

Referate

Die aard en wese van landbounavorsing*

D.J.J. Potgieter

Fakulteit Landbouwetenskappe, Universiteit van Pretoria, Pretoria 0002

UITTREKSEL

Die volgehoue en opspraakwekkende ontwikkelings wat sedert die sestigerjare op die gebied van die molekulêre en selbiologie plaasgevind het, is besig om 'n rewolusie in landbounavorsing te bewerkstellig wat van groter omvang sal wees as dié wat meer as 'n eeu gelede begin is toe die aanwending van die chemiese wetenskap in boerdery geïnisieer is. Gelyktydig hiermee is daar 'n toenemende bewuswording van die sosiale verantwoordelikheid van landbounavorsers. Opleiding en navorsing deur tersiêre opleidingsinrigtings sal deurlopend aangepas moet word by die nuwe tegnologie en die veranderde behoeftes van die land en die verbruikers van landbouprodukte.

Verskeie faktore beïnvloed die aard en wese van landbounavorsing. Die grootte, klimaat, ontwikkelingstatus, politieke opset en eiesoortige behoeftes van 'n land het 'n oorkoepelende invloed. Die werklike aard en wese word egter bepaal deur die kwaliteit en beskikbaarheid van die mannekrag, asook die bronne en omvang van befondsing. Omdat die landboubedryf veral in ontwikkelde lande reeds van 'n hulpbron- na 'n wetenskap-gebaseerde bedryf verander het en omdat die biotegnologie fenomenale ontwikkelings moontlik maak, ontstaan daar finansiële voordelige verwantskappe tussen navorsers in die tersiêre inrigtings en industrieë. In 'n toenemende mate word hierdie geleenthede benut deur navorsers uit die basiese natuurwetenskappe.

Toekomstige navorsingsprioriteite en -agendas en dus ook die aard en wese van landbounavorsing sal noodwendig beïnvloed word deur die ontwikkelings in die plant- en dierbiologie asook die impak van die navorsingsbevindings op die mens en sy omgewing, want die uiteindelijke verantwoordelikheid van landbounavorsing is om deurlopend verbeterde en/of nuwe tegnologie te ontwikkel vir 'n landbousisteem wat ewigdurend in stand gehou moet word.

ABSTRACT

The nature and character of agricultural research

The sustained and sensational developments since the sixties in the field of molecular and cell biology are causing a revolution in agricultural research, the scope of which will be greater than that caused by the application of chemical science to agricultural practices more than a century ago. Simultaneously there has been a growing awareness of the social responsibilities of agricultural researchers. Teaching and research in tertiary institutions need to be continuously adapted to new technologies and the changing demands of the country and the consumers of agricultural products.

Several factors influence the nature and character of agricultural research. Factors like a country's size, climate, development status, political framework and specific requirements influence research priorities. However the real nature and substance of the research are determined by the quality and availability of manpower as well as the sources and scope of research funding. Because agriculture, especially in developed countries, has changed from a resource- to science-based industry and because biotechnology has made phenomenal developments possible, mutually beneficial financial arrangements between researchers in tertiary institutions and industry have come about. There is also a growing tendency for researchers in the basic sciences to exploit these opportunities.

Future research priorities and agendas and therefore also the nature and essence of agricultural research will undoubtedly be influenced by the developments in plant and animal biology as well as the impact of research findings on man and his environment, because the ultimate responsibility of agricultural research is to continuously develop improved or new technologies for an agricultural system that is sustainable in perpetuity.

Daar bestaan tans 'n oorvloed van aanduidings asook onweerlegbare bewyse dat die beoefening van tradisionele landbounavorsing vir geruime tyd reeds in die proses is om drastiese veranderinge te ondergaan. Hierdie neiging sal nog lank voortduur. Die onderliggende redes vir die verandering is velerlei.

Dit sou dus waaghalsig en onverantwoordelik wees om in hierdie stadium te probeer om die aard en wese van landbounavorsing in 'n geleerde en welluidende definisie te verwoord.

