
Handboek onkruidkunde

Redactie:

M. Hoogerkamp

J. Stryckers



Pudoc Wageningen 1990

3 Simulatiemodellen in de onkruidkunde

M.J. Kropff en C.J.T. Spitters †

3.1 Inleiding

In het landbouwkundig onderzoek wordt veel gebruik gemaakt van modellen. De meeste modellen die worden toegepast, hebben een beschrijvend karakter: de experimentele waarnemingen worden beschreven met een empirische regressievergelijking. Een goed voorbeeld van zo'n beschrijvend model is de hyperbolische vergelijking voor de relatie tussen gewasopbrengst en onkruidichtheid, waarmee het concurrentie-effect van onkruiden op gewassen kan worden gekwantificeerd (Spitters, 1983; Spitters et al., 1989). Deze vergelijking is zeer geschikt om resultaten van additieve experimenten, waarbij alleen de onkruidichtheid wordt gevarieerd, te beschrijven. Het voorspellend vermogen van deze regressiemodellen is matig, omdat de concurrentie-involed van onkruiden op de gewasproductie van jaar tot jaar sterk kan verschillen, met name door verschillen in relatieve startpositie van het onkruid ten opzichte van het gewas en door verschillen in weersomstandigheden (Kropff et al., 1984; Spitters, 1984). Ook geven dergelijke modellen geen inzicht in de achterliggende mechanismen van de concurrentie-effecten, dat wil zeggen, zij zijn niet verklarend.

In de afgelopen decennia is in het landbouwkundig onderzoek een tweede type modellen ontwikkeld (simulatiemodellen), die een verklarend karakter hebben. In deze modellen vormen de processen die zich in het systeem (bijvoorbeeld een gewas) afspelen, de basis van het model. Zo wordt de groei van een gewas gesimuleerd door de snelheden van fotosynthese, transpiratie en respiratie te berekenen op grond van de weersomstandigheden en gewaseigenschappen. De groei van het gewas wordt op deze wijze verklaard vanuit de kennis van de fysiologische processen die aan de gewasgroei ten grondslag liggen en vanuit de invloed van milieufactoren op deze processen (De Wit et al., 1978). Het voordeel van verklarende modellen in vergelijking met beschrijvende modellen is dat ze inzicht geven in de achtergronden van de processen en geldig zijn voor een brede range van milieufactoren.

Op het gebied van de onkruidkunde zijn in de afgelopen jaren simulatiemodellen ontwikkeld voor verschillende aspecten van de onkruidproblematiek. Modellen voor de concurrentie tussen gewas en onkruid om de essentiële groeifactoren licht, water en nutriënten zijn het verst ontwikkeld en getoetst met de resultaten van diverse veldexperimenten (Spitters & Aerts, 1983; Kropff et al., 1984; Spitters, 1984; Kropff, 1988a; Spitters, 1989). Modellen voor het effect van parasitaire onkruiden, zoals de bremraap (*Orobancha crenata*), op gewassen (Kropff & Schippers, 1986) en de populatiedynamiek en kieming van onkruiden (Spitters, 1989) verkeren nog in een voorlopig stadium. In dit hoofdstuk worden slechts de modellen voor gewas-onkruidconcur-

rentie besproken. De gedetailleerde modellen zijn in eerste instantie gericht op het verkrijgen van inzicht in de onderliggende mechanismen en op verklaring van in het veld waargenomen verschijnselen. Zo kunnen deze modellen worden gebruikt om de oorzaken van verschillen in concurrentie-effecten tussen veldexperimenten te analyseren.

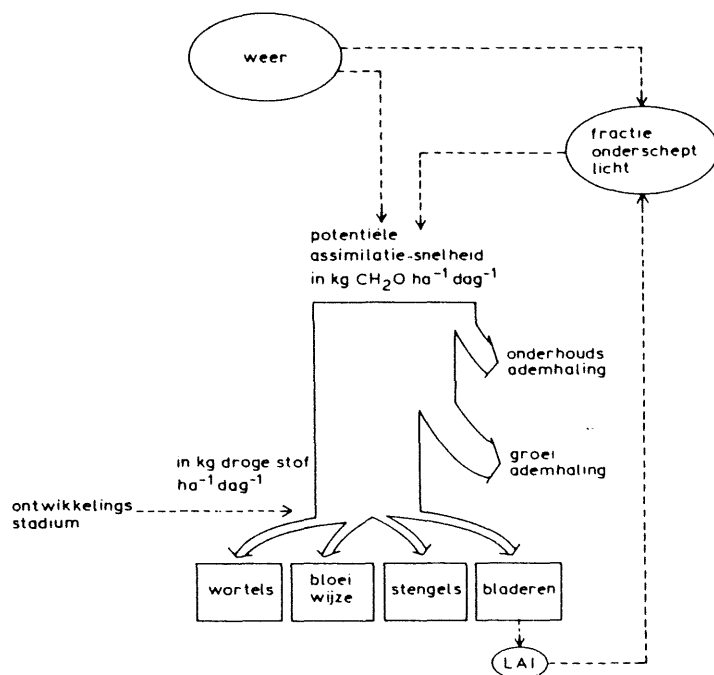
De structuur van deze ingewikkelde modellen zal kort worden besproken en de toepassingsmogelijkheden zullen worden geïllustreerd aan de hand van een concreet geval waarin de concurrentie tussen suikerbiet en melganzevoet (*Chenopodium album*) wordt geanalyseerd. Vervolgens wordt een eenvoudig simulatiemodel besproken, dat is afgeleid van de gedetailleerde modellen. Dergelijke 'samenvattende' modellen zijn zeer instructief en kunnen worden gebruikt voor de ontwikkeling van effectievere adviessystemen voor onkruidbeheersing.

