

Bestudering van de groei en ontwikkeling van zaauien en bouw van een gewasgroei-model.

Study of the growth and development of sown onions and construction of a crop growth model.

ir.C.L.M. de Visser

Een uitgebreid verslag van dit project zal waarschijnlijk eind 1991 verschijnen in de reeks PAGV-verslagen onder dezelfde titel als dit artikel. Op deze plaats wordt dit project derhalve in samenvattende vorm verslagen. Voor meer informatie wordt naar het PAGV-verslag verwezen.

Inleiding

De groei en ontwikkeling van zaauien staan onder invloed van tal van factoren die in grootte en richting zodanig van elkaar verschillen dat een complex beïnvloedingspatroon ontstaat (Brewster). De temperatuur, daglengte en de LAI (oppervlakte loof per oppervlakte-eenheid grond) sturen de bolvorming, en dus het moment waarop de uien stoppen met bladvorming. De temperatuur beïnvloedt na de bolvorming het moment dat het gewas gaat strijken. De groeisnelheid van uien wordt net als bij andere gewassen onder andere bepaald door de hoeveelheid licht, de temperatuur, de mate waarin uien in staat zijn het licht op te vangen en de mate waarin dit opgevangen licht in drogestof wordt omgezet. Door de bestudering van de gewasgroei van zaauien binnen het kader van een gewasgroei-model te plaatsen, kan deze studie goed gestructureerd worden. Dit houdt in dat alle hiervoor genoemde (alsmede enige andere) beïnvloedingen van de groei gekwantificeerd moeten worden. Met deze resultaten kan vervolgens het groei-model gebouwd worden. Met dit model wordt het daarna mogelijk om de resultante van de diverse invloeden te simuleren.

Een kadermodel voor gewasgroei, waarbinnen een aantal specifieke gewaseigenschappen ingevuld moet worden, is SUCROS87 (Simple and Universal Crop Growth Simulator, versie 1987). Dit kadermodel is ontwikkeld op het CABO te Wageningen (Spitters e.a.). Een dergelijk model kan, behalve wetenschappelijke, ook voorspellende of instructieve waarde hebben (Penning de Vries en Van Laar). Zo

kan het effect van een teeltmaatregel of een bepaalde groei-beïnvloedende factor gekwantificeerd en inzichtelijk gemaakt worden door modelberekeningen. Ook kan een dergelijk groei-model, of een deel daarvan, ingepast worden in teeltbegeleidingssystemen. Besloten is daarom de studie naar de gewasgroei van zaauien te plaatsen binnen genoemd kadermodel.

Materiaal en methoden

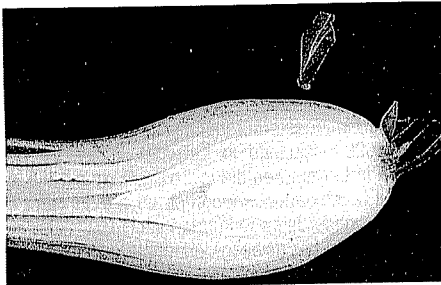
Om de gewasspecifieke onderdelen, die in SUCROS87 zijn ingebouwd, aan uien te kunnen aanpassen, is in 1987 een onderzoek gestart. In 1987 en 1988 zijn met het ras Robusta veldproeven aangelegd in Kloosterburen, Lelystad en Colijnsplaat en in 1989 uitsluitend in Lelystad. Alleen op de proeven in Lelystad en die in Colijnsplaat in 1988 is uiteindelijk voldoende waargenomen om de gewasspecifieke onderdelen te kunnen vaststellen. Om bij het bereik van het gewasgroei-model de invloed van zaaityd en plantdichtheid te kunnen onderbrengen, zijn deze factoren in de proeven opgenomen door op vier tijdstippen (begin april, eind april, half mei en begin juni) te zaaïen en te streven naar drie plantdichtheden (15, 30 en 45 planten per meter). Zodoende telde elke proef twaalf objecten. Waarnemingen zijn verricht aan het opkomstverloop, het verloop van de groei en ontwikkeling door middel van tweewekelijkse tussen oogsten, het strijken en de eind oogst. Bij de tussen oogsten is de drogestofproductie van loof, bol en hals bepaald, alsmede het bladoppervlak. Bovendien is bij deze oogsten het percentage planten bepaald dat in bolvorming was, door per veld 10 à 15 planten overlans open te snijden en te zien of reeds bladschijflose bladeren waren gevormd. Dit zijn bladeren waarvan de lengte van de groene bladschijf geringer is dan de lengte van de witte bladschede. Aanvankelijk ontstaan