Die onderwerp sal dus ontwikkel word deur eers- tens aandag te gee aan sekere inleidende opmerkings rakende landbounavorsing in die Republiek van Suid-Afrika en in die buiteland. Daarna sal die faktore wat die aard en wese van landbounavorsing beïnvloed, in meer besonderhede ontleed word. Hierna

*Referaat gelewer tydens die Afdeling Landbouwetenskappe van die S.A. Akademie vir Wetenskap en Kuns se simposium oor *Die rol van tersiêre opleidingsinrigtings in landbounavorsing*, Pretoria, 11 Augustus 1988.

sal gepoog word om 'n aanduiding te gee van hoe die navorsingsagendas van die toekoms daar sal uitsien. In die gevolgtrekkings sal die aard en wese van landbounavorsing soos bepaal deur die verskillende faktore omskryf word.

1. INLEIDING

Dit is interessant om te weet dat daar in 1968 in Pietermaritzburg tydens 'n konferensie met die tema "The University and Agriculture" een sessie gewy is aan die landboufakulteit as navorsingsentrum.¹ Dr. D.H. Saunder het in sy voordrag die aandag gevestig op die impak wat "nuwe tegnologie" op landbounavorsing sal hê. Die "nuwe tegnologie" was radio-isotope, chromatografie, die nuwe kennis van molekulêre biologie, beter implemente en die ontwikkeling op die gebied van voedseltegnologie. Dr. W.S. Rapson het daarop gewys dat meer navorsing en ontwikkeling in die volgende dekade deur universiteite en die industrieë gedoen sal moet word, alhoewel genoeg geneem sal moet word met 'n tekort aan tegniese mannekrag.

Byna tien jaar later, in 1977, is in Pretoria 'n kongres gehou oor "Production for a growing population".² Tydens hierdie byeenkoms is groter finansiële ondersteuning vir landbounavorsing bepleit asook 'n verbetering van die status en beeld van landbounavorsers ten einde die beste studente te kan trek. Beter beplanning van navorsingsprojekte is ook bepleit.

Dit is dus duidelik dat daar reeds lank gelede besef is dat verandering in landbounavorsing sal moet plaasvind. Dan was daar ook die veelbesproke Komitee van Onderzoek na die Bediening van die Landbou wat deur die Minister van Landbou aangestel is, maar waarvan die verslag nooit vrygestel is nie.

Niemand kan die belangrikheid van landbounavorsing betwyfel nie. Op stuk van sake is landbou die belangrikste van die wêreld se ekonomiese aktiwiteite; dit benut een-derde van die landoppervlakte en emplojeer 45% van die werkende bevolking. In ontwikkelde lande soos die VSA en Brittanje bied landbou egter slegs werkgeleentheid aan 2% van die werkende bevolking en die bydrae tot die nasionale inkomste is ooreenstemmend laag, maar tussen 20% en 30% van die besteebare inkomste word vir voedsel aangewend. Landbou is ook die grootste gebruiker van grond. In die VSA word 90% van die waarde van plaasprodukte as voedsel verbruik en 93% van die landbougrond vir gewasproduksie. In ontwikkelde lande is meer as die helfte van die bevolking betrokke in landbou en landbou is in baie gevalle die grootste bydraer tot die nasionale inkomste.³

In onlangse literatuur wat oor landbounavorsing handel, is daar talle verwysings na veranderings in landbounavorsing wat reeds plaasgevind het of voor die deur staan. Onder andere word beweer dat landbou in die VSA in 'n diep krisis is en dat 'n rewolusie in navorsing nodig is wat van dieselfde omvang sal wees as dié wat begin is toe Justus von Liebig meer as 'n eeu gelede die chemiese wetenskap in boerdery ingebring het. Veranderinge in die landbou oor die volgende 10 jaar sal groter wees as gedurende die afgelope 30 tot 40 jaar.⁴

Dit word ook gesê dat die teoretiese insigte wat vloei uit genetiese navorsing die lyne tussen basiese en toegepaste landbounavorsing verdoef.⁵ Dieselfde outeurs voer aan dat die omgewingsaktiwisme wat gevolg het na Rachel Carson se boek "Silent Spring"⁶ 'n belangrike invloed op landbounavorsing gehad het in terme van die bewuswording by navorsers oor hulle sosiale verantwoordelikheid.