3.2 Simulatie van gewas-onkruidconcurrentie

De modellen voor gewas-onkruidconcurrentie zijn gebaseerd op de eerder ontwikkelde modellen voor gewasgroei (De Wit et al., 1978; Penning de Vries & Van Laar, 1982). Concurrentie tussen verschillende soorten wordt gemodelleerd door de groeibeperkende factoren licht, water en nutriënten over de soorten te verdelen. De bereikte groeisnelheid van de soorten wordt met de procedures van gewasgroeimodellen berekend op basis van de hoeveelheid geabsorbeerde straling en/of de opgenomen hoeveelheid water en nutriënten. Voor een volledige beschrijving van dit type modellen verwijzen we naar Spitters & Aerts (1983) en Spitters (1989). In dit hoofdstuk zal slechts de situatie in beschouwing worden genomen waarbij water en nutriënten optimaal aanwezig zijn.

3.2.1 Simulatie van gewasgroei in monocultuur: algemene structuur

Het gewasgroeimodel simuleert de potentiële groei van gewassen als een functie van inkomende dagelijkse straling, temperatuur en gewaseigenschappen (figuur 3.1). In deze situatie zijn water en nutriënten in voldoende mate aanwezig en wordt het gewas verondersteld vrij te zijn van ziekten en plagen. De berekeningen uit figuur 3.1 worden voor elke dag in het groeiseizoen herhaald. De potentiële CO_2 -assimilatiesnelheid van een gewasdek wordt berekend op grond van de inkomende fotosynthetisch actieve straling, de 'Leaf Area Index' (LAI in m^2 blad per m^2 grond), de temperatuur en de soortspecifieke CO_2 -assimilatie-lichtresponscurve van individuele bladeren. De dagelijks inkomende straling, gemeten op een nabij gelegen weerstation, wordt ingevoerd als het model gebruikt wordt voor de analyse van een experimentele dataset. Het gewas wordt in verschillende lagen verdeeld en per gewaslaag wordt de geabsorbeerde straling berekend. Op grond van de geabsorbeerde straling kan dan per gewaslaag de CO_2 -assimilatie worden berekend. Door de CO_2 -assimilatie te integreren over de gewaslagen wordt de dagelijkse CO_2 -assimilatie van het gewas verkregen (voor een gedetailleerde beschrijving verwijzen wij naar Spitters et al., 1989). De berekende CO_2 -assimilatie van het gewas wordt uitgedrukt in koolhydraten door de



Figuur 3.1. Schematische voorstelling van een simulatiemodel voor gewasgroei.

CO₂-assimilatie te vermenigvuldigen met 30/44 (de verhouding van de molecuulmassa's van CH₂O en CO₂). De groeisnelheid van het gewas wordt gesimuleerd door de verliezen als gevolg van onderhouds- en groeiademhaling in rekening te brengen. De verliezen die samenhangen met herstelprocessen (membranen, eiwitten) en het handhaven van ion-gradiënten over membranen worden aangeduid met de term onderhoudsademhaling. Deze wordt evenredig verondersteld met de biomassa. De verliezen die samenhangen met de omzetting van koolhydraten in andere verbindingen (conversie tot structurele drogestof) worden aangeduid met de term groeiademhaling. Voor vegetatief plantmateriaal is de conversiefactor ongeveer 0,7 g drogestof per g gevormde koolhydraten. Samenvattend kan de volgende vergelijking worden opgesteld voor de groeisnelheid (ΔW) van gewassen:

$$\Delta W = 0,7 (A - 0,015 W) \quad (1)$$

waarin A de CO₂-assimilatie voorstelt (kg CO₂ per ha per dag) en W de biomassa (kg per ha).