tussen deze bladeren holtes, die echter later weer opgevuld worden door de dikker wordende bladschedes. De bladschijfloze bladeren geven aan dat de plant in bolvorming is en geen nieuwe, groene, bladschijven meer vormt. Bijgaande afbeeldingen tonen een plant die nog niet en een plant die al wel in bolvorming is. Behalve genoemde waarnemingen is op gezette tijden de lichtonderschepping door het gewas gemeten. Ook is de levensduur van het blad gemeten door aan planten, waarvan een bepaald blad (nummer) gemerkt was, het aantal groene en dode bladeren te bepalen.

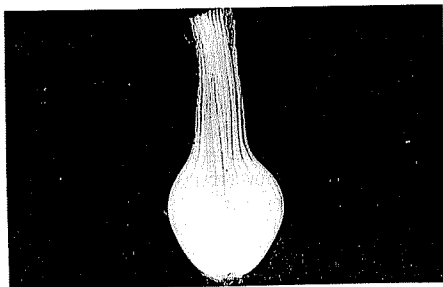
Resultaten en discussie

Relationeel diagram

In figuur 2 is een relationeel diagram afgebeeld van het groeimodel voor uien, gebaseerd op SUCROS87. Dit diagram geeft in kwalitatieve zin een hoeveelheid



Dwarsdoorsnede van een plant die bladschijfloze bladeren heeft gevormd.



Dwarsdoorsnede van een plant die nog groene blad-schijven vormt.

van parameters en relaties weer waarmee in het model de gewasgroei en -ontwikkeling vanaf 50% opkomst gesimuleerd wordt en die op basis van de resultaten van de proeven in 1987, 1988 en 1989 in combinatie met literatuurgegevens gekwantificeerd moesten worden. Het diagram gaat er impliciet van uit dat de relaties en factoren, die hierin niet zijn opgenomen, de groei en ontwikkeling van het gewas niet verstoren. In concreto betekent dit dat het gewas geacht wordt géén gebrek aan stikstof, andere mineralen of water te hebben en dat ziekten, plagen en onkruiden op een onschadelijk niveau worden gehouden. De groei en ontwikkeling in het model staan daarmee uitsluitend onder invloed van temperatuur en licht, zowel in kwalitatieve als in kwantitatieve zin.

Groei

Uit figuur 2 blijkt dat de fotosynthese van het gewas onder invloed staat van de hoeveelheid licht (eigenlijk: fotosynthetisch actieve straling - PAR), de hoeveelheid bladoppervlak (LAI) en een drietal parameters (KDIF, ϵ , AMX). De parameter KDIF geeft de mate aan waarin een gewas met een bepaalde LAI in staat is het licht in dat gewas uit te doven en dus, op een fractie gereflecteerd licht na, te absorberen. De AMX, de KDIF en ϵ bepalen de hoeveelheid geassimileerde CO_2 bij een bepaalde lichthoeveelheid, dus de efficiëntie waarmee het geabsorbeerde licht wordt benut. De geproduceerde assimilaten worden voor een deel besteed aan het onderhoud van reeds geproduceerde drogestof, voornamelijk enzymen, en voor het instandhouden van ionengradiënten in de plant (Van Heemst). Met het resterende deel wordt nieuw plantenmateriaal aangelegd. De kosten hiervan in termen van assimilaten (groei-ademhaling) worden bepaald door de verdeling over de organen: bolmateriaal is immers "goedkoper" dan bladmateriaal. De verdeling over de organen wordt bepaald door een verdelingsfunctie die door het gewasstadium wordt gestuurd. De hoeveelheid nieuw gevormd loof, het specifieke bladoppervlak (SLA: cm^2 blad per gram drogestof) en de snelheid waarmee het loof afsterft, bepalen de LAI. De SLA staat onder invloed van de plantdichtheid en het gewasstadium. De afsterving van het loof wordt geregeld door de temperatuur, waarbij een hogere temperatuur voor een snellere afsterving zorgt. Voor uien is dit aangetoond door Butt.