Ook in die Republiek van Suid-Afrika is die landbou in 'n krisis, want die sinsnede "heropbou van die landbou" word gereeld tydens die bespreking van landbou-aangeleenthede gehoor. As die bedryf in 'n krisis is, dan is daar sekerlik ook behoefte aan aanpassings in landbounavorsing.

2. FAKTORE WAT DIE AARD EN WESE VAN LANDBOUNAVORSING BEÏNVLOED

Omdat meer inligting oor veral landbounavorsing aan universiteite in die VSA beskikbaar is, word besondere aandag daaraan gegee met die aanname dat dieselfde tendense ook in Suid-Afrika besig is om plaas te vind of later gaan plaasvind.

2.1 Algemene en spesifieke behoefte aan landbounavorsing

Dit is vanselfsprekend dat die grootte van 'n land en die eenvormigheid of diversiteit van die klimaat 'n bepalende invloed sal hê op die aard en omvang van 'n land se navorsingspoging. Die vraag of 'n bepaalde land 'n produktiewe navorsingspoging op alle fronte kan inisier en in stand hou, word deur ander faktore bepaal as net die bestaan van 'n behoefte daaraan.⁷ Die tropiese dele van die wêreld het eiesoortige behoeftes en hierdie eiesoortigheid word versterk deur die feit dat die meeste ontwikkelende lande in tropiese klimaatstreke val.⁸ Volgens Lepkowski is dit waar dat elke landbouspesialiteit 'n eie inligtingsnetwerk het, soos byvoorbeeld 'n spesifieke plaagkontrolle vir 'n bepaalde gewas en nuwe saadlyne vir 'n bepaalde gebied. Daar is dus nie oppervlakkige oplossings vir alle behoeftes nie.

In baie lande is dit nie langer moontlik om produksie te verhoog deur die toevoeging van meer landbougrond nie, omdat dit òf fisies onmoontlik is òf omdat brose ekosisteme dit nie toelaat nie weens die feit dat die natuurlike hulpbronnens daardeer ernstig benadeel sal word.⁹

2.2 Beskikbare mannekrag

Volgens die 1983/84-opname van die Hoofdirektooraat Wetenskapbeplanning van die Departement van Nasionale Opvoeding¹⁰ was daar in die Republiek 'n totaal van ongeveer 10 000 navorsers waarvan 5274 in landbou, biologie en bosbou betrokke was. Van laasgenoemde was 91 in die geesteswetenskaplike rigtings soos landbou-ekonomie en landbouvoorligting, terwyl 5183 in die natuurwetenskaplike rigtings was. Uit die totaal van 5274 was 1665 verbonde aan die tersiêre sektor en 2140 in die owerheidsektor. Die verhouding van tegnisi tot navorsers was 0,59 : 1. Dit is 'n ope vraag of die getalle en distribusie van navorsers enigiens voldoende is om in die behoeftes te voorsien. Die lae verhouding van tegnisi tot navorsers is bepaald 'n bron

van kommer.

Blote getalle is egter 'n onbetroubare maatstaf, omdat dit niks sê van die geskiktheid van die mannekrag om navorsing doeltreffend te kan verrig nie. Dit word byvoorbeeld beweer dat landbou-ekonome nie werklik deskundiges op die kritiese vraagstukke van vandag kan word alvorens hulle nie twee-derdes of meer van hulle tyd vir drie of meer jare daaraan spandeer het nie.¹ In die algemeen is dit sekerlik ook waar vir ander dissiplines.

2.3 Befondsing

Aandag word gewy aan gebeure oorsee om aan te toon hoe beleide oor befondsing van landbounavorsing die aard en wese daarvan beïnvloed het of in die toekoms gaan beïnvloed.

In Brittanje het die "Agricultural and Food Research Council Corporate Plan" vir 1985-1990 'n prentjie geskilder van terugsnidings en posverliese geassosieer met besnoeiings van sekere navorsingsaktiwiteite in veral dieresiektes en gewasproduksie.¹² Die hele gedagte agter die plan was om tradisionele aspekte van navorsing te besnoei sodat hulpbronne vrygestel kan word vir aanwending in die "nuwe" wetenskappe, soos molekuleêre biologie. Ook bevat die plan 'n onderneming om voedselwetenskap te bevorder en om navorsing aan universiteite te bevorder.

