



landhoedanigheden en produktiemogelijkheden

Dr. ir. H. van Keulen
Prof. dr. ir. C.T. de Wit

Centrum voor Agrobiologisch
Onderzoek (CABO), Wageningen en
Vakgroep Theoretische Teelkunde,
LH, Wageningen

inleiding

Het voornaamste doel van landevaluatie en één van de doelen van teeltonderzoek is het aangeven en uitwerken van opties voor mogelijke ontwikkelingen in de landbouw. De feitelijke ontwikkeling hangt niet alleen af van de technische mogelijkheden, maar ook van politiek bepaalde en zich dus wijzigende beleidsopvattingen en van de sociaal-economische omstandigheden. Om de opties zo lang mogelijk open te houden, is het zaak de analyse zo op te zetten dat normatieve opvattingen in een zo laat mogelijk stadium in het geding komen. Zo kan ook een vervlechting met het sociologische en economische onderzoek in een vroeg stadium worden vermeden; zonder deze vervlechting is het probleem al moeilijk genoeg.

Inderdaad, alles hangt met alles samen, maar hoe is maar heel ten dele bekend. Om deze partiële kennis toch zoveel mogelijk ten nutte te maken, wordt gebruik gemaakt van een hiërarchische benadering. In deze geschematiseerde benadering wordt op het hoogste hiërarchische niveau het aantal factoren dat de groei van gewassen mogelijk kan beïnvloeden, drastisch verminderd door te veronderstellen dat beperkende groeifactoren die geëlimineerd kunnen worden, ook werkelijk geëlimineerd zijn. Op successievelijk lagere hiërarchische niveaus worden die factoren die op het hogere niveau variabel waren, gefixeerd gedacht en de invloed van een deel van de daar eerst opgeheven veronderstelde beperkingen in beschouwing genomen. Dit leidt tot een vereenvoudiging van de probleem-

stelling als de uitkomsten van modellen op het hogere niveau zinvol kunnen worden gebruikt op het lagere niveau. Deze wijze van werken wordt eerst nader toegelicht aan de hand van een schematische voorstelling van de analyse en vervolgens worden de meest belangrijke aspecten wat verder uitgewerkt. Ten slotte zal een methode van synthese van bedrijfssystemen worden voorgesteld, waarbij de normatieve uitgangspunten duidelijk worden aangegeven.

een schematische voorstelling

De hiërarchische analyse is schematisch voorgesteld in het diagram van figuur 1. In de rechthoeken van de tweede rij van het diagram zijn de factoren weergegeven die uiteindelijk de produktiemogelijkheden bepalen. Klimaat en grond zijn gegevens voor een bepaalde streek. Samen met de aan te brengen cultuurtechnische verbeteringen bepalen deze het landhoedanigheidsniveau. De eigenschappen van te verbouwen gewassen kunnen verbeterd worden door veredeling; er bestaat een redelijk zicht op de mogelijkheden (De Wit et al., 1979). Gegeven het landhoedanigheidsniveau ligt het mogelijke opbrengstniveau voor vrij lange tijd vast. Het verdere probleem is nu niet zozeer het vaststellen van één of andere produktiefunctie die het verband aangeeft tussen opbrengst en alle combinaties van nog beïnvloedbare groeifactoren: dit zou trouwens onbegonnen werk zijn. Er kan volstaan worden met het vinden van een redelijke combinatie van groeifactoren die leidt tot dit mogelijke opbrengstniveau, redelijk gezien de huidige kennis van zaken. Dit opbrengstniveau wordt dus zelfdertijd gezien als een afhankelijke variabele bepaald door gewaskeuze, en landhoedanigheidsniveau en als een onafhankelijke variabele die de inzet van produktiemiddelen dicteert. Deze

dubbelfunctie wordt weerspiegeld in de richting van de pijlen in het schema: naar het opbrengstniveau toe en van het opbrengstniveau af.

