VOCHTVERBRUIK EN DROOGTESCHADE

ir. H.F.M. Aarts, dr. C. Grashoff en H.G. Smid, AB-DLO, Wageningen

Inleiding

Planten hebben water nodig. Hoewel water ook een rol speelt bij de fotosynthese - de vorming van suikers uit water en CO_2 met behulp van zonlicht - wordt het uit de bodem opgenomen water vrijwel uitsluitend gebruikt voor transpiratie door het gewas. Dit betekent dat door verdamping het water aan de lucht wordt afgestaan. Verdamping van water zorgt voor afkoeling omdat dit proces energie kost. Koeling is nodig omdat anders de temperatuur in de bladeren zo hoog kan worden dat het gewas fysiologisch ontregeld raakt. Het verdampte water wordt aangevuld met bodemvocht waardoor opgeloste voedingsstoffen uit de bodem naar de bladeren worden gezogen. Ook kan er water vanaf het bodemoppervlak verdampen (evaporatie), maar in verhouding tot de transpiratie door het gewas is die hoeveelheid bij zandgrond - gerekend over een heel groeiseizoen - zeer gering. Als in dit hoofdstuk over verdamping wordt gesproken, wordt steeds de totale verdamping bedoeld, dus de verdamping vanaf het bodemoppervlak (evaporatie) plus de verdamping door het gewas (transpiratie). Deze som van evaporatie en transpiratie wordt ook vaak evapotranspiratie genoemd.
Verbeterde landbouwkundige kennis heeft ertoe geleid dat het nu mogelijk is hoge opbrengsten te halen van Engels raaigras en maïs, de gewassen waarop de ruwvoedervoorziening van de melkveehouderij is gebaseerd. Hogere opbrengsten vragen doorgaans meer water. De laatste decennia is de natuurlijke vochtvoorziening in de zandgebieden echter afgenomen. Oude vochthoudende cultuurgronden zijn ten prooi gevallen aan stadsuitbreiding en bij de droogtegevoelige ontginningsgronden is sprake van een aanzienlijke grondwaterstandsdaling - vooral als gevolg van versnelde afvoer van neerslag en de onttrekking van grondwater - waardoor capillaire nalevering van water nauwelijks meer telt. De meeste bedrijven met drogere zandgrond beschikken dan ook over een beregeningsinstallatie, om perioden met een tekort aan natuurlijke neerslag te overbruggen. Nauwkeurige registratie van beregening op het melkveebedrijf De Marke wees uit dat jaarlijks gemiddeld 100 mm beregeningswater nodig is op grasland, op maïsland 20 mm. Voor een bedrijf met 20 ha grasland en 10 ha maïs komt dat neer op een grondwateronttrekking die gelijk is aan de waterbehoefte van zo'n 100 gezinnen.

De vraag naar grondwater voor drinkwaterbereiding en andere hoogwaardige toepassingen neemt nog steeds toe. Bovendien wil de overheid verdroging van natuurgebieden tegengaan. Het beleid is er dan ook op gericht kunstmatige beregening uit grondwater te beperken tot het meest noodzakelijke. Onduidelijk is hoe groot de verschillen zijn tussen voedergewassen met betrekking tot vochtbehoefte en droogtegevoeligheid. Kennis daarover is van belang in een situatie dat beschikbaarheid van vocht niet meer vanzelfsprekend is.

Vragen

Het waterverbruik van gewassen is in het verleden weliswaar meerdere malen experimenteel onderzocht maar zelden werden gewassen in die experimenten gelijktijdig geteeld. Omdat bekend is dat de (weers)omstandigheden het waterverbruik kunnen beïn-

vloeden is vergelijking van het waterverbruik van verschillende gewassen dan problematisch. Ondermeer als gevolg van vragen die door het bedrijfssysteem De Marke werden opgeroepen, zijn in de jaren 1994 t/m 1996 door PAV, PR, SC-DLO en AB-DLO experimenten uitgevoerd waarin gewassen onderling werden vergeleken ten aanzien van waterverbruik en droogtetolerantie. Het betrof zowel veldproeven in Gastel en Leende als proeven onder geconditioneerde omstandigheden in Wageningen. De experimenten in Wageningen richtten zich op de volgende vragen:

- hoeveel water verbruiken gewassen voor de productie van één kg oogstbare droge stof bij een optimale vochtvoorziening en bij beperkte vochtvoorziening?
- hoe sterk wordt de vochtopname beperkt als de grond uitdroogt?
- hoeveel schade veroorzaakt droogte?

Heldere antwoorden op deze vragen waren nodig om gewasmodellen aan te kunnen passen zodat ze bruikbaar zouden zijn voor verkenningen van gewasopbrengsten bij beregeningsverboden. Met de aangepaste modellen werd berekend wat de productie van verschillende gewassen zou zijn geweest als ze de afgelopen 30 jaar zouden zijn geteeld. Dat gebeurde bij verschillende bodemomstandigheden. De resultaten leiden niet alleen tot inzicht in de gemiddelde opbrengst maar ook in de spreiding van de opbrengst, en daarmee tot inzicht in oogstzekerheid.