Die bekende "Land Grant"-sisteem in die VSA is al vir etlike jare die fokuspunt van intense debat. Hierdie sisteem bestaan uit 50 "Land Grant"-universiteite (LGU) en uit 54 "State Agricultural Experimental Stations" (SAES) wat deur wetgewing in 1862 en 1887 tot stand gekom het. Omdat die LGU-SAES -sisteem missie-georiënteerd is, is baie aandag aan toegepaste navorsing en voorligting gegee. Sommige van die eksperimentele stasies by navorsings-intensiewe universiteite soos Cornell, Wisconsin, Illinois, Michigan State, California (Davis) en Purdue het van die begin af 'n sterk natuurwetenskaplike inslag gehad.⁴ Hierdie LGU-SAES-sisteem was ongetwyfeld verantwoordelik vir die fenomenale groei van landbou in die VSA.

Na die Tweede Wêreldoorlog en veral na 1960 toe federale steun vir N & O begin afplat het, het die LGU-SAES-sisteem toenemende kritiek moes verduur. Die ontwikkelings op die gebied van biotegnologie het verder bygedra tot die kritiese beskouing van hierdie sisteem. Daar is onder andere beweer dat die sisteem agterlik en miskien selfs uitgedien is.^{13,14} Ander het weer gesê dat landbounavorsing nie tred gehou het met hulpbronnuitputting en die hoë koste van boerdery nie. Nog ander het beweer dat navorsing in die LGU-SAES-sisteem uitgedien en uit pas is met die opwindende ontwikkelings in plantbiologie. Daar is aangevoer dat meer natuurwetenskaplikes toegang moet kry tot die \$650 miljoen wat direk vanaf die state en die federale regering na die LGU-SAES-sisteem gaan.⁴ 'n Ander rede vir kritiek is dat, in teenstelling met federale befondsing van nie-landbou, N & O slegs 'n beperkte deel van die toekenning vir landbounavorsing deur N & O kompeterende toekennings aan individuele navorsers is.⁵

Die verslae oor twee konferensies wat onderskeide-

lik deur die Rockefeller Stigting¹⁵ en die "National Academy of Sciences"¹⁶ georganiseer is, het baie duidelik getoon dat 'n nuwe navorsingsagenda vir landbou tot stand gaan kom. Dit is ook duidelik dat Biologiesdepartemente aan universiteite wat tradisioneel nie landbounavorsing verrig het nie, toenemend by biotegnologiese navorsing betrokke gaan raak. Feit is dat uitnemende voedsel- en landbounavorsing ook in nie-landbou-inrigtings verrig kan word.

'n Ander faktor wat landbounavorsing toenemend gaan beïnvloed, is die vennootskappe wat tussen universiteite en die groot firmas tot stand kom. Die afplating in federale ondersteuning vir N & O aan universiteite het veral die konstruksie van nuwe fasiliteite en die aankoop van toerusting nadelig getref. Die sogenaamde kapitale gaping het toe ontstaan juis op die tydstip toe biotegnologie na vore gekom het. Dit was dus 'n geval van geldbehoefte by universiteite en 'n behoefte aan deskundiges by die industrie, en hierdie deskundiges was slegs by universiteite beskikbaar. Die logiese gevolg was vennootskappe tussen universiteite en industrieë.⁵

Die koste van navorsing op genetiese ingenieurswese en stelselbenaderings is baie duurder as die meer tradisionele landbounavorsing. Die kapitale uitgawe per wetenskaplike het van 1975 tot 1979 verdubbel.¹⁷ Die koste van instrumente bokant \$5 000 het van 1970 tot 1978 teen 'n jaarlikse koers van 20% toegeneem.¹⁸

'n Interessante argument wat ter verdediging van die LGU-SAES-sisteem aangevoer word, is dat soos die agribesigheid gegroei het, het die navorsings-sisteem volwasse geword, met die gevolg dat baie fondse vir instandhouding nodig was. Dit verteenwoordig fondse wat van navorsing weggeneem word. Die onderhoud behels, onder andere, evaluering van nuwe produkte, aandag aan nuwe plae, ensovoorts. Dit verhoed groei van werklike navorsing.⁴ Dieselfde word gesê van institute wat na 'n inisiële periode van hoë produktiwiteit neig om minder produktief te wees en slegs aandag te gee aan die vulling van gapings in die wetenskaplike literatuur en die fyn instelling van inkrementele veranderings in tegnologie.¹⁹