Bij de produktiemiddelen gaat het om materiële middelen en veldwerk. Het veldwerk dat nodig is, kan omschreven worden in fysieke termen, zoals het aantal keren ploegen, eggen, wieden, de lengte van aan- en afvoerlijnen enz. De hiervoor benodigde tijd hangt niet alleen samen met het opbrengstniveau, maar ook met het landhoedanigheidsniveau zelf. De tijd waarin deze werkzaamheden uitgevoerd kunnen worden, hangt nauw samen met het weer en de aard van de grond. Bij de uitvoering van het veldwerk zijn er grote substitutiemogelijkheden tussen het gebruik van arbeid en machines met de daarbij behorende brandstof. De benodigde materiële produktiemiddelen worden onderverdeeld in opbrengstverhogende en opbrengstbeschermende middelen. Opbrengstverhogenden middelen zijn zaken als water, mineralen en stikstof. De hoeveelheden die hiervan nodig zijn, hangen direct samen met het opbrengstniveau, met de aard van de grond en met de regenval. Kenmerkend voor deze produktiemiddelen is dat zij niet vervangen kunnen worden door handarbeid. Dit is heel anders voor de opbrengstbeschermende middelen, de biociden. Daarbij bestaan keuzemogelijkheden zoals tussen het arbeids-intensieve wieden en het gebruik van herbiciden, of tussen het rupsen vangen en ze doodspuiten. Het rechthoekje - landgebruikstype - geeft een eerste synthese aan van de interactie tussen de factoren waarmee men te maken krijgt bij de beschouwing van vruchtwisselingen op een bepaalde oppervlakte. Bedrijfssystemen bestaan uit een combinatie van oppervlakken met verschillende landgebruikstypen en landhoedanigheidsniveaus, en zijn niet alleen technisch maar ook sociaal-economisch bepaald. Hier komen we nog op terug.

produktieniveau

Het hoogste landhoedanigheidsniveau is in de praktijk lang niet altijd bereikbaar. Het is per definitie dat niveau waarbij water, mineralen en stikstof op geen enkele moment beperkend zijn, en de opbrengst dus alleen samenhangt met de aard van het gewas en het verloop van straling en temperatuur. Er zijn simulatieprogramma's beschikbaar waarmee de dan bereikbare potentiële opbrengsten van gesloten, groene gewasoppervlakken berekend kunnen worden en die onder uiteenlopende omstandigheden geëvalueerd zijn op hun bruikbaarheid. Hiervoor wordt verwezen naar de Wit et al. (1978, 1979). Deze programma's leveren tevens potentiële transpiratiesnelheden, zodat bij gegeven klimaat, grondsoort en drainage-omstandigheden de totale waterbehoefte ook berekend kan worden. Voor de meeste klimaatsgebieden zijn ook voldoende gegevens beschikbaar over de mogelijkheid van de verbouw van de belangrijke gewassen en voor het samenstellen van zogenaamde gewaskalenders: tijd van zaaien, opkomst, bloei, rijping enz. De theoretische en praktische gegevens kunnen voor de van belang zijnde gewassen gecombineerd worden tot eenvoudige rekenprogramma's die het verloop van de groei, de verdamping en de economisch van belang zijnde opbrengst als uitvoer. Het programma van Van Keulen (1976) voor natte rijst is hiervan een goed voorbeeld. Deze programma's kunnen direct worden toegepast in geïrrigeerde gebieden, maar de uitkomsten worden ook gebruikt voor opbrengstberekeringen bij minder vergaande ontginningen.

Bij een tweede landhoedanigheidsniveau is de waterbeheersing zo goed dat perioden met wateroverlast verwaarloosbaar zijn. De watervoorziening van het gewas is afhankelijk van de regen en mogelijk enige aanvullende berekening. De voorziening met mineralen en stikstof wordt nog opti-