Proefopzet

Om de gestelde vragen te kunnen beantwoorden, werden in de jaren 1994 tot en met 1996 experimenten uitgevoerd door AB-DLO. Om de invloed van natuurlijke neerslag uit te slui-

Om vochtverbruik en fysiologische reactie van voedergewassen op droogte nauwkeurig vast te stellen, werden vochtvoorziening en gewasgroei onder een overkapping in bakken nauwkeurig gemeten.

ten, werd gebruik gemaakt van een transparante overkapping. Gewassen werden geteeld in bakken met een lengte en breedte van respectievelijk 90 en 70 cm en een diepte van 40 cm. De bodems van de bakken werden bedekt met een laag grind. Op dit grind kwam worteldoek waarna de bakken verder werden gevuld met 32 cm zandgrond. De grond was afkomstig van de percelen in Gastel en Leende waarop veldexperimenten van PR en PAV waren gelegen. Om water te kunnen geven, werd tijdens het vullen van de bakken 10 cm onder het bodemoppervlak een horizontaal irrigatiesysteem aangebracht, met een bovengrondse aansluiting voor een waterslang. De bakken werden geplaatst op pallets waardoor ze met een krik konden worden opgetild en gelijktijdig automatisch gewogen. Uit gewichtsveranderingen van de bakken kon het waterverbruik worden berekend.

De teelt van Engels raaigras, rietzwenkgras, maïs, voederbieten, luzerne en triticale in de bakken werd zoveel mogelijk gelijk gehouden met de teelt van deze gewassen in de veldexperimenten. Rassen en bemesting kwamen daarom overeen. De gewassen werden aan de volgende behandelingen onderworpen:

1. *geen droogte*; als het vochtgehalte van de grond met 2 à 3% is afgenomen, wordt het gehalte teruggebracht naar 15 tot 22% van het volume (afhankelijk van herkomst grond). Deze laatste gehalten zijn optimaal voor gewasgroei;
2. *lichte droogte*; rond de langste dag een droogteperiode van ongeveer 10 dagen, waardoor het percentage vocht wordt teruggebracht naar 5 tot 8%. Bij dat niveau gaan gewassen blijvend verwelken. Daarna werd direct water gegeven;
3. *zware droogte*; een droogteperiode van ongeveer 20 dagen, waardoor het percentage vocht werd teruggebracht naar 3 tot 4% en pas na langere tijd weer water werd toegediend. Gewassen bleven daardoor langere tijd in verwelkte toestand;
4. *langdurige lichte droogte*; een droogteperiode van ongeveer 45 dagen, waarbij het vochtgehalte in de grond terugliep tot ongeveer 10% en op dat niveau werd gehouden. Overdag verwelkten de gewassen enigszins maar gedurende de nacht vond herstel plaats.

De startdatum van de behandelingen was per jaar steeds gelijk, uitgezonderd de behandelingen van triticale die vroeger in het jaar plaats vonden. Van een aantal bakken werden de gewassen kort voor en na de behandelingen geoogst. Niet alle gewassen en alle behandelingen waren elk jaar in de experimenten opgenomen (tabel 1).

Hoeveel water verbruiken gewassen voor de productie van één kg oogstbare droge stof bij een optimale vochtvoorziening en bij beperkte vochtvoorziening?

In tabel 2 is weergegeven hoeveel water er gemiddeld per kg *oogstbare droge stof* door de verschillende gewassen werd verbruikt. De verschillen tussen gewassen zijn soms groot. Eerstejaars luzerne heeft de grootste transpiratiecoëfficiënt, gevolgd door tweedejaars luzerne. De verschillen daartussen kunnen worden verklaard uit de vorming van een uitgebreid wortelstelsel in het eerste jaar dat in het tweede jaar nog in gebruik is. Het eerste jaar vraagt dus een relatief grote investering aan droge stof in niet-oogstbare delen. Voor de vorming van deze droge stof wordt ook water gebruikt. De grassen hebben eveneens een hoge transpiratiecoëfficiënt. Evenals luzerne investeren deze gewassen relatief veel droge stof in stoppels en wortels. De voedergewassen triticale, voederbieten en maïs hebben een veel lagere transpiratiecoëfficiënt. De transpiratiecoëffficiënt van maïs is niet alleen laag vanwege het lage aandeel niet-oogstbare droge stof (stoppels en wortels) maar ook vanwege een afwijkend fotosynthe-

Tabel 1. Gewassen en behandelingen in de verschillende jaren (1 = geen droogte, 2 = lichte droogte, 3 = zware droogte en 4 = langdurig lichte droogte).

gewas	1994				1995				1996			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Engels raaigras, eerstejaars	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Engels raaigras, tweedejaars					x	x		x				
rietzwenk, eerstejaars									x	x	x	x
luzerne, eerstejaars	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
luzerne, tweedejaars					x	x		x				
maïs	x	x	x		x	x	x	x	x			
voederbieten	x	x	x		x	x	x	x	x			
triticale									x	x	x	x

Tabel 2. Het vochtverbruik per kg droge stof (transpiratiecoëfficiënt), gemiddeld over het groeiseizoen (1 = geen droogte, 2 = lichte droogte, 3 = zware droogte en 4 = langdurig lichte droogte).