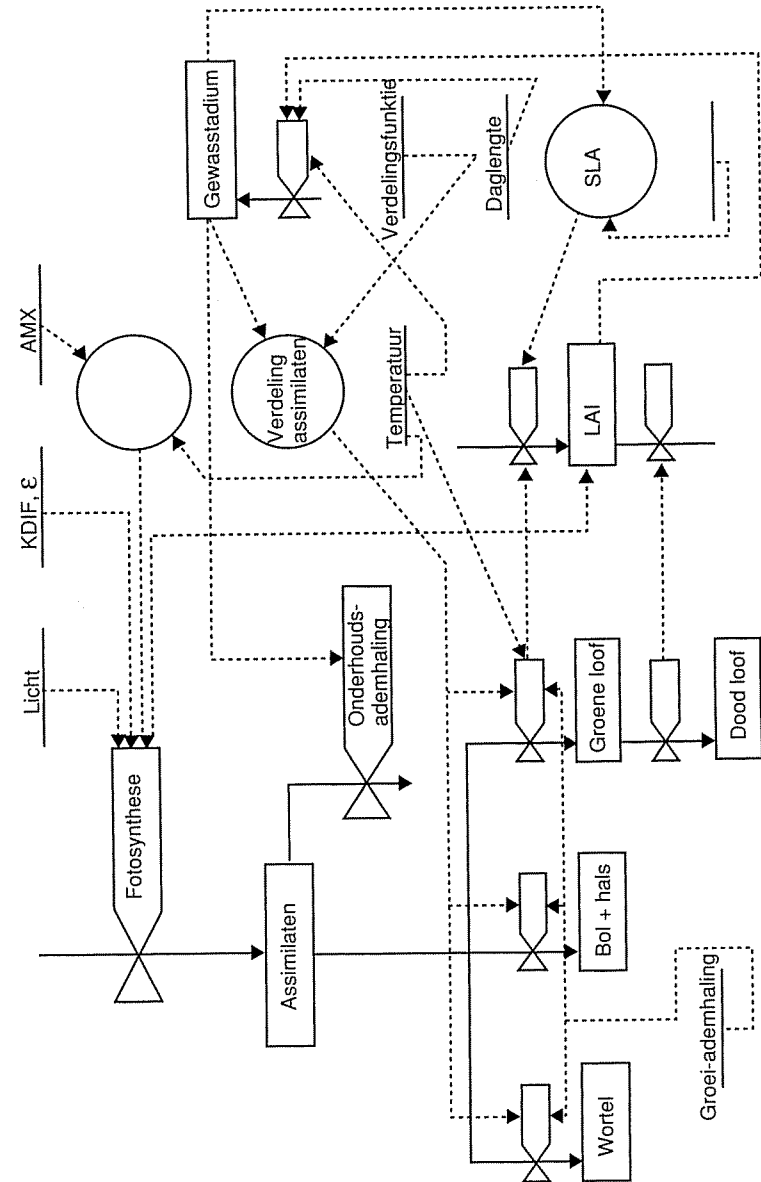


Fig. 2. Relationeel diagram van SUCROS87, aangepast aan zaauijen.

Exponentiële begingroei

Tot een waarde van 0.75 wordt de LAI niet bepaald op de manier die hierboven is beschreven, omdat dit in een jong stadium tot te grote afwijkingen zou leiden. Gedurende de begingroei wordt de LAI berekend met een empirische relatie op basis van een temperatuursom, die het exponentiële verloop van de LAI in die fase beschrijft.

