DIE ROL VAN KUNSMIS IN DIE VERHOGING VAN LANDBOUPRODUKSIE EN DIE IMPLIKASIES VAN MAKSIMUM EKONOMIESE OPBRENGS

G C H Venter, MVSA

Kunsmis is een van die belangrikste insette vir suksesvolle gewasproduksie. Die rol van bemesting kan egter nie in isolasie gesien word nie. Suksesvolle intensifering van landbou is slegs moontlik deur die toepassing van 'n geïntegreerde produksiestelsel wat al die belangrikste produksiefaktore insluit. Dit vorm trouens die grondslag van die Misstofvereniging van Suid-Afrika se benadering tot navorsing op die gebied van grondvrugbaarheid en plantvoeding.

In sy boek 'Fertilizing for maximum yield' sê Cooke (1982) dat die landbouwetenskaplike die sisteem só goed moet verstaan dat ons 'met redelike sekerheid die opbrengs kan behaal wat bepaal word deur die genetiese potensiaal van die gewas en die beskikbare inkomende stralingsenergie'. Hierdie kennis kan natuurlik slegs deur navorsing ingepalm word en in die moderne tyd al méér so in multidissiplinêre verband. Verhoging in landbouproduksie sal in die toekoms al meer moet staatmaak op die wisselwerking van insette, eerder as op die verhoging van 'n enkele inset. Cooke (op. cit.) stel dit ook dat die produsent se doelwit parallel aan dié van die wetenskaplike behoort te wees, maar by 'n laer vlak van opbrengs. Die produsent is gemoeid met maksimum marge bó koste en dit word bereik wanneer die monetêre waarde van die opbrengs minus die koste van al die insette by 'n maksimum is. Ons het dus hier te doen met twee parallele konsepte: enersyds die strewe na maksimum potensiële opbrengs en andersyds die strewe na maksimum ekonomiese opbrengs (MEO). Maksimum opbrengs moet nie verwar word met wat algemeen bekend staan as 'hoë' opbrengs nie. Dit kan ewewel 3 as 15 ton per hektaar beteken, gegewe sekere beperkings in grond en klimaat. MEO sal vanselfsprekend altyd laer wees as maksimum opbrengs, maar die berekening daarvan is sinvol slegs wanneer ons met 'n redelike mate van sekerheid weet wat die maksimum opbrengs onder 'n gegewe stel toestande is.

Hierdie referaat het ten doel om die rol van kunsmis in die bereiking van maksimum ekonomiese obprengs (MEO) en sekere implikasies daarvan met spesifieke verwysing na mielies, onder Suid-Afrikaanse toestande toe te lig.

Bespreking

Verhoging van landbouproduksie deur toepassing van geïntegreerde produksiestelsels

Die noodsaaklikheid van 'n geïntegreerde produksiepakket in die verhoging van landbouproduksie kan nie oorbeklemtoon word nie. Ter illustrasie kan 'n voorbeeld aangehaal word van resultate behaal deur 'n multidissiplinêre span navorsers te Rothamsted Navorsingstasie in Engeland (Lester, soos aangehaal deur Cooke) op. cit. Die belangrikste doelwit van hierdie projek was om betroubare spesifikasies vir MEO daar te stel. Hierdie groep navorsers het die belangrikste komponente en hul wisselwerkingseffekte, van 'n koringproduksiestelsel ondersoek. Uit dié ondersoek kon hulle daardie komponente identifiseer wat die grootste bydrae tot opbrengsvorming gelewer het. Die data in Tabel 1 toon aan hoedat 8 van die faktore bygedra het tot opbrengsverbetering.

TABEL 1 Die effek van getoetste faktore op koringopbrengs te Rothamsted

	Graan, t/ha wins (+) of verlies (−)
Presisie saai (precision sowing)	+0,07
Vroeë aanplanting	+0,15
Hoë N-bemesting	−0,08
Verdeling van N-bemesting	+0,29
Besproeiing	−0,23
Pestisiede-behandeling (herfs)	+0,25
Plantluisbestryding	+1,31
Fungisiede-behandeling	+0,97
Graanopbrengs by beste kombinasie van faktore:	11,1 ton/ha
Gemiddelde opbrengs:	8, ton/ha

Die faktore in Tabel 1 dui nie die faktore se wisselwerkingseffekte aan nie; dikwels is die gekombineerde effek van faktore groter as die som van hul enkele bydraes. So is byvoorbeeld in hierdie eksperiment aangetoon dat die effek van vroeë aanplanting 0,4 ton/ha was, wanneer dit met ander faktore gekombineer word. In hierdie proef het die beste kombinasie van faktore in Tabel 1 'n opbrengs van 11,1 ton/ha gelewer, terwyl die gemiddelde proefopbrengs slegs 8 ton/ha was.