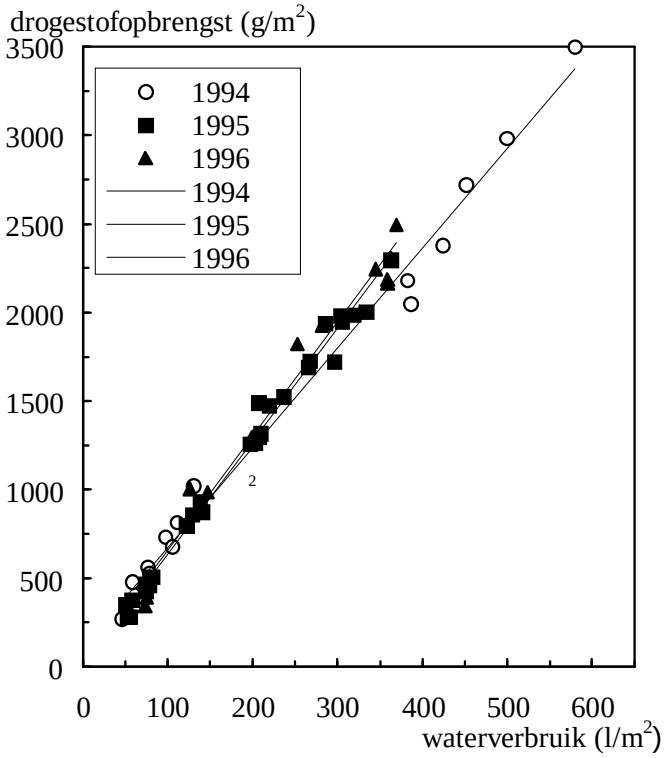
	1994				1995				1996			
gewas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Engels raaigras, eerstejaars	349	355	360		298	299	296	276	295	292	300	289
Engels raaigras, tweedejaars					409	399		401				
rietzwenk, eerstejaars									339	327	340	338
luzerne, eerstejaars	462	468	476		703	681	602	755	566	599	615	601
luzerne, tweedejaars					426	383		378				
maïs	166	172	182		159	162	158	150	161			
voederbieten	220	228	220		225	219	212	210	204			
triticale									251	239	228	236

sesysteem (C4), kenmerkend voor subtropische gewassen.

Uit tabel 2 blijkt ook dat de transpiratiecoëfficiënt nauwelijks wordt beïnvloed door de vochtvoorziening van gewassen. Dit betekent dat gewassen bij droogte niet efficiënter omgaan met het beschikbare water. Op zandgrond gaat de verdamping vrijwel ongestoord door tot het water bijna op is, het gewas verwelkt en de fotosynthese stopt.

Als we de totale opbrengst van een gewas uitzetten tegen het vochtverbruik zien we een vrijwel rechtlijnig verband. Als voorbeeld is deze relatie voor maïs weergegeven in figuur 1.
De transpiratiecoëfficiënten van gras (figuur 2) en luzerne lopen in warme, droge perioden sterk op. Bij de andere gewassen gebeurt dat niet.

De benutting van water door gras en luzerne is dus vooral in de zomer slecht. Dit heeft tot gevolg dat het rendement van beregening in termen van extra eenheden droge stof per eenheid beregeningswater bij gras en luzerne geringer zal zijn dan bij bijvoorbeeld maïs.