Ontwikkeling

De ontwikkeling van uien (en dus het gewasstadium) wordt, blijkens figuur 2, bepaald door de temperatuur, de daglengte en de LAI, in die zin dat een hogere temperatuur, een langere dag en een grotere LAI de ontwikkeling versnellen. De invloed van de LAI wordt veroorzaakt doordat in een gewas met een hogere LAI een lagere rood/verroodverhouding van het licht wordt gemeten en deze lichtverhouding bepalend is voor het bolvormingsproces (Lercari). De rood/verroodverhouding van het licht stuurt waarschijnlijk de hormonale balans die, op het niveau van de plant, dit proces beheert (Sobeih). De LAI speelt hiermee een sleutelrol in het model, omdat het enerzijds de groei en anderzijds de ontwikkeling beïnvloedt.

Bouwstenen model

De meeste relaties en parameters, of: bouwstenen, die uit figuur 2 naar voren komen, alsmede de empirische relatie tussen de LAI en de temperatuursom tijdens de exponentiële begingroei, zijn vastgesteld op basis van de resultaten van het veldonderzoek. De proeven en objecten op deze proeven verschilden meer of minder ten aanzien van de verschillende bouwstenen. De reden hiervoor is dat de groei op de meeste objecten niet zo ongestoord is verlopen als wenselijk was. De bouwstenen zijn steeds gebaseerd op het gemiddelde over alle objecten en proeven, tenzij een afwijkende waarde van een object of proef op een duidelijke oorzaak terug te voeren was. In een dergelijk geval werd zo'n object of proef bij de berekening van het gemiddelde uitgesloten. Enkele bouwstenen werden niet waargenomen, zoals de verdeling van de drogestof naar de wortels, de AMX en ϵ . In het groeiemodel voor zaaiuien zijn voor de beide laatste belangrijke parameters de waarden van tarwe overgenomen. Omdat

deze parameters een belangrijke rol spelen bij de fotosynthese, is besloten een tweede versie van het gewasgroei-model te ontwikkelen, waarbij de fotosynthese vervangen werd door de efficiëntie van de lichtbenutting voor de productie in bol en hals. Deze efficiëntie geeft aan hoeveel gram drogestof het gewas vormt in bol en hals per MJ geabsorbeerde (fotosynthetisch actieve) straling. De efficiëntie is gerelateerd aan het gewasstadium en stijgt in het begin van de gewasontwikkeling tot een maximale waarde. Via de verdelingsfunctie tussen bol en hals en blad, kan vervolgens de bladproductie berekend worden. In de tweede versie valt behalve het fotosynthese-deel, ook de groei- en onderhoudsademhaling en de geproduceerde hoeveelheid wortels weg. De lichtbenuttingsefficiëntie bleek tussen de proeven sterk te verschillen. De proef te Lelystad 1987 had een lage efficiëntie in vergelijking met de proeven te Lelystad in 1988 en 1989, terwijl deze variabele op de proef te Colijnsplaat in 1988 een tussenliggende waarde had. In de tweede versie is niettemin een gemiddelde opgenomen, gebaseerd op alle vier proeven. De eerste versie van het groei-model zal hierna worden aangeduid als ALCEPAS en de tweede als ALCEPEF.

Verificatie-modellen

Nadat een model is geconstrueerd, dient een verificatie plaats te vinden. Hiermee wordt een test

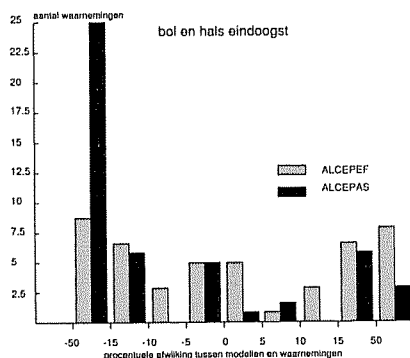


Fig. 3. Frequentieverdeling van de procentuele afwijking van de eindopbrengst in bol en hals zoals gesimuleerd met ALCEPAS en ALCEPEF, ten opzichte van de werkelijkheid waarop de modellen zijn gebaseerd.