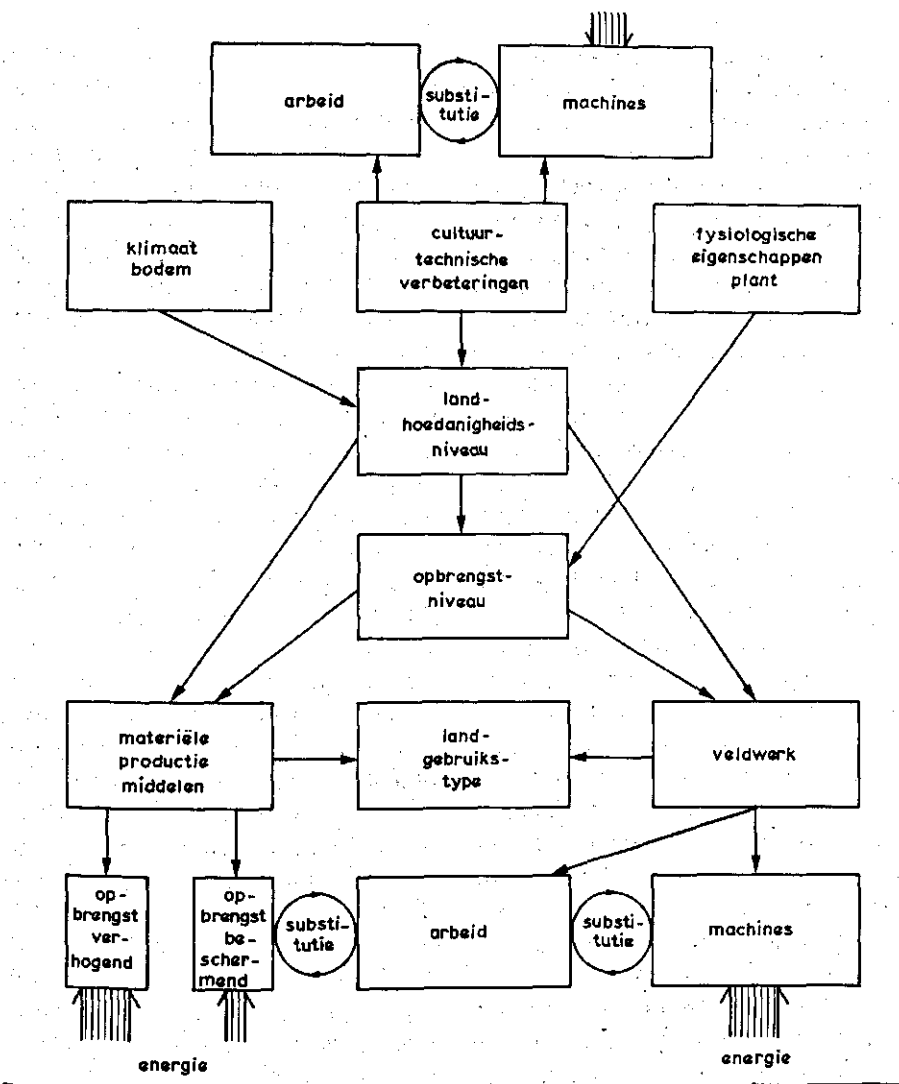
maal verondersteld, zodat chemische eigenschappen van de bodem nog altijd buiten beschouwing blijven. De fysische eigenschappen van de bodem en het regenvalpatroon zijn echter van doorslaggevend belang. Op basis hiervan wordt de waterbalans gesimuleerd, en hiermee kunnen perioden met watertekorten worden opgespoord, die leiden tot reductie van de potentiële transpiratie gedurende de groei en daarmee van de groeisnelheid. De simulatieprogramma's werken op dagbasis (Van Keulen, 1975; Makkink en Van Heemst, 1975) of voor perioden van enkele weken tot een maand (Arbab, 1972; Buringh, Van Heemst en Staring, 1975). Ze zijn zo opgezet dat ook de vochttoestand van de bovengrond en daarmee het aantal werkbare uren wordt bijgehouden, een belangrijk gegeven wanneer het gaat om de synthese van bedrijfssystemen. Bij een derde landhoedanigheidsniveau is er nauwelijks grondverzet, en wateroverlast wordt alleen vermeden voor zover dit mogelijk is door eenvoudige modificaties van de topografie. De mogelijkheden van toestroming van water en wateroogsten worden ook in beschouwing genomen. De waterhuishouding is hier vaak zo complex dat modellen ons nog te veel in de steek laten, maar anderzijds sluit de situatie vaak zo nauw aan bij de bestaande toestand dat kaart- en beeldmateriaal, liefst geïnterpreteerd met behulp van plaatselijk bekende deskundigen, uitkomst kan bieden. Kennis van de situatie ter plaatse is trouwens ook nodig om, beter dan in een overzichtsartikel kan, het landhoedanigheidsniveau te karakteriseren.