De gevormde drogestof op een bepaalde dag van het groeiseizoen wordt, afhankelijk van het ontwikkelingsstadium van het gewas, verdeeld over de diverse organen van het gewas. Deze hoeveelheden worden opgeteld bij de reeds gevormde biomassa. De 'Leaf Area Index' wordt berekend door het berekende bladdrooggewicht te verme-

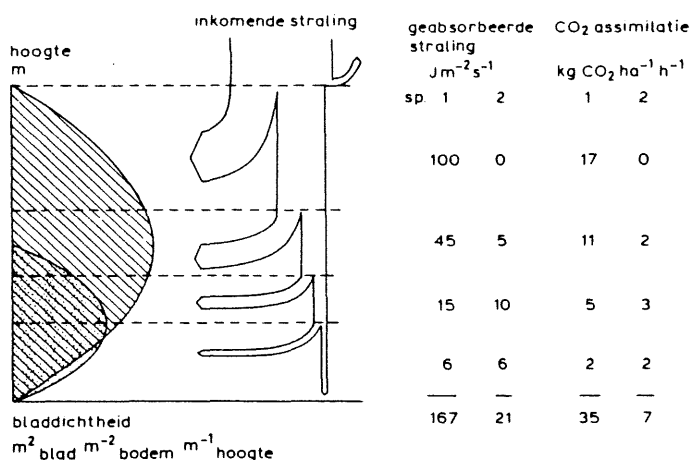
nigvuldigen met een empirisch bepaalde factor: de 'Specific Leaf Area' (m^2 blad per g blad). In het begin van het groeiseizoen wordt de bladoppervlakte-ontwikkeling echter niet bepaald door de biomassatoename, maar door de temperatuur, omdat de bladeren elkaar niet beschaduen en dus voldoende assimilaten kunnen produceren.

Door de gewasparameters te vervangen door soortspecifieke onkruidparameters kan de groei van onkruiden worden gesimuleerd. Het probleem hierbij is dat niet veel relevante gegevens van onkruiden beschikbaar zijn.

3.2.2 Simulatie van gewas-onkruidmengcultures

Bij een goede voorziening met water en nutriënten concurreren het gewas en de onkruiden slechts om de factor licht. Er moet dan rekening worden gehouden met de ruimtelijke positie van de soorten. Naast het bladoppervlak (LAI) moet ook de hoogte-ontwikkeling en de verdeling van het bladoppervlak over de hoogte worden gesimuleerd. In het model wordt het gewasdek in verschillende bladlagen onderverdeeld. Op grond van het totale bladoppervlak in een bepaalde laag wordt de geabsorbeerde straling berekend. De hoeveelheid geabsorbeerde straling in een bladlaag wordt verdeeld over de concurrerende soorten op grond van het aandeel van de soorten in het effectief bladoppervlak in die bladlaag (het bladoppervlak vermenigvuldigd met een factor die aangeeft hoe efficiënt de bladeren licht absorberen, de extinctiecoëfficiënt). Vervolgens wordt per soort en per bladlaag de CO_2 -assimilatie berekend. Integratie over de gewaslagen geeft de dagelijkse CO_2 -assimilatie per soort. Deze rekenprocedure is grafisch weergegeven in figuur 3.2.

Modellen die concurrentie om water en/of nutriënten simuleren, bevatten een submodel waarin een water- en/of nutriëntenbalans in bodem en gewas wordt bijgehouden. Op een vergelijkbare manier als voor licht kan de hoeveelheid opgenomen water

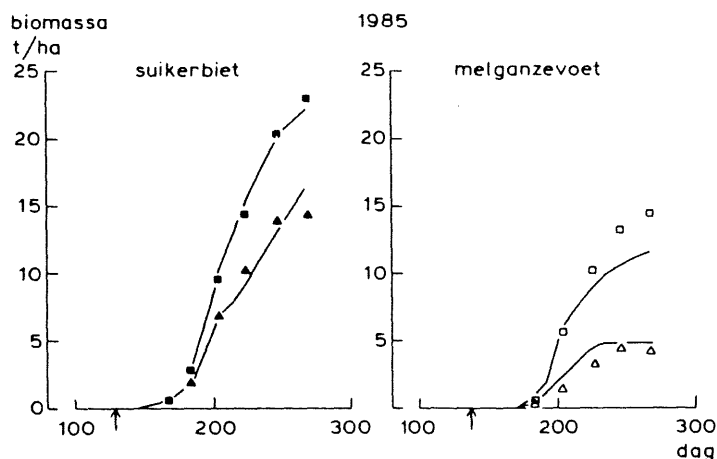


Figuur 3.2. Schematische weergave van de berekeningswijze van concurrentie om licht in een simulatiemodel op grond van de geabsorbeerde straling per soort per bladlaag.