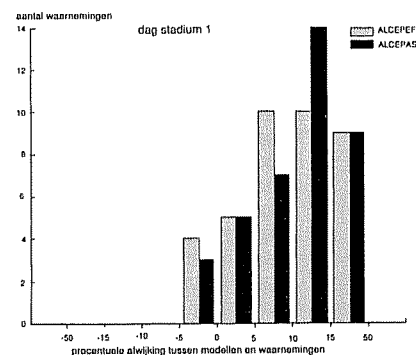


Fig. 4. Frequentieverdeling van de procentuele afwijking van de eindopbrengst in bol en hals zoals gesimuleerd met ALCEPAS en ALCEPEF, ten opzichte van de werkelijkheid waarop de modellen zijn gebaseerd.

bedoeld, waarmee nagegaan wordt of het model die gedragingen vertoont die er van verwacht worden (Rabbinge en De Wit). Een vorm van een dergelijke test is het vergelijken van het model met de werkelijkheid waarop het model gebaseerd is.

In de figuren 3 en 4 is de vergelijking van beide modellen en de werkelijkheid aangegeven voor de drogestofopbrengst in de bol op de dag van de eindopkomst en het aantal dagen tussen 50% opkomst en 50% bolvorming. De vergelijking is gemaakt voor de 12 objecten van vier proeven en is dus gebaseerd op 48 waarnemingen. Bij de simulatieberekeningen is de levensduur van het loof per object gecorrigeerd ten opzichte van de levensduur die in het model wordt gehanteerd, omdat deze variabele per object sterk verschilde, waarschijnlijk als gevolg van aantasting door bladvlekkenziekte. Van de objecten van de vierde zaai kon de levensduur niet vastgesteld worden, zodat voor deze objecten het gemiddelde van de objecten van de derde zaai van de desbetreffende proef is genomen. De exponentiële begingroei van de LAI is voor de proeven te Lelystad gebaseerd op het gemiddelde van die proeven en voor de proef te Colijnsplaat op de relatie die voor die proef is gevonden. Het verschil tussen de Lelystadse proeven en de proef te Colijnsplaat is waarschijnlijk terug te voeren op de voorvrucht, die in Colijnsplaat suikerbieten was en in Lelystad steeds zomergroen. Het is bekend dat suikerbieten

als voorvrucht voor zaaiuien tot een tragere begingroei kunnen leiden (Huiskamp).

Uit figuur 3 blijkt dat ALCEPAS op een relatief groot aantal objecten een sterke (>15%) onderschatting geeft van de eindopbrengst. De afwijking van het model ten opzichte van de werkelijkheid bedraagt gemiddeld -7,7% en is vooral sterk bij de eerste twee zaaitijden (-21%), gering bij de derde zaai (-3%) en weer groter bij de vierde zaaitijd (+14%). ALCEPEF geeft gemiddeld zelfs een overschatting van 11%, maar dit komt voornamelijk voor rekening van de vierde zaai (45%). De eerste drie zaaitijden geven een gemiddelde afwijking van -8, -7 en +15%. Afwijkingen tot 10 à 15% kunnen acceptabel genoemd worden.

De sterke overschatting van de vierde zaai wordt veroorzaakt door een sterke overschatting van de LAI, waarschijnlijk als gevolg van loofziekten die in de vochtige maanden september en oktober (voor de vierde zaai belangrijke produktiemaanden) gunstige omstandigheden aantreffen en wiens effect op de levensduur van het blad niet werd betrokken in de simulatieberekeningen.

Uit figuur 4 blijkt dat de ontwikkeling, uitgedrukt in het aantal dagen tussen opkomst en bolvorming, door de modellen wordt vertraagd, die zich hierin overigens gemiddeld nauwelijks onderscheiden. Beide modellen vertragen de ontwikkeling sterker bij latere zaaitijden. Verantwoordelijk voor deze verschillen is de onderschatting van de LAI halverwege opkomst en bolvorming en bij bolvorming, die eveneens een zaaitijd-effect laten zien.