De rekenprogramma's zijn het beste uitgewerkt voor semi-aride gebieden (Van Keulen, 1975, 1980; Verslag PPS-project, 1980). Ook voor dit landhoedanigheidsniveau wordt in eerste instantie aangenomen dat de mineralen- en stikstofvoorziening optimaal is. Het is echter gebleken, dat zowel in semi-aride gebieden met winterregens als in die met zomerregens alleen bij

heel lage regenval, het water in plaats van de nutriënten beperkend is. Daarom wordt, zoals zal blijken, vooral bij het tweede en derde landhoedanigheidsniveau veel aandacht geschonken aan de onbemeste situatie. Het gaat niet alleen om de opbrengst, waterbalans en werkbare uren bij een bepaald landhoedanigheidsniveau, maar ook om de omschrijving van de werkzaamheden die nodig zijn om een bepaald niveau te bewerkstelligen. Het gaat hierbij vooral om de hoeveelheid vegetatie en stenen die verwijderd moeten worden, het aantal m⁴ (volume x afstand) grondverzet en de aan te leggen infrastructuur. Dit aspect van de analyse is voorgesteld in de bovenste rij van het schema in figuur 1. De werkzaamheden kunnen uitgevoerd worden in handarbeid. Maar vaak alleen in theorie, doordat de meeste gemakkelijk te ontginnen gronden al ontgonnen zijn en doordat in de te ontginnen gebieden de bevolkingsdichtheid nog al eens laag is. Zelfs de Chinezen zijn tot de conclusie gekomen dat het vaak onvermijdelijk is, machinaal geweld te gebruiken. Daarom is het nodig de uit te voeren werkzaamheden voor verschillende mechanisatieniveaus te analyseren.

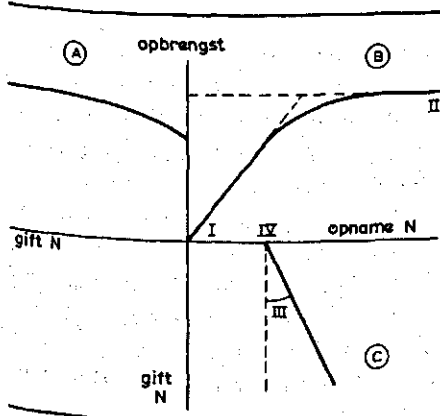
opbrengstverhogende produktiemiddelen

Bij het berekenen van de opbrengsten voor de verschillende hoedanigheidsniveaus wordt het water als produktieverhogend middel voldoende in de beschouwing betrokken. Dit gebeurt in de veronderstelling dat stikstof en mineralen in niet-beperkende hoeveelheden voorhanden zijn. Doorgaand op dezelfde weg wordt nu de stikstofvoorziening beschouwd onder de veronderstelling dat de voorziening met mineralen nog steeds optimaal is. Deze bijzondere positie heeft stikstof te danken aan de hoeveelheid die ervan nodig is, de prijs en de beweeglijkheid in de grond en tussen plant, grond en lucht.



1. Een schematische voorstelling van de analyse.

2. Het verband tussen opbrengst en stikstofgift (kwadraat A), uiteengelegd in het verband tussen opbrengst en opname (kwadraat B) en opname en gift (kwadraat C).



De werking van dit element wordt in navolging van De Wit (1953) nader gekarakteriseerd door de gebruikelijke curven van opbrengst tegen gift uiteen te leggen in een curve van opbrengst tegen opname en een curve van opname tegen gift, zoals in figuur 2. Het verband tussen opbrengst en opname (kwadrant B) is van het bekende verzadigingstype, maar het verband tussen opname en gift is rechtlijnig in het van belang zijnde traject. Dit is voor rijst uitvoering gedocumenteerd door Van Keulen (1977). Uitgaande van deze voorstelling kan het probleem van de stikstofwerking uiteengelegd worden in vier deelproblemen, die in de grafiek schematisch aangegeven zijn door Romeinse cijfers. De beginhelling van de opbrengst-opname curve (I) is gewasbepalend en