'n Soortgelyke effek van die invloed van 'n volledige produksiepakket op mielieopbrengs in die Noordwes-Oranje-Vrystaat is ook deur Venter (1982, Fig 1) aangetoon.

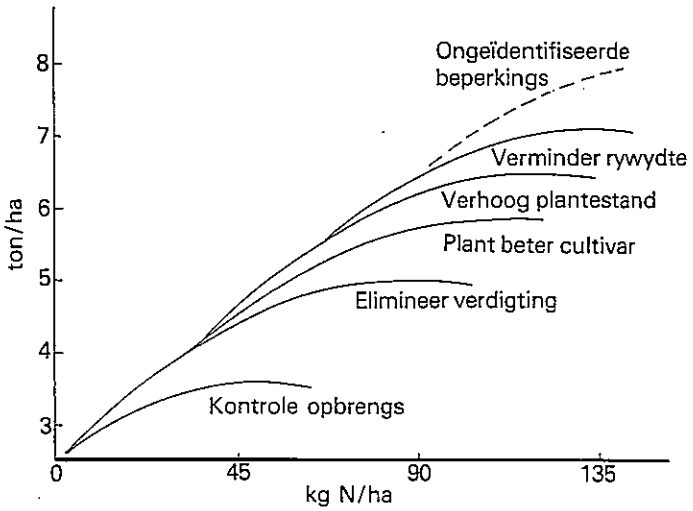

Fig 1. Die invloed van verwydering van produksieremmende faktore op mielieopbrengste op fynsandgronde van die Noordwes-Oranje Vrystaat.

Die invloed van wisselwerkings op maksimum ekonomiese opbrengs

Die effek van wisselwerkings tussen faktore word dikwels onderskat in die evaluering van proefdata en die bepaling van optimum bemestingspeile vir maksimum ekonomiese opbrengs. Fig. 2 dien as 'n illustrasie hiervan.

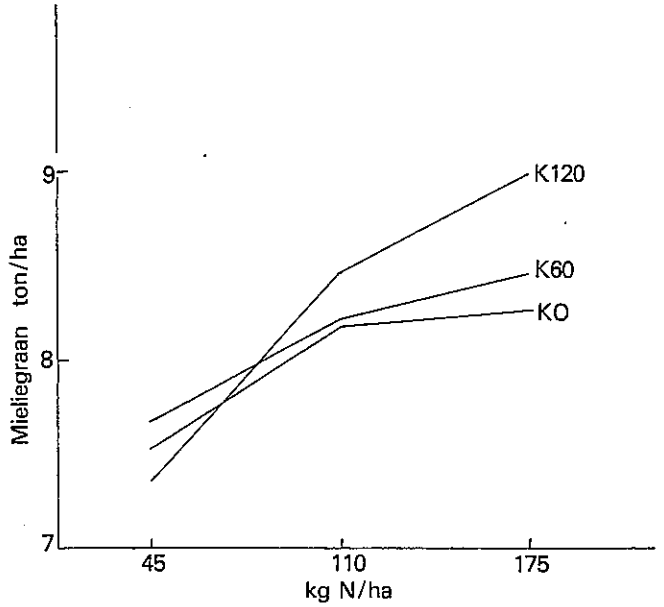

Fig 2. N x K wisselwerking op 'n Hutton grondserie in Heidelberg-distrik.

Figuur 2 stel die reaksie op N-bemesting by drie verskillende K-bemestingspeile voor. Hierdie resultate is verkry uit 'n MVSA-proef wat oor 4 seisoene op 'n Hutton grondserie in die Heidelberg distrik uitgevoer was (Venter, 1983). Hierdie grond het 'n lae vlak van beskikbare kalium (50 mg K/kg in die bogrond), vandaar die sterk reaksie op K-bemesting. Die positiewe N x K wisselwerking wat hoogs betekenisvol was, blyk duidelik uit Fig 2. In die afwesigheid van K-bemesting, was 'n toediening van 110 kg N/ha optimaal. In kombinasie met 120 kg K/ha, kon maksimum opbrengs egter nog nie bereik word met 175 kg N/ha nie. Dit is dus duidelik dat sulke interaksies wel deeglik in ag geneem behoort te word by berekening van MEO en optimum bemestingspeile.