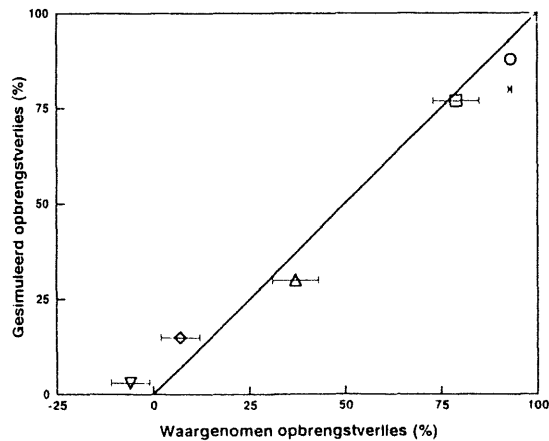
en/of nutriënten over de soorten worden verdeeld. Op grond van de hoeveelheid opgenomen water en/of nutriënten kan dan de actuele groeisnelheid van de soorten worden berekend.

3.2.3 Simulatieresultaten

De gewasgroeimodellen die ten grondslag liggen aan deze concurrentiemodellen, zijn uitgebreid getoetst aan de resultaten van veldexperimenten met diverse gewassen (De Wit et al., 1978; Penning de Vries & Van Laar, 1982). De modellen voor gewas-onkruidconcurrentie zijn getoetst aan gegevens van veldexperimenten met maïs en gele mosterd (*Synapis alba*), maïs met hanepoot (*Echinochloa crus-galli*) (Spitters & Aerts, 1983; Spitters, 1984; Kropff et al., 1984) en suikerbiet en melganzevoet (*Chenopodium album*) (Kropff, 1988a,b). Uit deze studies is gebleken dat de concurrentie tussen de soorten onder goede groeiomstandigheden goed gesimuleerd wordt met de modellen, maar dat de simulatieresultaten voor situaties waarin extreme droogte voorkomt (zoals in een van de maïs-hanepootexperimenten) minder bevredigend zijn. Het effect van extreme droogte (en nutriëntentekort?) op de fysiologische processen van gewassen kan nog niet goed worden gekwantificeerd. Omdat het model voor de concurrentie tussen suikerbiet en melganzevoet het uitgebreidst is geëvalueerd, zullen we in het vervolg van dit hoofdstuk slechts de concurrentie tussen deze twee soorten bespreken. Ter illustratie wordt het gesimuleerde en het waargenomen groeiverloop van suikerbieten en melganzevoet in monocultures van elk en mengcultures van beide onder goede groeiomstandigheden weergegeven (figuur 3.3). De gebruikte soortspecifieke parame-



Figuur 3.3. Gesimuleerd en waargenomen groeiverloop van suikerbieten en melganzevoet in monocultures (vierkante symbolen) en mengcultures (driehoekige symbolen) (Wageningen, 1985). De dichtheid van suikerbieten was 11 planten per m² en van melganzevoet 11 per m² in monocultuur en 5,5 in mengcultuur met suikerbieten. De opkomst van melganzevoet vond 10 dagen na de opkomst van suikerbieten plaats (uit Kropff, 1988a).



Figuur 3.4. Gesimuleerde en waargenomen opbrengstverliezen van suikerbiet door concurrentie met melganzevoet voor 5 verschillende veldexperimenten (uit Kropff, 1988b).

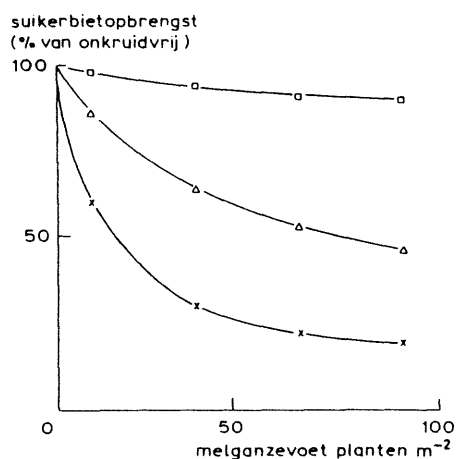
ters zijn afkomstig uit de literatuur en uit niet gepubliceerde eigen experimenten. Het groeiverloop van de suikerbieten werd nauwkeurig gesimuleerd met het model voor zowel de monocultuur als het mengsel. De groei van melganzevoet werd in monocultuur wat onderschat en in de mengcultuur wat overschat. Dit kan een gevolg zijn van de grote variabiliteit binnen de onkruidsoort waardoor de parameterschatting en biomassabepalingen onnauwkeurig zijn.