As die opset van landbounavorsing in Suid-Afrika in oënskyn geneem word, is dit duidelik dat soortgelyke veranderinge ook hier besig is om plaas te vind. Die oorskakeling van ad hoc-navorsingstoekennings na kontraktoekennings deur die Departement van Landbou en Watervoorsiening sal 'n besliste invloed op die aard van landbounavorsing aan universiteite hê. Die ondersteuning van fundamentele landbounavorsing deur die Stigting vir Navorsing en Ontwikkeling van die WNNR bring 'n nuwe dimensie in hierdie tipe navorsing mee. Die inhiberende hoë koste van toerusting en die beperkende invloed wat dit op navorsing het, is oorbekend.

2.4 Universiteite en biotegnologie

Oor die afgelope paar jaar het ook Suid-Afrikaanse universiteite begin om meer navorsingsproduktiwiteit van hulle navorsers te eis. Hierdie produktiwiteit word gemeet aan die getal en grootte van toekennings

deur buite-instansies en die aantal publikasies in erkende vaktydskrifte. In hierdie verband is dit insigwend om te weet dat tussen die nie-“Land Grant”-universiteite in die VSA ongeveer drie dosyn (byvoorbeeld Harvard en Stanford) 60% van die totale federale toekenning aan universiteite ontvang.²⁰ Dieselfde outeur beweer dat die belangrikste hindernis waarom hierdie universiteite nie meer landbounavorsing doen nie, toegeskryf kan word aan die status en beloning verbonde aan basiese eerder as toegepaste missiegeoriënteerde navorsing.

Die koms van die magtige stel nuwe tegnologieë bekend as biotegnologie is egter besig om belangrike veranderinge tot stand te bring. Die rewolusie in biologiese navorsing het meegebring dat wetenskaplikes finansiële voordelige verwantskappe met kliënte buite die universiteite opgebou het. Baie maatskappye in die VSA wat produkte en dienste aan die landbou verkoop, het skakels met die voorste genetici, biochemici en molekulêre bioloë by universiteite.⁴ Manipulasie van genes het reeds 'n bek-en-klou-seer-entstof asook die bees-groeihormoon opgelewer. Met behulp van laasgenoemde kan melkproduksie met 25% verhoog word. Dit word beweer dat dit moontlik sal wees om geneties gemanipuleerde grondbakterieë te ontwikkel wat misstof sal kan produseer of plaë sal kan kontroleer. Binne die volgende 10 – 25 jaar word gehoop om plante weerstandbiedend teen pestisiede, immuun teen siekte, tolerant teen adrese omgewings soos hitte, koue en brakwater en in staat tot meer proteïenproduksie, te maak.⁴

Dit is dus waarskynlik dat wetenskaplikes in die tradisionele basiese wetenskappe toenemend betrokke sal raak in die samesmelting van die wetenskap en tegnologie, soos waarmee ingenieurs, landbouwetenskaplikes, medici en sosiale wetenskaplikes reeds lankal besig is. Die dryfkrag vir hierdie verandering sal in die toekoms sterker word weens die onvermydelike sluiting van die grense van fossielbranstof en beskikbare landbougrond. Die pad vorentoe behels 'n baie groter rol vir biologiese en inligtingstegnologie.

2.5 Die impak van landbounavorsing

Daar is reeds voorheen verwys na die sosiale verantwoordelikheid wat tans aan landbounavorsing gekoppel word. Die vertroue van die publiek in wetenskap word afgetakel deur die nadelige gevolge van die aanwending van byvoorbeeld pestisiede, bemestingstowwe en sekere biotegnologiese produkte. Kritiek teen die sogenaamde geïndustrialiseerde landbou is onder andere dat die groei in plaasgrootte en die kapitale behoeftes toegang tot boerdery beperk en boerdery onstabiel maak; chemikalieë en medisynes vir diere bedreig plaaswerkers, verbruikers en die omgewing; gronderosie vernietig die produktiwiteit en langtermynlewensvatbaarheid van landbougrond; die vermindering in die aantal plase vernietig die lewenskwaliteit in plattelandse gebiede; meganisering verplaas werkers; die verdeling van profyte uit industrialisasie van die landbou is onbillik; die regte van diere geniet nie voldoende aandag nie en die veiligheid van biotegnologiese ontwikkelings word bevraagteken.²¹

