) Maaihoogte (-/+) Beweidingsstelsel (omweiden versus standweiden)	Maai minder frequent Streef naar optimaal bladoppervlakte voor fotosynthese
	Beregenen	Vochtvoorziening (-/+)	Beregen minder frequent Voorkom droogtestress



Terug naar de graswortel

Een betere benutting van nutriënten door het gras verkleint de kans op uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Wanneer grasland intensiever en dieper wortelt, en daardoor nutriënten zoals stikstof en fosfaat uit de bodem en (kunst)mest beter benut, ontstaat een win-win situatie voor de veehouder en de maatschappij: een hogere grasproductie met een gelijke of lagere bemesting, lagere verliezen naar het milieu, en uiteindelijk betere waterkwaliteit.

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

Managementmaatregelen die kunnen leiden tot een intensievere en diepere beworteling vereisen meestal geen extra investeringen. In deze brochure worden handreikingen gegeven voor de praktijk.