in de meeste gevallen onafhankelijk van klimaat of grondsoort. Voor granen is de waarde ca. 70 kg zaad/kg N. Het maximale opbrengsniveau (II) is in de vorige paragraaf uitvoerig aan de orde geweest. De daar genoemde modellen leveren ook het verloop van het vochtgehalte gedurende het seizoen en de wegzijging van water. Hier wordt nu verondersteld dat de waterbalans onafhankelijk is van de stikstofvoorziening. Deze toch wel aanvechtbare veronderstelling wordt gemaakt omdat een kwantitatieve behandeling van de interactie tussen stikstof- en watervoorziening niet alleen moeilijk is, maar ook omdat dit in de meeste gevallen een te gedetailleerde kennis van de groeiomstandigheden vraagt. De waterhuishouding beïnvloedt de processen van denitrificatie en uitspoeling van nitraat in de modellen van de stikstofbalans en daarmee de uitbating van de gegeven stikstof. Dat is het door de plant opgenomen gedeelte van de jaarlijks toegediende hoeveelheid, dus de helling III, liefst berekend voor de evenwichtssituatie van elk jaar een zelfde gift. De uitbating varieert van 10 procent bij het veel voorkomende onverstandige gebruik op slecht ontgonnen gronden, tot 80 procent bij oordeelkundig gebruik onder gunstige omstandigheden.

De uit natuurlijke bronnen beschikbare hoeveelheid stikstof is vaak zo laag dat deze het minimumgehalte (helling I) teruggerekend kan worden uit de verspreide opbrengstgegevens die beschikbaar zijn (Van Keulen, 1977). Dit is vooralsnog eenvoudiger en vaak beter dan gebruik te maken van de uitkomsten van bestaande stikstof-omzettingmodellen, waarbij vooral het definiëren van de tegenwoordige toestand in voor de modellen zinvolle parameters een hachelijke zaak is. Onbested is de korrelopbrengst van veel graangewassen rond de 1000 kg/ha en de opname aan stikstof tegen de 14 kg/ha, maar afhankelijk van grondsoort en groeiomstandigheden kunnen deze getallen een factor twee naar boven of beneden variëren. Deze paar kg stik-

stof meer of minder is onbelangrijk voor de betere hoedanigheidsniveaus, maar kan het verschil betekenen tussen armoede of overvloed voor mensen die het zonder technische verworvenheden moeten stellen.

Bij Ca en Mg en in wat mindere mate bij P en K gaat het vooral om een voorraad bemesting. De vraag die ten aanzien van deze elementen beantwoord moet worden, kan ook in een aantal deelproblemen worden vertaald: Is het ten tijde van de ontginning nodig een voorraadbemesting toe te dienen om de vruchtbaarheid op een passend peil te brengen en om welke hoeveelheden gaat het dan? In hoeverre treedt fixatie en uitspoeling op en hoe groot is de onttrekking door het gewas en met welke periodieke giften dienen deze verliezen te worden opgevangen?

Voor Ca en Mg levert beantwoording van deze vragen vrijwel nooit grote moeilijkheden op, maar dit houdt niet in, dat de bemesting zelf altijd even eenvoudig is. Er zijn nogal wat zure gronden, ver verwijderd van kalkformaties. Bij kali gaat het vooral om de herkenning van de gronden met sterk kalifixerende eigenschappen. Fosfaatbemesting zonder stikstofbemesting werkt vaak aanzienlijk opbrengstverhogend, maar de stikstofonttrekking stijgt dan navenant, en dit leidt tot snelle uitputting (Verslag PPS-project, 1980). De P-bemesting moet daarom afgesteld worden op het niveau van de N-bemesting. In de praktijk gebeurt dit door combinatie van grondanalyse, gewasanalyse en bemestingsproeven, maar bij gebruikswaardeonderzoek gaat het vaak om het kwantificeren van de P-behoefte voor landgebruikstypen die nog niet bestaan. Dit vraagt een vrij gedetailleerde analyse van de elementen van de P-cyclus, zoals door Cole et al. (1977) is uitgevoerd voor het organische fosfaat en door onder meer Beek (1979) voor het chemisch gebonden fosfaat. Mede in het kader van het hier beproven onderzoek worden pogingen in het werk gesteld de cyclussen te integreren, maar waarschijnlijk

zal nog een tijd lang ook veel op plaatselijk ervaring moeten worden afgegaan.

de arbeidsbehoefte

Bij de berekening van de mogelijke opbrengsten is ook het aantal werkbare uren geschat en zijn zogenaamde gewaskalenders samengesteld. Het is verder niet bijzonder moeilijk aan te geven welke werkzaamheden gedurende de verbouw van een gewas verricht moeten worden. De tijd die voor de uitvoering van deze werkzaamheden nodig is, hangt af van het mechanisatieniveau, waarvan we er vier onderscheiden: handwerk, dierlijke tractie, lichte mechanisatie met tweewielers en volledige mechanisatie.