In totaal is het model geëvalueerd met de resultaten van 5 veldexperimenten waarin de concurrentie tussen suikerbiet en melganzevoet werd bestudeerd. Bij het vergelijken van modeluitkomsten met de veldwaarnemingen werd telkens met dezelfde set parameters voor soortkarakteristieken gewerkt. Slechts de weersgegevens, de opkomstdata en de plantdichtheden werden apart per experiment ingevoerd. Uit figuur 3.4 blijkt, dat de zeer sterk uiteenlopende reducties in de gewasopbrengst zeer goed met het model kunnen worden gesimuleerd. Dit geeft aan dat een dergelijk model geldig is voor zeer uiteenlopende omstandigheden.

3.2.4 Toepassingsmogelijkheden van het model

Met een model dat geëvalueerd is voor sterk verschillende omstandigheden, is het mogelijk om denkbeeldige experimenten uit te voeren met het model om schaderelaties af te leiden, die experimenteel moeilijk zijn vast te stellen.

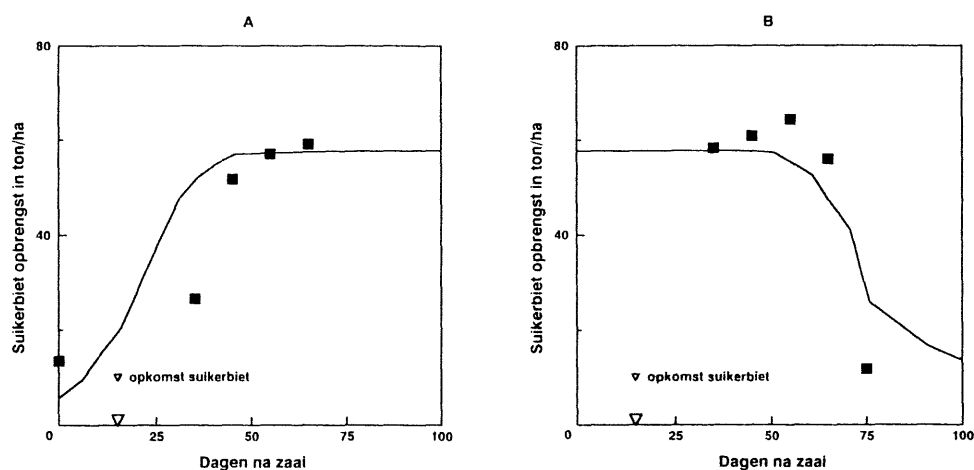
Ter illustratie zijn dergelijke theoretische experimenten uitgevoerd met het model voor suikerbiet-melganzevoetconcurrentie. In eerste instantie is de relatie tussen relatieve gewasopbrengst bij verschillende onkruidichtheden en opkomsttijdstippen gesimuleerd voor gemiddelde weersomstandigheden, waarbij aangenomen wordt dat water in voldoende mate aanwezig is (figuur 3.5). De vorm van de gesimuleerde relatie tussen relatieve gewasopbrengst en onkruidichtheid blijkt zeer realistisch en kan wor-



Figuur 3.5. Gesimuleerde relatie tussen suikerbieten-opbrengst en melganzevoetdichtheid op 3 tijdstippen van onkruid-opkomst. (x: 10 dagen, Δ : 20 dagen en $\square$: 30 dagen na het gewas) (uit Kropff, 1988a).

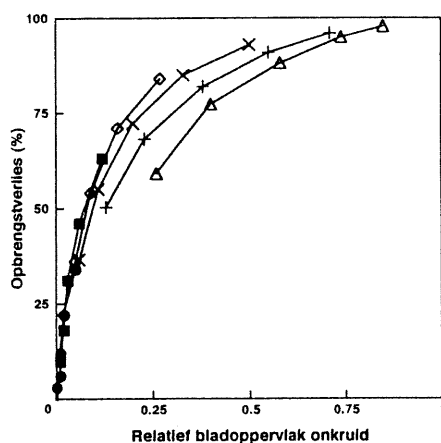
den beschreven met de hyperbolische gewasopbrengst-onkruid dichtheidsrelatie. Deze resultaten laten daarnaast duidelijk het belang van de opkomstdatum van het onkruid ten opzichte van het gewas zien. Als het onkruid 30 dagen na het gewas opkomt is er, ook bij hoge onkruid dichtheden, nauwelijks een opbrengstreductie. Bij lage dichtheden hebben de onkruiden een sterk effect op de gewasopbrengst, als het onkruid 10 dagen na de suikerbieten opkomt.