De spreiding in de vergelijking tussen model en werkelijkheid is voor een deel een gevolg van de verschillen die tussen objecten en proeven gevonden zijn ten aanzien van de diverse bouwstenen en, bij (ALCEPAS) van het ontbreken van voor uien specifieke waarden voor parameters als AMX en KDIF ϵ , die bij de gewasproductie een belangrijke rol spelen. Uit een gevoeligheidsanalyse is gebleken dat vooral een vertraging van de begingroei tot belangrijke verschillen in groei en ontwikkeling aanleiding geeft. Bovendien bleek een vermindering van de bladlevensduur voor sterke effecten in de productie te zorgen, evenals een verandering van de efficiëntie van de lichtbenutting in ALCEPEF.

Tot nu toe is nog geen validatie van de modellen uit-

gevoerd. Hieronder wordt een vergelijking verstaan tussen de modellen en werkelijke gewasproducties, die niet gebruikt zijn voor de bouw van de modellen. In het verslag dat in het najaar van 1991 zal verschijnen, zal deze validatie beschreven worden.

Conclusies

De verschillende aspecten van de groei en ontwikkeling van zaaiuien, die als bouwstenen in de modellen zijn opgenomen, blijken in meer of mindere mate te verschillen als gevolg van plantdichtheden, zaaitijden (en hiermee samenhangende effecten), en weersverloop gedurende het groeiseizoen (jaarinvloeden). Objecten die ten aanzien van een bouwsteen afwijken als gevolg van invloeden die in de modellen niet vertegenwoordigd zijn (voorvrucht, ziekten, onkruid) zijn niet bij de bepaling van die bouwstenen betrokken. Als logisch gevolg van dit alles ontstaan afwijkingen tussen modelberekeningen en de werkelijkheid waarop de modellen zijn gebaseerd.

Een belangrijke verbetering van de prestatie van ALCEPAS werd bereikt door de fotosynthese te vervangen door de efficiëntie van de lichtbenutting, hetgeen zonder meer te verwachten was. Deze efficiëntie liet overigens belangrijke verschillen tussen de proeven zien; deze verschillen kan ALCEPAS echter ook niet simuleren en worden waarschijnlijk veroorzaakt door effecten die buiten het bereik van de modellen liggen.

Het model ALCEPEF kan een goed instrument zijn om de groei en ontwikkeling van zaaiuien en de invloeden van bepaalde veranderingen procentueel gezien, te simuleren. Hierbij kan gedacht worden aan effecten van een vertraging in de begingroei, verlaging van de bladlevensduur (als gevolg van bladvlekkenziekte), hagelschade in een bepaald gewasstadium, verlating van de opkomst of vermindering van de plantdichtheid.

De modellen bieden bovendien een eerste mogelijkheid om de ontwikkeling van zaaiuien, met name de bolvorming, in een mathematische expressie weer te geven. Hiermee wordt het mogelijk na te gaan wat bijvoorbeeld de verspreidingspotentie is van een bepaald ras, waarvan de daglengtegevoeligheid ten opzichte van Robusta ingeschat kan worden.

De gevoeligheid van het model voor veranderingen in de begingroei geven het belang aan van nader onderzoek naar de mate waarin omstandigheden de begingroei kunnen beïnvloeden. Hierbij valt te denken aan de mogelijkheden van rijenbemesting waarmee de begingroei positief kan worden beïnvloed (Rowse e.a., 1988). Ook het belang van de bladlevensduur wordt door modelberekeningen geaccentueerd. Nader onderzoek naar de omstandigheden die de levensduur van het loof beïnvloeden, kan daarom nodig zijn. Hierbij kan worden gedacht aan bladvlekkenziekte of stikstof.

Tenslotte is ook de efficiëntie van de lichtbenutting een dermate belangrijke schakel in het model én in de groei van uien, dat onderzoek naar deze variabele gewenst is. Wellicht dat opnieuw bladvlekkenziekte en stikstof, of nog andere omstandigheden, hun effect hebben op de lichtbenuttingsefficiëntie (Stockle en Kiniry).