De taaktijden voor de telkens weer voorkomende werkzaamheden zijn voor gemechaniseerde vormen redelijk bekend (Van Heemst et al., in prep.). Het blijkt echter dat de landbouwkundige instituten nauwelijks aandacht besteed hebben aan handarbeid en dierlijke tractie, en dat gegevens over tijdsbeslag op dit niveau vrijwel alleen af te leiden zijn uit sociologische en antropologische studies, en dan alleen nog bij benadering.

De arbeidsbehoeften lopen uiteraard ver uiteen. In uren per hectare: 750 voor spitten en wat daarvoor doorgaat, 35 voor ploegen met paarden, 15 voor ploegen met een tweewieler en 5 voor ploegen met een normale trekker. Eenmaal wieden met een hak kost ongeveer 100 uur, maar met herbiciden en een trekkerspuit enkele uren per hectare. Bestrijding van ziekten en plagen gebeurt vrijwel altijd met behulp van biociden. Het probleem is hier niet zozeer de tijdschatting als wel de schatting van de opbrengstderving bij geen bestrijding en daarmee de beoordeling van de noodzaak.

Samenvattend kan gesteld worden dat redelijk bruikbare taaktijden beschikbaar zijn voor de vier mechanisatieniveaus, maar dat de spreiding van de basisgegevens zo groot is dat geen

onderscheid gemaakt kan worden naar grondsoort, niveau van training, enz. zonder plaatselijke bodemkennis.

synthese van bedrijfssystemen

De boven beschreven analyse leidt tot tabellarische overzichten waarbij niet alleen per streek, per landhoedanigheidsniveau, per mechanisatiegraad en per gewas de opbrengst gegeven wordt, maar ook de benodigde produktiemiddelen en de benodigde hoeveelheid arbeid in de tijd, het aantal werkbare uren enz. Alleen al om hier enige orde in te krijgen, is het noodzakelijk de gegevens samen te vatten op basis van bedrijfssystemen. Echter, welke bedrijfssystemen in de praktijk tot ontwikkeling komen, hangt niet alleen af van de stand van de techniek, maar ook van de historisch gegroeide situatie, de sociaal-economische omstandigheden en de politieke inzichten.

De behandeling van dit complex vraagt interdisciplinaire samenwerking op een nog veel hoger niveau dan hier het geval is; dat is zo moeilijk dat het de moeite loont na te gaan of vanuit de bio-technische invalshoek niet wat meer over bedrijfssystemen gezegd dan worden. Hiertoe moet men uitgaan van enkele richtinggevendende dus normatieve veronderstellingen. Zo zijn wij van plan ons te beperken tot het gezinsbedrijf van vrouw, man en twee meewerkende kinderen en tot vier vruchtwisselingen met het accent respectievelijk op granen, wortel- of knolgewassen, vezelgewassen en zaadleguminozen. De invulling van deze vruchtwisselingen met specifieke gewassen gebeurt op grond van praktijk- en proefstationkennis in de regio zelf of in vergelijkbare streken, maar moet ten dele arbitrair blijven.

Dan zijn we van plan ons het volgende af te vragen. Hoe groot zou het bedrijf moeten zijn voor een maximale benutting van de beschikbare arbeidskracht? Gedurende welke perioden in het seizoen is de arbeidskracht beperkend en hoe kan hieraan tegemoetgekomen

worden door verdere mechanisatie? Hoeveel arbeid blijft onbenut gedurende andere perioden, en kan hier een nuttige bestemming aan gegeven worden door verbetering van het landhoedanigheidsniveau of door de verbouw van andere bijgewassen? In hoeverre wijzigt zich de grootte van het bedrijf bij wijziging van de verhouding hoofdgewas/bijgewassen? Welke en hoeveel opbrengstverhogende en opbrengstbeschermende produktiemiddelen zijn nodig en wat zou het opleidingsniveau van de boer moeten zijn?