In een tweede theoretisch experiment is de zogenaamde kritische periode voor onkruidbestrijding gesimuleerd voor twee onkruid dichtheden. Figuur 3.6 laat de typi-



Figuur 3.6. Gesimuleerde en waargenomen relatieve suikerbietenopbrengst voor verschillende perioden vanaf zaai (A) zonder onkruiden en (B) met onkruiden. Veldgegevens zijn ontleend aan De Groot & Groeneweld (1986); de onkruidpopulatie bestond voornamelijk uit melganzevoet.

sche curves zien voor de relatieve gewasopbrengst bij verschillende perioden na opkomst met onkruiden en zonder onkruiden. Deze resultaten komen goed overeen met experimenteel bepaalde relaties (De Groot & Groeneveld, 1986). Voor advisering in de praktijk is het echter van belang modellen te ontwikkelen, die op grond van eenvoudig uit te voeren waarnemingen vroeg in het seizoen kunnen worden gebruikt om de schade te voorspellen. Uit voorgaande resultaten blijkt, dat voorspelling van gewasopbrengstreductie op grond van onkruidichtheden alleen niet zinvol is, omdat de datum van opkomst een zeer belangrijke rol speelt bij het tot stand komen van de schade. Het vaststellen van de onkruidichtheid en de datum van opkomst van de onkruiden is in de praktijk niet haalbaar, mede omdat de opkomst van onkruiden geen discrete gebeurtenis is. Met het simulatiemodel is nagegaan of het mogelijk is de schade te voorspellen op grond van de relatieve bedekking van het onkruid kort na opkomst van de suikerbieten. Hiertoe is een groot aantal simulatie-experimenten uitgevoerd waarin de onkruidichtheden en opkomstdata over een grote range zijn gevarieerd. De resultaten hiervan zijn weergegeven in figuur 3.7, waarin de gesimuleerde relatieve bedekking van het onkruid 30 dagen na de gewasopkomst, is uitgezet tegen de gesimuleerde opbrengstreductie. Hoewel de onkruidichtheden en opkomstdata zeer sterk werden gevarieerd, is er toch een verband tussen de relatieve bedekking van het onkruid in het begin van het groeiseizoen en de opbrengstreductie aan het eind van het groeiseizoen. Deze manier om schade te voorspellen lijkt dus veel perspectief te bieden voor de praktijk. In deze simulatie-experimenten zijn we uitgegaan van situaties waarin melganzevoet het enige onkruid is. De relatie in figuur 3.7 laat duidelijk zien dat melganzevoet zeer veel schade kan aanrichten, zelfs in situaties waarbij de relatieve bedekking van melganzevoet 30 dagen na de gewasopkomst zeer klein is. Voor minder hoog opgroeiende onkruiden zijn de effecten veel kleiner.



Figuur 3.7. De relatie tussen de relatieve bladbedekking van melganzevoet 30 dagen na de opkomst van suikerbieten en het uiteindelijke opbrengstverlies, gebaseerd op simulaties waarbij de onkruidichtheid werd gevarieerd van 5,5 tot 88 planten per m² en de periode tussen gewas- en onkruidopkomst werd gevarieerd van 0 dagen tot 35 dagen. Punten met een gelijke opkomstdatum zijn verbonden (uit Kropff, 1988b).

3.3 Eenvoudig model voor gewas-onkruidconcurrentie

Om meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden voor simulatie van gewas-onkruidconcurrentie wordt in dit onderdeel een sterk vereenvoudigd model in detail besproken, dat werd afgeleid van het hierboven beschreven model door Spitters (1989). Hierbij wordt de geabsorbeerde straling van het gehele plantendek berekend en vervolgens verdeeld over de soorten waaruit het plantendek bestaat. Deze verdeling van de geabsorbeerde straling over de soorten vindt plaats op grond van het aandeel in 'effectief' bladoppervlak van een soort. De berekening van de groeisnelheid van de soorten is in dit model zeer eenvoudig uitgevoerd.

3.3.1 Groei van een gewas in monocultuur

Bij een goede voorziening met water en nutriënten is de groeisnelheid van een gesloten gewas evenredig met de lichtenergie die het absorbeert:

$$\Delta W = E \times I \times (1 - e^{-k \cdot LAI}) \quad (2)$$

Hierin is ΔW de groeisnelheid (g drogestof per m² per dag), E de efficiëntie van lichtbenutting (g drogestof per MJ), I de inkomende straling (MJ per m² per dag) en LAI is de 'Leaf Area Index'. De expressie tussen haakjes geeft de fractie van de inkomende lichtenergie weer die door het gewas wordt geabsorbeerd. Deze fractie is afgeleid van het exponentiële lichtuitdovingsprofiel in gewassen:

$$I_h = I \times e^{-k \cdot LAI} \quad (3)$$

Hierin is I_h de lichtintensiteit op hoogte h , gerekend vanaf de top van het gewas; LAI is de 'Leaf Area Index' in m² blad per m² grond boven hoogte h en k de extinctiecoëfficiënt (–) die een maat is voor de efficiëntie waarmee het gewas licht absorbeert. De straling I is de helft van de inkomende straling zoals gemeten op weerstations (R in MJ per m² per dag), omdat slechts de helft van de straling fotosynthetisch actief is (zichtbare straling in het traject van 400–700 nm). Daarnaast moet worden gecorrigeerd voor 8 % reflectie door het gewas:

$$I = (1 - 0,08) \times 0,5 R \quad (4)$$

De lichtbenuttingsefficiëntie (E) is voor C3-gewassen ongeveer 3 g drogestof per MJ geabsorbeerd en voor C4-gewassen (zoals maïs) 4,5 g drogestof per MJ. Deze laatste waarde is echter alleen juist bij voldoende hoge temperaturen.

Het bladoppervlak (LAI) op een bepaald tijdstip wordt berekend door de biomassa (W in g drogestof per m²) te vermenigvuldigen met de LAR (de 'Leaf Area Ratio' in m² blad per g biomassa):

$$LAI = LAR \times W \quad (5)$$

De LAR wordt gegeven als functie van het ontwikkelingsstadium van de plant. Met behulp van de vergelijkingen 2, 4 en 5 wordt de groeisnelheid van het gewas per dag berekend en door integratie van deze groeisnelheid in de tijd wordt het verloop van de biomassa verkregen. Deze integratie vindt in simulatiemodellen numeriek plaats met behulp van een computer.

3.3.2 Groei van een soort in mengcultuur

In een mengsel van soorten, die gelijke planthoogte en geometrie (dat wil zeggen gelijke k) hebben, is de lichtabsorptie (L) van elke soort evenredig met zijn aandeel in het bladoppervlak ($L_i/\Sigma L$) en zo ook zijn groeisnelheid (ΔW). De groeisnelheid van soort 1 wordt dan:

$$\Delta W_1 = E_i \times (L_i/\Sigma L) \times I \times (1 - e^{-k\Sigma L}) \quad (6)$$

waarin L de totale LAI van de vegetatie voorstelt en $(1 - e^{-k\Sigma L})$ de fractie geabsorbeerde straling. De LAI van de soort wordt berekend met vergelijking (5).

Als de soorten in een mengsel verschillen in lichtextinctiecoëfficiënt en dus per eenheid bladoppervlak meer of minder licht absorberen moet het bladoppervlak worden gewogen met de extinctiecoëfficiënt:

$$\Delta W_1 = E_i \times (k_1 L_i / \Sigma(kL)) \times I \times (1 - e^{-\Sigma kL}) \quad (7)$$

Omdat de extinctiecoëfficiënten verschillen, is de fractie geabsorbeerde straling hier gelijk aan $(1 - e^{-\Sigma kL})$.

Het is daarnaast duidelijk dat een hoger opgroeiende soort meer licht opvangt dan zijn lager blijvende buur. Een goede benadering van dit effect wordt verkregen door de relatieve lichtabsorptie van de soorten evenredig te veronderstellen met de relatieve lichtintensiteit op de helft van de hoogte der soorten (l):

$$\Delta W_1 = E_i \times (l_1 k_1 L_i / \Sigma(lkL)) \times I \times (1 - e^{-\Sigma kL}) \quad (8)$$

De relatieve lichtintensiteit op halve hoogte van een soort kan worden berekend met behulp van vergelijking (3), onder de aanname dat het bladoppervlak homogeen is verdeeld over de hoogte (H):

$$l_i = \exp \left(- \sum_{j=1}^n k_j \frac{H_j - \frac{1}{2} H_i}{H_j} L_j \right) \text{ met } H_j \geq \frac{1}{2} H_i \quad (9)$$

Met bovenstaande vergelijkingen kan de dagelijkse groeisnelheid van soorten in een

Tabel 3.1. Het gesimuleerde effect van enkele soortkarakteristieken op de biomassaverhoudingen van twee soorten (Y_2/Y_1) aan het eind van het groeiseizoen in monocultures (mono) en mengsels (mix). De soorten zijn identiek, steeds met uitzondering van één soortkarakteristiek. Telkens is de aangegeven parameterwaarde voor soort 2 met 20 % verminderd. De opbrengst in monoculture is 18,1 ton per ha.