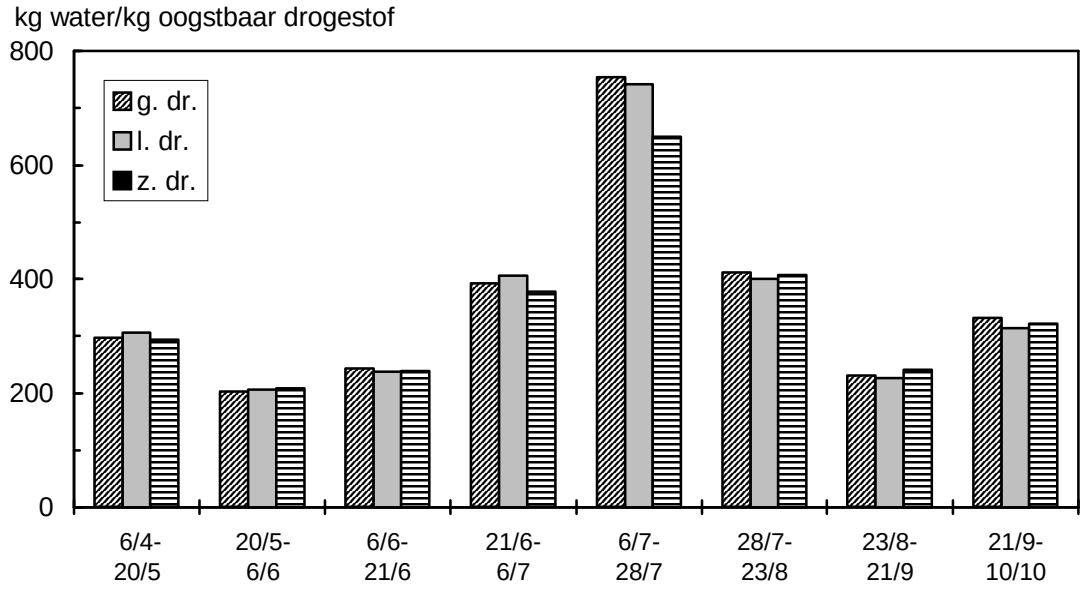


Figuur Fout! Onbekende schakeloptie-instructie.. De relatie tussen vochtverbruik en drogestofopbrengt bij maïs (resultaten van tussenoogsten en eindoogsten van alle behandelingen).

Hoe sterk wordt de vochtopname beperkt als de grond uitdroogt?

Naarmate de grond verder indroogt, moet een gewas meer moeite doen om het resterende vocht te onttrekken. Het is denkbaar dat het ene gewas daar beter in slaagt dan het andere gewas. Uit het onderzoek bleken de verschillen tussen de gewassen echter gering. Zolang het bodemvochtgehalte meer dan 10% van het bodemvolume bedraagt, wordt de transpiratie maar weinig geremd.
Daarna neemt de transpiratie sterk af (vergeleken met gewassen die over voldoende vocht kunnen beschikken). Bij een vochtgehalte van minder dan 2.5% stopte de vochtopname van alle gewassen op Leendegrond, bij 4% op Gastel-grond. Tussen 10% en 4% bevat de bouwvoor ongeveer 18 mm vocht, voldoende voor de beperkte verdamping van een goed ontwikkeld gewas gedurende een kleine week. Gedurende die periode is er sprake van groeiremming die evenredig is met de beperking in de vochtopname. Daarna staat de groei stil en kan het gewas zelfs geheel of gedeeltelijk afsterven.

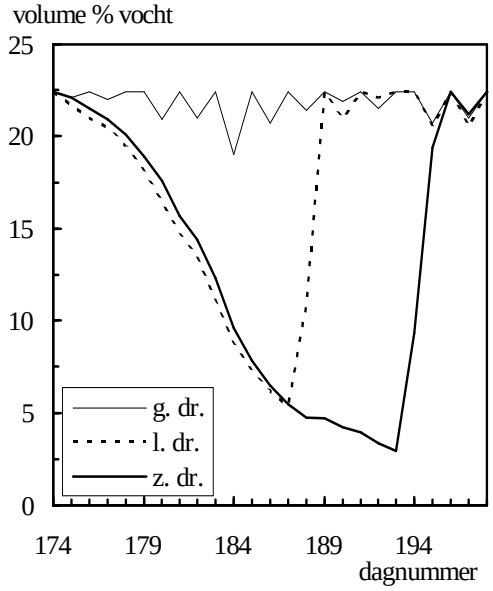
In figuur 3 is als illustratie het verloop van het vochtgehalte van de bodem bij eerstejaars luzerne weergegeven.



Figuur 2. De transpiratiecoëfficiënt van Engels raaigras gedurende het groeiseizoen 1994; g.dr. = geen droogte (1), l.dr. = lichte droogte (2), z.dr. = zware droogte (3).

Hoeveel schade veroorzaakt droogte?

Bij grassen en luzerne sterven bij vochttekorten de bladeren af. Bij Engels raaigras gebeurt dat eerder dan bij rietzwenkgras. Het duurt vrij lang voordat de planten echt afsterven. Zelfs bij de meest zware droogtebehandeling kwam de hergroei van grassen na het toedienen van water weer snel op gang. Bieten reageren op een vergelijkbare manier op droogte. Door de snelle bladvorming is de groei na de droogteperiode gelijk aan de groeisnelheid van gewassen die niet van droogte te leiden hebben gehad. Bij maïs ligt het anders. Maïs is niet in staat nieuwe bladeren te vormen om afgestorven blad te vervangen. Ook blijkt vochttekort tijdens de



Figuur 3. Het verloop van vochtgehalte in de grond afkomstig uit Leende bij de behandelingen geen droogte (g. dr.), lichte droogte (l. dr.) en zware droogte (z. dr.) bij eerstejaars luzerne in het groeiseizoen 1994.

bloei en zaadzetting het aantal gevormde zaden sterk te reduceren waardoor er later onvoldoende capaciteit is om de producten van de fotosynthese op te slaan. Als gevolg daarvan hopen suikers zich op in de stengel. Als die vol is, stagneert de opbrengstvorming. Niet alleen de opbrengst maar ook de verdeling van droge stof over de verschillende organen wordt daardoor sterk door droogte beïnvloed (tabel 3).