Die erns waarmee die publiek hierdie saak beskou, word in die VSA weerspieël deur ordonnansies wat deur sekere stede uitgevaardig is. Die stad van Cambridge in Massachusetts het 'n ordonnansie wat wetenskaplikes en hulle inrigtings verantwoordelik maak aan publieke amptenare vir laboratoriumveiligheid. Die universiteite en industrieë moet boonop betaal vir gereelde inspeksies. Soortgelyke ordonnansies geld vir die stede van Princeton, Berkeley en Amherst.²²

3. NAVORSINGSPRIORITEITE VIR DIE TOEKOMS

Die USDA het in 1987 'n dokument gepubliseer oor die bepaling van die behoeftes vir die voedsel- en landbouwetenskappe.²³

Die volgende behoeftes is geïdentifiseer:

1. verhoging van die winsgewendheid van landbou deur bestuur;
2. verbetering van waterkwaliteit en -bestuur;
3. uitbreiding van biotegnologiese ondernemings op plante, diere en mikrobes;
4. ontwikkeling van wetenskaplike en professionele menslike kapitaal; en
5. verbetering van menslike voeding en begrip van die verwantskap tussen dieet en gesondheid.

Prof. Scott, direkteur van Cornell Universiteit se “Agricultural Experiment Station”, stel voor dat die volgende ingesluit behoort te word in die navorsingsagenda vir die toekoms:²¹

1. hulpbron- en energiebesparingtegnologie;
2. lae inset of alternatiewe sisteme om die uitset-inset-verhouding te verbeter;
3. verhoging en instandhouding van grondproduktiwiteit;
4. waterkwaliteit en -bestuur;
5. oesbeskerming deur geïntegreerde plaagbestuur;
6. biologiese stikstofbinding;
7. verbetering van die voedingswaarde en kwaliteit van oeste en diereprodukte;
8. groter voedselveiligheid vir die beskerming van menslike gesondheid;
9. bioprosessering van landbouprodukte vir opberging, verpakking en verspreiding;
10. elektroniese sensors, insluitende robotte en mikrorekenoutomate vir stelselbestuur;
11. biotegnologie;
12. ekonometrie;
13. wêreldwye ekonomiese beleide wat landbou aflekteer; en
14. studie van landelike gemeenskappe.

Bogenoemde navorsingsvelde kan sekerlik sonder veel wysiging ook in die RSA op die navorsingsagenda vir die toekoms geplaas word.

4. GEVOLGTREKKING

Uit bostaande uiteensetting kan die gevolgtrekking gemaak word dat landbou die eeu van sintetiese biologie betree het. Die aanname kan ook gemaak word dat die doelstellings van landbou is om 'n ruim

voorraad voedsame voedsel teen 'n redelike prys aan die verbruiker te voorsien, terwyl die boer 'n redelike opbrengs op sy insette moet verdien binne 'n landboustelsel wat tot in ewigheid in stand gehou kan word. Verder kan die afleiding gemaak word dat die aard en wese van landbounavorsing vinnig besig is om te verander en dat wetenskaplikes uit die dissiplines van die basiese natuurwetenskappe, ingenieurswetenskappe, ekonomiese wetenskappe en ook die geesteswetenskappe saam met die landbouwetenskaplikes ingespan sal moet word om in die navorsingsbehoefte van die landbou te voorsien. Dit is egter noodsaaklik dat hierdie navorsingspogings steeds landbourelevant moet wees en daar moet dus gewaak word teen opportunistiese indringing in die landbounavorsing deur navorsers bloot om eie gewin. Die titel van 'n navorsingsprogram kan maklik die indruk skep dat dit van die allergrootste belang vir die landbou is, terwyl dit in der waarheid irrelevant is sover dit die bevordering van die landbou betref. Sulke verdunning van skaars navorsingsfondse is net nie in die belang van enige land se landboubedryf nie.