<i>Soortkarakteristiek</i>	<i>Y_2, mono/Y_1, mono</i>	<i>Y_2, mix/Y_1, mix</i>
Initiële biomassa	0,98	0,80
Planthoogte	1,00	0,42
Leaf Area Ratio	0,88	0,30
Lichtextinctiecoëfficiënt	0,88	0,30
Lichtbenuttingsefficiëntie	0,72	0,30

mengcultuur worden berekend. Voor een wat uitgebreidere beschrijving van dit model zie Spitters (1989).

Met het hier beschreven model is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om na te gaan in welke mate de verschillende parameters de concurrentiekracht van de soorten bepalen (tabel 3.1). Uit deze tabel blijkt, dat het effect van de verschillende planteigenschappen veel sterker is voor planten in mengcultures dan in monocultures. Het effect van verschillende initiële biomassa geeft het belang aan van de relatieve startpositie van het onkruid. Het effect van morfologische en fysiologische eigenschappen blijkt uit de gevoeligheid van het model voor planthoogte, 'Leaf Area Ratio', lichtextinctiecoëfficiënt en lichtbenuttingsefficiëntie.

Het effect van herbiciden op planteigenschappen van gewas en onkruiden kan in een dergelijk model worden ingebouwd via de invloed van herbiciden op deze parameters. Ten aanzien van de modellering van het effect van herbiciden is echter nog weinig wetenschappelijke kennis verzameld.

Samenvatting

Naast de reeds lang toegepaste, beschrijvende modellen voor gewas-onkruidconcurrentie, zoals de hyperbolische gewasopbrengst-onkruid dichtheidrelatie, zijn er in het afgelopen decennium ecofysiologische simulatiemodellen voor de interactie tussen gewas en onkruiden ontwikkeld. Deze modellen geven inzicht in de processen die concurrentieeffecten bepalen en kunnen na uitgebreide toetsing gebruikt worden om schaderelaties af te leiden. Een eenvoudig simulatiemodel voor gewas-onkruidconcurrentie wordt gepresenteerd.

Literatuur

- Groot, W. de & R.M.W. Groeneveld, 1986. Onkruidbestrijding in suikerbieten in relatie tot het begin van de kritieke periode voor onkruidconcurrentie. *Gewasbescherming* 17: 171–178.
- Kropff, M.J., 1988a. Simulation of crop weed competition. In: Cavelloro, R. & A. El Titi (Eds): *Weed control in vegetable production. Proceedings of a meeting of the EC expert group*. Balkema, Rotterdam.
- Kropff, M.J., 1988b. Modelling the effects of weeds on crop production. *Weed Research* 28: 465–471.
- Kropff, M.J., F.J.H. Vossen, C.J.T. Spitters & W. de Groot, 1984. Competition between a maize crop and a natural population of *Echinochloa crus-galli* (L.). *Neth. J. Agric. Sci.* 32: 324–327.
- Kropff, M.J. & P. Schippers, 1986. Simulation of the growth of faba beans (*Vicia faba* L.) infested with broomrapes (*Orobanche crenata* Forst.). In: Ter Borg, S.J. (Ed.): *Proceedings of a workshop on biology and control of Orobanche*. LH/VPO, Wageningen: 70–78.
- Penning de Vries, F.W.T. & H.H. van Laar (Eds), 1982. *Simulation of plant growth and crop production. Simulation Monographs*. Pudoc, Wageningen.
- Spitters, C.J.T., 1983. An alternative approach to the analysis of mixed cropping experiments. I. Estimation of competition effects. *Neth. J. Agric. Sci.* 31:1–11.
- Spitters, C.J.T., 1984. A simple simulation model for crop weed competition. 7th Int. Symp. Weed Biol. Ecol. and Systematics. COLUMA-EWRS, Paris: 355–366.
- Spitters, C.J.T., 1989. Weeds: population dynamics, germination and competition. In: Rabbinge, R., S.A. Ward & H.H. van Laar (Eds): *Simulation and systems management in crop protection. Simulation Monographs*. Pudoc, Wageningen. p. 182–216.
- Spitters, C.J.T. & R. Aerts, 1983. Simulation of competition for light and water in crop weed association. *App. Biol.* 4: 467–484.
- Spitters, C.J.T., H. van Keulen & D.W.G. van Kraalingen, 1989. A simple and universal crop growth simulator: SUCROS87. In: Rabbinge, R., S.A. Ward & H.H. van Laar (Eds): *Simulation and systems management in crop protection. Simulation Monographs*. Pudoc, Wageningen. p. 147–181.
- Spitters, C.J.T., M.J. Kropff & W. de Groot, 1989. Use of the hyperbolic yield density equation. *Ann. Appl. Biol.*, 115: 541–551.
- Wit, C.T. de et al., 1978. *Simulation of assimilation, transpiration and respiration of crops. Simulation Monographs*. Pudoc, Wageningen. 141 pp.