Triticale beperkt de droogtegevoeligheid door het vroeg voltooien van de levenscyclus. In de tweede helft van de zomer is het gewas al afgerijpt. Omdat het gewas vooral in relatief koele perioden groeit, zal de transpiratiecoëfficiënt relatief laag zijn. Opvallend is dat bij droogte tijdens de bloei en zaadzetting het aandeel korrels in de totale droge stof nauwelijks beïnvloed wordt. Bij gewassen die na droogte de groei 'normaal' hervatten, is de opbrengstderving eenvoudig te verklaren uit het gemiste aantal groeidagen. Bij maïs is dat dus niet het geval (tabel 4).

Wat zijn de opbrengsten over een groot aantal jaren?

De in de bakkenproeven gevonden fysiologische verschillen tussen de zes voedergewassen - de gewasspecifieke parameters - werden ingebouwd in een simulatiemodel voor gewasgroei, waar nodig aangevuld met literatuurgegevens. De uitkomsten van het model werden vervolgens getoetst aan de resultaten van de veldproeven in Leende en Gastel, waarna het model werd 'fijngeregeld'. Hierbij werd per gewas *één* set gewasparameters vastgesteld, waarmee simulatieresultaten werden bereikt die zo goed mogelijk overeenkwamen met de resultaten van de *totale* set veldproeven. Een vergelijking van de simulatieresultaten met de veldproefresultaten is voor drie van de zes gewassen weergegeven in figuur 4.

De overeenkomst tussen modelresultaten en

Tabel 3. De invloed van droogte op de drogestofopbrengst en distributie bij maïs (ton droge stof per ha) en op het drogestofgehalte. Resultaten van bakkenproef in 1995; de resultaten in andere jaren zijn vrijwel identiek (Smid et al., 1997).

	geen droogte	lichte droogte	zware droogte
geel blad	2.2	1.4	1.8
groen blad	0.4	0.8	1.0
stengel	3.2	3.5	5.2
blad kolf	1.3	1.4	2.5
spil kolf	1.7	1.9	1.4
zaad kolf	12.3	9.1	0.4
stoppel	0.4	0.5	0.6
wortel	0.7	0.7	0.7
totaal	22.1	19.2	13.5
percentage droge stof (hele plant)	57	47	27

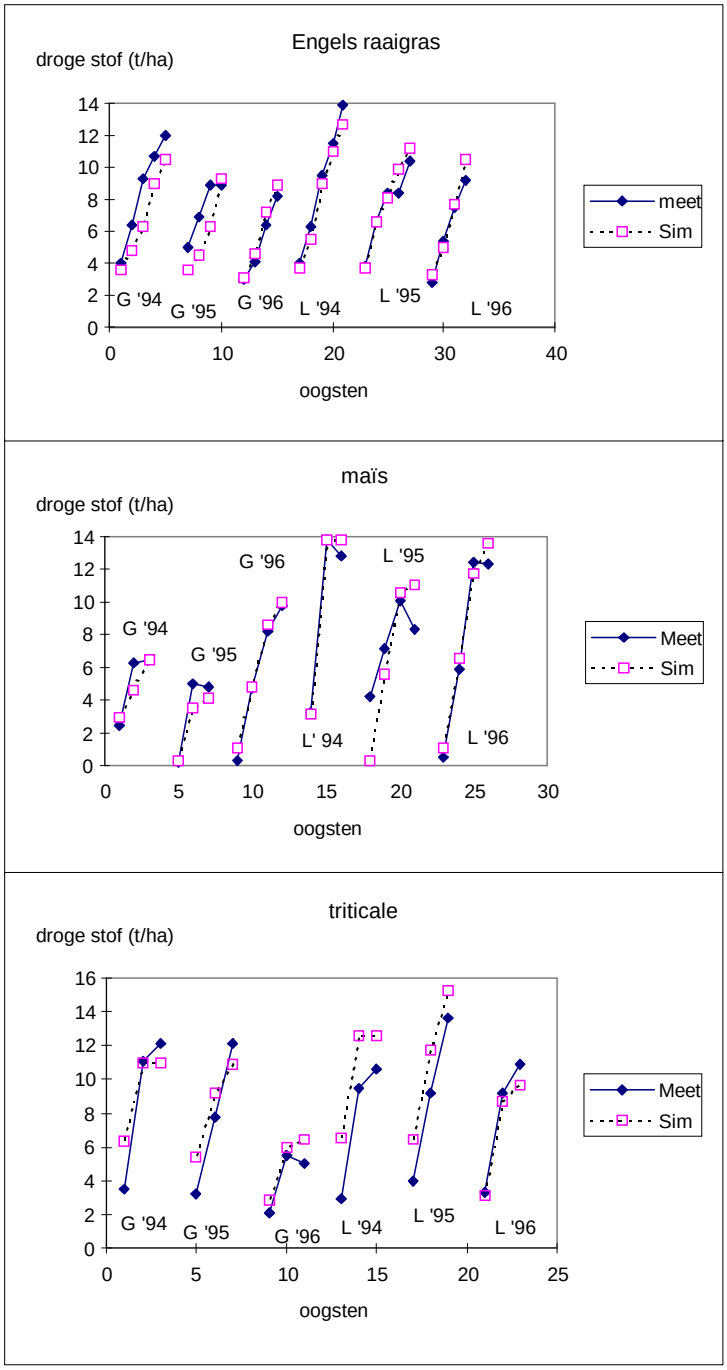
Tabel 4. De opbrengstdepressie als gevolg van droogte (behandeling 1 = 100).