Overigens dient hier nog beklemtoond te worden dat een validatie van het model nog niet is uitgevoerd.

Samenvatting

Op basis van proeven in 1987, 1988 en 1989 te Lelystad en in 1988 te Colijnsplaat, waarbij het groeiverloop bij verschillende zaaitijden en plantdichtheden is aangenomen, is een groeiemodel gemaakt met behulp van een universele gewasgroei simulatie, SUCROS 87. Diverse parameters van het model bleken in belangrijke mate te verschillen als gevolg van zaaitijd en plantdichtheid. Daarnaast kon voor twee belangrijke fotosynthese parameters geen uien-specifieke waarde worden ingevuld. Dit gemis werd omzeild door de gewasproductie te berekenen op basis van de efficiëntie van de lichtbenutting, hetgeen de prestatie van het model verbetert. Een uitgebreid verslag zal in het najaar van 1991 worden gepubliceerd. Een verificatie van het model zal nog worden uitgevoerd.

Literatuur

Brewster, J.L. *Physiology of crop growth and bulbing. Onions and allied crops.* Vol. 1. Botany, Physiology and Genetics. CRC Press, Inc, Boca Raton, Florida (1990), p. 53-88.

Butt, A.M. *Vegetative growth, morphogenesis and carbohydrate content of the onion plant as a function of light and temperature under field- and controlled conditions.* Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen, 68-10 (1968). Veenman en Zonen N.V., Wageningen, 211 p.

Heemst, H.D.J. van. Potential crop production. Physiological principles. Modelling of agricultural production: weather, soils and crops. PUDOC Wageningen (1986a), p. 13-26.

Huiskamp, T. Voorvruchteffecten bij inpassing van vollegrondsgroenten in een akkerbouwrotatie. PAGV-verslag nr. 110 (1990), 61 p.

Lercari, B. Role of phytochrome in photoperiodic regulation of bulbing and growth in the long day plant *Allium cepa*. *Physiol. Plant.*, 60 (1983), p. 433-436.

Penning de Vries, F.W.T. en H.H. van Laar. Simulation of plant growth and crop production. Simulation Monographs, PUDOC, Wageningen (1982), 308 p.

Rabbinge, R. en C.T. de Wit. Systems, models and simulation. In: Simulation and systems management in crop protection. PUDOC, Wageningen (1989), p.3-15.

Rowse, H.R., P.A. Costigan en A.R. Thompson. Sub-seed injection of fertilizers and pesticides - equipment and preliminary results. In: Tillage and traffic in crop production. Proc. of the 11th International Conference of the International Soil and Tillage Research Organization, Edinburgh, 11-15 juli 1988. Haren, Groningen, ISTRO (1988), p. 845-850.

Sobeih, W.Y. The photoperiodic regulation of bulbing in onions (*Allium cepa* L.). IV. The translocation of ¹⁴C-assimilate during bulbing in response to light and hormonal factors. *Journal of Horticultural Research*, 63(1), 1988, p. 109-118.

Spitters, C.J.T., H. van Keulen en D.W.G. van Kraalingen. A simple and universal crop growth simulator: SUCROS87. In: Simulation and systems management in crop protection. PUDOC, Wageningen (1989), p.147-181.

Stockle, C.O. en J.R. Kiniry. Variability in crop radiation-use efficiency associated with vapor-pressure deficit. *Field Crop Research*, 25 (1990), p. 171-181.

Summary

Based upon field trials conducted at Lelystad in 1987, 1988 and 1989 and at Colijnsplaat in 1988, in which different sowing dates and plant densities were compared, a growth model has been constructed with the aid of an universal crop growth simulator, SUCROS 87. Several model parameters proved to differ to a large extent according to sowing date and plant density.

Moreover, onion specific values for two important photosynthesis parameters could not be established. This failing was by-passed by calculating crop production on the basis of light use efficiency, which improved the performance of the model. A comprehensive report will be published in the course of 1991. A model verification has to be carried out.