We hebben maximaal te maken met 64 bedrijfssystemen die verkregen worden uit een combinatie van vier landhoedanigheidsniveaus (inclusief kaalslag met en zonder bemesting), vier mechanisatieniveaus en vier vruchtwisselingen. Maximaal, omdat zeker in elke regio een aanzienlijk deel van de combinaties om voor de hand liggende redenen al bij voorbaat uitvalt. Het voordeel van zo'n systematische opzet is dat streken en landen onderling vergelijkbaar worden. Vergelijking met de landoppervlak/gezinsverhouding en het bestaande landhoedanigheids- en mechanisatieniveau maakt het wellicht mogelijk aan te geven waar zich kansen kunnen voordoen of spanningen kunnen ontwikkelen. Welke van deze systemen economisch uitvoerbaar zijn, of om andere redenen al dan niet aanvaardbaar, onttrekt zich aan deze analyse.

nawoord

Dit artikel bevat zoveel speculatieve elementen dat het onder de verantwoording van twee auteurs verschijnt. De tekst zou echter niet tot stand gekomen zijn zonder gebruik van interne rapporten van discussies met de Wageningse medewerkers van de Stichting Onderzoek Wereldvoedselvraagstukken (SOW): J.A.A. Berkhout, P. Buringh, P.M. Driessen, H.D.J. van Heemst en J.J. Merckelijn.

Aan veel aspecten van het omvangrijke probleem wordt actief gewerkt, maar over de synthese van bedrijfssystemen wordt nog alleen maar gedacht. Het is op dit niveau dat de Wageningse SOW-groep het basismateriaal moet leveren voor de Amsterdamse leden die belast zijn met de ontwikkeling van sociaal-economische modellen. En hier worstelen we nog steeds met het oude probleem dat economen vragen stellen waarop technici geen antwoord hebben, en technici antwoord hebben op vragen die economen niet stellen. Maar we vorderen wel.

literatuur

- Arbab, M., 1972. A CSMP-program for computing Thornthwaite's classification of climate. Rep. 8, Dept. of Theor. Prod. Ecol., Agric. Univ., Wageningen.
- Beek, J., 1979. Phosphate retention by soil in relation to waste disposal. Ph.D. thesis Agric. Univ., Pudoc, Wageningen.
- Buringh, P., H.D.J. v. Heemst and G.J. Staring, 1975. Computation of the absolute maximum food production of the world. Publ. 598. Section Trop. Soil Sci. Dept. of Soil Sci. and Geology, Agric. Univ., Wageningen.
- Cole, C.V., G.S. Innis and J.W.B. Stewart, 1977. Simulation of phosphorus cycling in semi-arid grasslands. Ecology 58:1-15.
- Heemst, H.D.J. van, J.J. Merckelijn and H. van Keulen. Labour requirements in agriculture. (in prep.).
- Keulen, H. van, N.G. Seligman and R.W. Benjamin, 1980. Simulation of water use and herbage growth in acid regions; a re-evaluation and further development of the model ARID CROP. Agric. systems (in press).
- Keulen, H. van, 1977. Nitrogen requirements of rice with special reference to Java. Contr. Centr. Res. Inst. for Agric., Bogor no. 30.
- Keulen, H. van, 1976. A calculation method for potential rice production. Contr. Centr. Res. Inst. for Agric., Bogor no. 26.
- Keulen, H. van, 1975. Simulation of water use and herbage growth in arid regions. Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen.
- Makking, G.F. and H.D.J. van Heemst, 1975. Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen.
- P.P.S., 1980. Eindverslag (in prep.).
- Wit, C.T. de, H.H. van Laar and H. van Keulen, 1979. Physiological potential of crop production. In: Plant Breeding Perspectives, Pudoc, Wageningen.
- Wit, C.T. de et al., 1978. Simulation of assimilation, respiration and transpiration of crops. Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen.
- Wit, C.T. de, 1953. A physical theory on placement of fertilizers. Versl. landbouwk. Onderz. 59.4.