	1994				1995				1996			
gewas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Engels raaigras, eerstejaars	100	97	96		100	120	86	85	100	98	89	97
Engels raaigras, tweedejaars					100	120		106				
rietzwenk, eerstejaars									100	96	86	92
luzerne, eerstejaars	100	100	89		100	93	68	78	100	80	71	78
luzerne, tweedejaars					100	95		86				
maïs	100	78	65		100	87	60	92				
voederbieten	100	97	95		100	84	67	87				
triticale									100	97	93	101

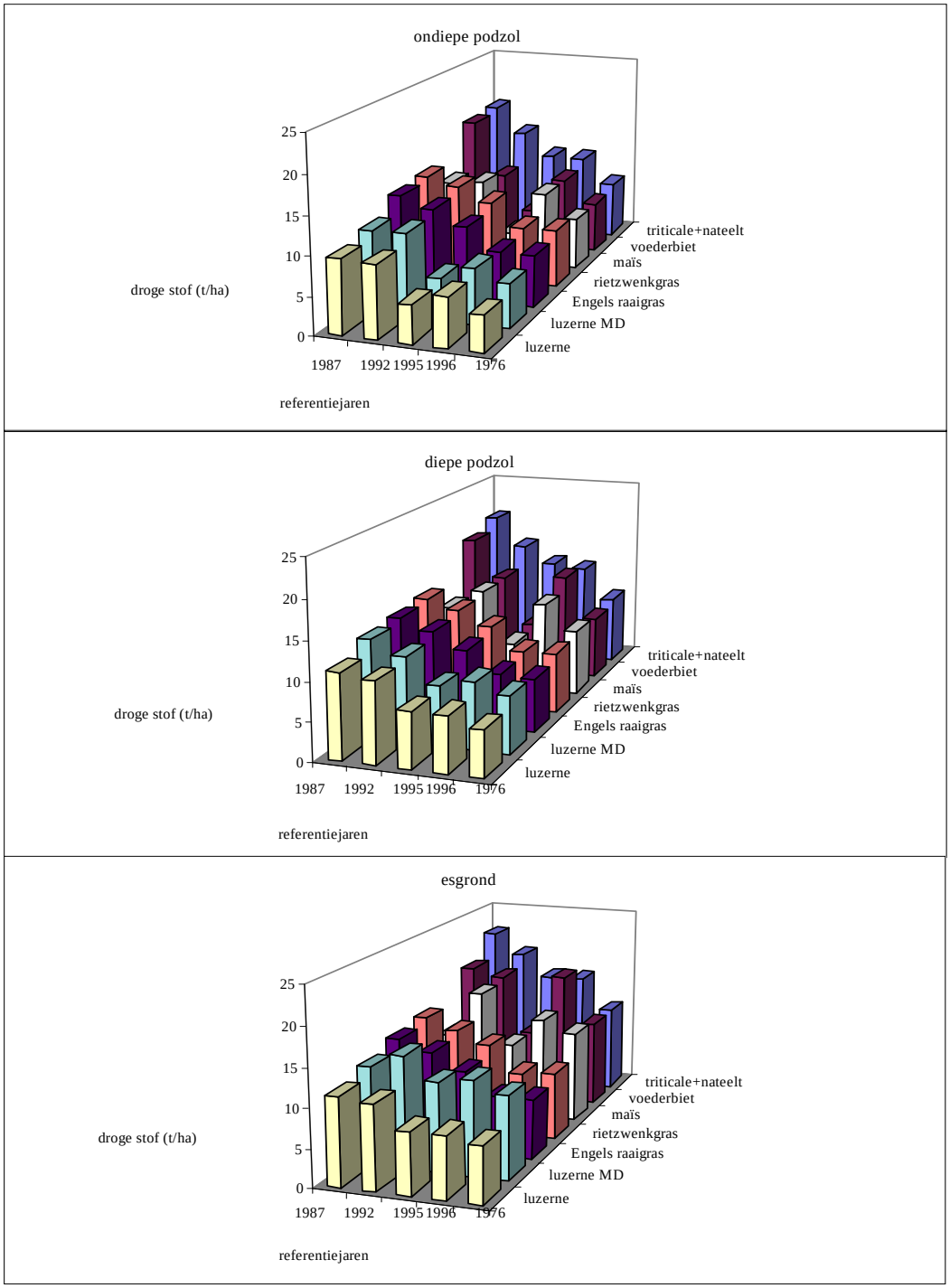
veldmetingen bleek goed, op enkele onderdelen na. Simulatie van de hergroei van gras na zware droogte blijft een aandachtspunt; bij triticale wordt het aandeel aar in de droge stof nog niet correct gesimuleerd en een correcte simulatie van luzerne lukte alleen als (a) voor een 'meerderejaars'gewas een gunstiger drogestofverdeling tussen wortels en bovengrondse delen werd aangenomen en (b) voor de esgronden een aanzienlijk grotere worteldiepte werd aangenomen dan één meter. Wortelmetingen dieper dan één meter en metingen aan drogestofverdeling ondergronds/bovengronds zijn echter in het veld niet uitgevoerd. In de verdere modelverkenningen is daarom onderscheid gemaakt tussen 'luzerne' (standaard) en 'luzerne MD' (waarin M voor meerjarig staat en D voor diep wortelend). Uit het feit dat het model in het algemeen de grote jaar-, bodem- en gewasverschillen in gemeten drogestofproductie goed kon nabootsen, is geconcludeerd dat het verantwoord was om modelverkenningen uit te voeren voor de gewasproductie in een groot aantal jaren en bij verschillende bodemtypen binnen de zandgronden. In de eerste plaats werd de gewasproductie gesimuleerd voor vijf karakteristieke weerjaren en drie karakteristieke bodemtypen. De weerjaren waren: 1976 (een zeer droog groeiseizoen), 1992 (een min of meer normaal jaar), 1995 (een nat voorjaar en een droge zomer), 1996 (een droog voorjaar en een regenachtige zomer), 1987 (een uitgesproken nat groeiseizoen). De bodemtypen waren: (a) een podzol met circa 40 cm doorwortelbaar profiel en een waterbergend vermogen van circa 50 mm, (b) een podzol met circa 60 cm doorwortelbaar profiel en circa 75 mm waterbergend vermogen en (c) een esgrond met circa 90 cm doorwortelbaar profiel en circa 150 mm waterbergend vermogen. De doorwortelbare profielen gelden voor akkerbouwgewassen. Voor de grassen werden, op basis van informatie van het praktijkonderzoek, aanzienlijk lagere doorwortelbare diepten aangenomen.