Die tersiêre inrigtings wat landbounavorsers oplei, sal genoodsaak wees om die wetenskaplike onderbou van hulle opleiding verder te versterk. Indien dit nie gebeur nie, sal landbouwetenskaplikes hulself nie kan handhaaf in die geselskap van wetenskaplikes uit die basiese vakdissiplines nie.

Ten slotte kan die aard en wese van landbounavorsing soos volg opgesom word: dit behels die aanwending van kennis uit sowel die basiese as die toegepaste wetenskappe om die algemeen aanvaarde doelstellings van landbou te verwesenlik en ook om nuwe kennis te ontwikkel wat aangewend kan word om te verseker dat die wêreld se landboubedryf in die behoeftes aan voldoende voedsame voedsel tot in ewigheid sal kan voorsien.

VERWYSINGS

1. *The University and Agriculture* (1969). Quicke G.W., Nathanson K. & Bosman T. (eds.) (University of Natal Press, Pieter-

- maritzburg).
2. *Production for a growing population* (1977). (The Liaison Committee for Professional Societies Concerned with Agriculture, Pretoria).
 3. Grigg, D. (1984). *An Introduction to Agricultural Geography* (Hutchinson, London).
 4. Lepkowski, W. (1987). Shakeup ahead for agricultural research, *Chemical and Engineering News*, 60(47), 8-16.
 5. Buttel F.H., Kenney M., Kloppenburg J. & Smith D. (1988). Industry-University Relationships and the Land-Grant System, *Agric. Admin.*, 23, 147-181.
 6. Carson, R. (1962). *Silent spring* (Boston, Houghton-Mifflin).
 7. Anderson J.R., Herdt R.W. & Scobie G.M. (1988). The Contribution of International Agricultural Research to World Agriculture, *American J. Agric. Econ.*, 67, 1080-1084.
 8. Odhiambo, T.R. (1979). How to bridge the scientific gap, *Bulletin of the Atomic Scientists*, 35(6), 35-38.
 9. Von Urff W. (1987). Agricultural Research – A Crucial Component in Strategy to Alleviate Hunger and Poverty, *Quarterly J. of International Agric.*, 26(3), 243-245.
 10. Hulpbronne vir N&O 1983/84 (1987). Resultate van Opnameprogram no. 13 (Hoofdirekoraat Wetenskapbeplanning. Departement van Nasionale Opvoeding, Pretoria).
 11. Benbrook C.M. (1985). Funding Agricultural Economics Research: Discussion, *American J. Agric. Econ.*, 67, 1262.
 12. Comment (1985). Winding down AFRC research, *Veterinary Record*, 116(11), 249.
 13. Kenney, M. & Kloppenburg, J. (1983). The American agricultural research system: An obsolete structure?, *Agric. Admin.*, 14, 1-10.
 14. Marshall, E. (1982). USDA research under fire, *Science*, 217, 33.
 15. Rockefeller Foundation (1982). *Science and Agriculture* (New York, Rockefeller Foundation).
 16. National Academy of Sciences (1984). *Genetic Engineering of plants* (National Academy of Science, Washington DC).
 17. Berlowitz L., Zdanis R., Crowley J. & Vaughn J. (1981). Instrumentation needs of research universities, *Science*, 211, 4486.
 18. Berger M. & Cooper M. (1979). The cost of R & D living, *Science*, 204, 1369.
 19. Ruttan, V.W. (1987). Designing a Global Agricultural Research System, *Quarterly J. of International Agric.*, 26 (3), 246-264.
 20. Phillips, M.J., (1982). US Food and Agricultural Research – Problems and Opportunities, *Food Technol.*, 36, 96-100.
 21. Scott, N.R. (1987). One Hundred Years of Agricultural Research: A guide to the Future, *New York's Food and Life Sciences Quarterly*, 17, (2), 2-8.
 22. Jordan, J.P., (1985). *Aeconomicus Agriculturae: Who Shall Lead Us?*, *American J. Agric. Econ.*, 67, 1237-1250.
 23. *Needs Assessment for the Food and Agricultural Sciences* (1987). (Joint Council on Food and Agricultural Science, USDA, Washington DC).