De resultaten van deze simulaties zijn weergegeven in figuur 5. In vrijwel alle doorgerekende jaar/bodem-combinaties bleek de ge-

simuleerde productiviteit van triticale plus nateelt Italiaans raaigras het hoogst in vergelijking met de andere vijf gewassen. De beide grassen hadden niet de hoogste gemiddelde opbrengst, maar ze vertoonden wel een betere oogstzekerheid dan de andere vier gewassen. In de situatie met een vochtig voorjaar en een droge hoogzomer hebben vooral voederbiet, maïs en luzerne een lage productiviteit. Dit effect is het duidelijkst op de twee bodemtypen met het laagste waterbergend vermogen. In de droogste jaren is de productiviteit van alle zes gewassen ongeveer even laag. Het bereikte productieniveau wordt in deze jaren vrijwel alleen door het



Figuur 4. Vergelijking tussen gemeten gewasproductie (doorgetrokken lijnen) en gesimuleerde gewasproductie (gestippelde lijnen) voor Engels raaigras, triticale en maïs op proefvelden te Gastel (G) en Leende (L) in de jaren 1994-1996.



Figuur 5. Gesimuleerde gewasproductie voor zes gewassen op drie bodemtypen in de karakteristieke jaren 1976 (droog), 1992 (normaal), 1995 (nat voorjaar, droge zomer), 1996 (droog voorjaar, natte zomer) en 1987 (nat).

bodemtype bepaald. Alleen op de esgronden vertoont luzerne MD (=meerderejaars, dieper wortelend) een relatief gunstig beeld ten opzichte van de grassen, mits de bodemcondities zodanig zijn dat luzerne tot een diepte van circa 1.60 meter kan wortelen.

Tenslotte werden met de aldus verkregen modellen voor de zes voedergewassen simulaties gemaakt met 33 weerjaren (1958-1988, 1994-1996) voor de drie bovengenoemde bodemtypen. De resultaten zijn weergegeven in tabel 5 en bevestigen de resultaten van de simulaties over de vijf bovengenoemde karakteristieke jaren. Triticale plus nateelt Italiaans raaigras blijkt inderdaad voor alle bodemtypen de hoogste gemiddelde opbrengst te hebben. De variatie in opbrengst van jaar tot jaar is echter hoog in vergelijking met de beide grassen. Ook voederbiet heeft een hoog opbrengstniveau, maar eveneens een hoge variatie van jaar tot jaar. De beide grassen behoren qua gemiddelde opbrengst over 33 jaar tot de middenmoot. De grassen hebben echter wel de laagste variatie in opbrengst van jaar tot jaar, dat wil zeggen een gunstige oogstzekerheid. De gemiddelde opbrengst van rietzwenkgras ligt op alle drie bodem-typen circa 1 ton per ha hoger dan die van Engels raaigras. Luzerne lijkt bij doorwortelbare profielen tot maximaal 90 cm geen goed alternatief te zijn voor de huidige voedergewassen. Luzerne, ook de tweede en derdejaarsvariant, investeert te veel droge stof in ondergrondse delen.
Tenslotte werd doorgerekend wat het effect zou zijn als grassen even diep zouden wortelen als akkerbouwgewassen, en wat het effect zou zijn van een tot maximaal 160 cm diep wortelende luzerne met een gunstiger drogestofverdeling (hierboven omschreven als luzerne MD). Ook deze resultaten zijn vermeld in tabel 5. Als de grassen dieper zouden (kunnen) wortelen, heeft dit op de relatief betere bodemtypen een hogere gemiddelde opbrengst van circa 1.5 ton per ha tot gevolg, bij gelijkblijvende oogstzekerheid. De doorgerekende variant van luzerne met een dieper

Bij een lange periode van droogte rond de bloei (M3) waren de kolven bij maïs extreem slecht gevuld. De korrelzetting bij een korte periode van droogte (M2) verschilde niet van die bij goede vochtvoorziening (M1).

Tabel 5. Gesimuleerde gemiddelde opbrengsten (oogstbaar gewas) inclusief standaardafwijkingen (maat voor oogstzekerheid) over 33 jaren van zes voedergewassen bij drie bodemtypen.

	podzol				esgrond		zonder vochttekort	
	ondiep (tot 40 cm) [1]		diep (tot 60 cm) [2]		(90 cm) [3]			
	gemidd. opbrengst (t/ha)	SD (t/ha)	gemidd. opbrengst (t/ha)	SD (t/ha)	gemidd. op-brengst (t/ha)	SD (t/ha)	gemidd. opbrengst (t/ha)	SD (t/ha)
Engels raaigras (standaard)	10.6	1.8	11.0	1.9	11.9	2.0	17.1	0.9
rietzwenkgras (standaard)	11.6	1.8	11.8	1.8	12.9	1.8	17.1	0.9
maïs	10.6	2.3	11.8	1.9	13.0	1.6	13.9	2.2
triticale + nateelt	14.0	3.3	16.3	3.3	18.8	2.9	21.8	2.5
voederbiet	12.9	4.0	14.9	3.8	17.3	3.2	21.3	1.6
luzerne	8.7	1.7	9.7	1.7	10.9	1.4	13.0	1.0
Engels raaigras (diep)	11.3	2.0	12.2	2.0	13.5	1.9	17.1	0.9
rietzwenkgras (diep)	11.8	1.8	13.3	1.8	14.8	1.5	17.1	0.9
luzerne (diep)	9.7	1.9	11.6	1.8	13.8	0.9	14.5	1.1

1) Engels raaigras (standaard) wortelt hier tot 30 cm, rietzwenk (standaard) tot 35 cm
2) Engels raaigras (standaard) wortelt hier tot 35 cm, rietzwenk (standaard) tot 40 cm
3) Engels raaigras (standaard) wortelt hier tot 40 cm, rietzwenk (standaard) tot 50 cm

wortelstelsel en een iets gunstiger drogestofverdeling blijft op de podzolgronden steken op een lager productieniveau dan de andere gewassen, maar geeft op de esgronden een hogere en meer oogstzekere opbrengst dan de standaardvarianten van de beide grassen.

Bij bovenstaande resultaten moet worden aangetekend dat ze alleen betrekking hebben op opbrengstniveau en -zekerheid en nog niets zeggen over voederkwaliteit en/of inpasbaarheid in een bedrijfssysteem. Voor het beantwoorden van deze vraag zijn bovenvermelde simulatieresultaten gebruikt als invoer in het instrumentarium van het PR. De conclusies daaruit zijn elders in deze publicatie vermeld.

Wat betekenen de resultaten voor de praktijk?

Duidelijk is dat beperkingen in beregeningsmogelijkheden leiden tot lagere opbrengsten. Gras en luzerne hebben weliswaar een hoge transpiratiecoëfficiënt, waardoor ze water weinig efficiënt benutten, maar hebben ook een lang groeiseizoen waardoor ze van een grotere hoeveelheid natuurlijke neerslag kunnen profiteren dan bijvoorbeeld maïs. De niet oogstbare droge stof kan een belangrijke bijdrage leveren aan het behoud of herstel van de bodemkwaliteit (organische stof bodem). Dat is zeker van belang op jonge zandgronden wanneer het gebruik van dier-

lijke mest moet worden beperkt. Continuteelt van bijvoorbeeld maïs kan dan alleen maar als op een andere manier in de behoefte aan organische stof wordt voorzien, bijvoorbeeld door de teelt van een nagewas. Op de droogste gronden is gras oogstzekerder dan maïs. Maïs gaat weliswaar efficiënt om met water, maar is droogtegevoelig en groeit in een periode dat de kans op droogte relatief groot is. Op wat minder droogtegevoelige gronden zal maïs meer produceren dan gras. Bij beperkte beregeningsmogelijkheden is beregening van maïs veel effectiever dan van gras.

Luzerne is alleen maar aantrekkelijk op de gronden waar een diepe beworteling mogelijk is (luzerne MD). In het algemeen zijn dat de wat minder droogtegevoelige gronden. Zeker bij een volledig beregeningsverbod lijkt triticale interessant omdat dit gewas al vroeg afrijpt en droogte minder effect heeft op de zaadfractie dan bij maïs.