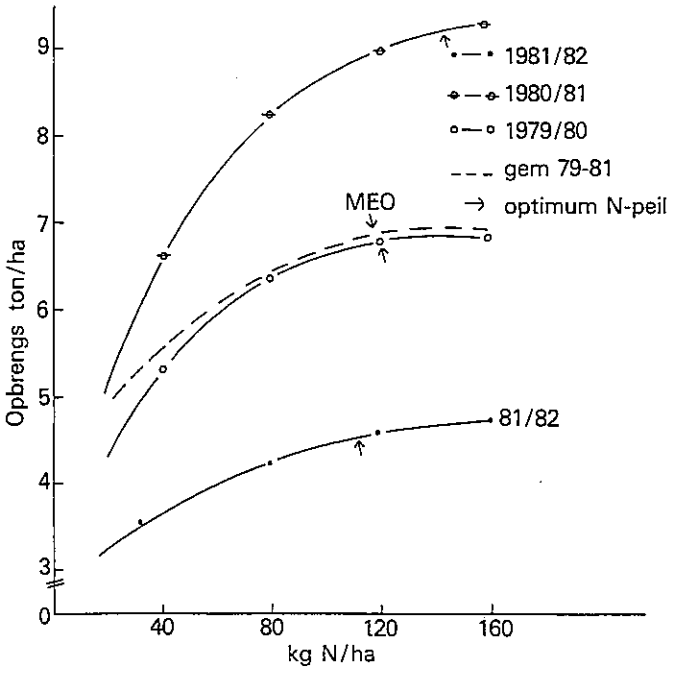

Fig 3. Opbrengskrommes van mielies by toenemende N-peile en berekende N-optima op 'n Soetmelkserie in die Balfour-distrik.

Implikasies van maksimum ekonomiese opbrengste

MEO is daardie opbrengs waar die verskil tussen die monetêre waarde van die opbrengs en die insetkoste by 'n maksimum is, dit wil sê waar wins gemaksimeer word. In die bespreking wat hierna volg, is gepoog om die konsep van MEO onder Suid-Afrikaanse toestande aan die hand van twee voorbeelde toe te lig. Daar sal ook gepoog word om sekere implikasies van MEO op die praktiese boerderysituasie te evalueer.

Die resultate van twee bemestingsproewe op mielies wat oor 'n 4 jaar periode gestrek het — vanaf die aanvang in 1978 tot op datum — word vir die doel van die bespreking gebruik. Die proewe is uitgevoer in die Balfour- en Lichtenburgdistrikte onderskeidelik en is elders volledig beskryf (Venter, 1983). Hulle is verteenwoordigend van mielieproduksie op hoë potensiaalgrond op die Transvaalse Hoëveld, onder klimaatstoestande wat baie varieer het. Alle ander faktore behalwe N is sover moontlik optimaal aangewend. Opbrengste word in Fig 3 en 4 aangetoon.

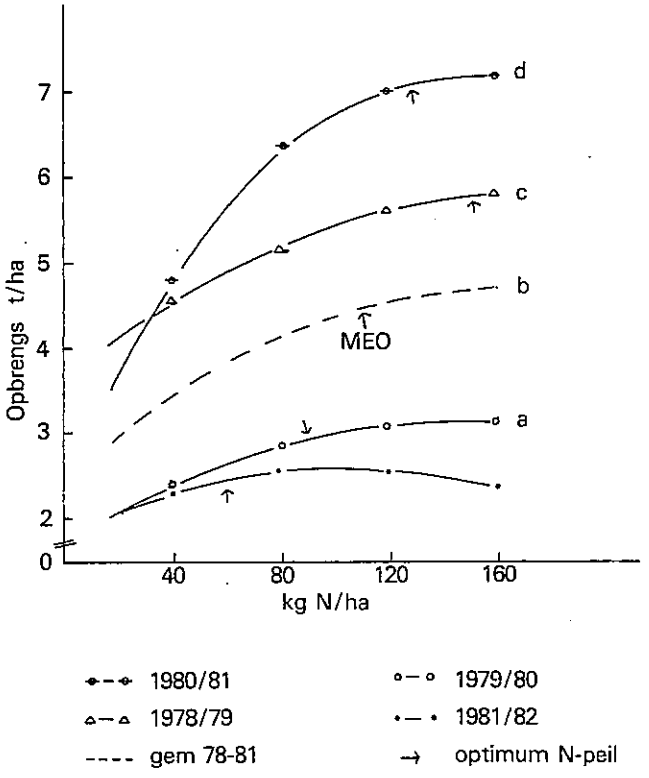

Fig 4. Opbrengskrommes van mielies by toenemende N-peile en berekende N-optima op 'n Manganoserie in die Lichtenburg-distrik.

Hierdie opbrengsfunksies is bereken uit vierkantswortel-regressies ($Y = a + bx + cx^{½}$) wat op die opbrengsdata gepas is. Die berekening van optimumpeile van N-bemesting word bereken uit die eerste afgeleide van die vierkantswortel-regressie:

$$\frac{Px}{Py} = b + ½c\,N^{-½} \quad \text{..... 1, sodat}$$

$$\frac{1}{N} = \left[(6{,}16 - b)\,\frac{2}{c}\right]^2 \quad \text{..... 2, waar}$$

$\frac{Px}{Py}$ = heersende koste-prysverhouding van stikstof: mielies = 6,16, en

N = die N-bemestingspeil waar marge bó bemestingskoste by 'n maksimum is.

Die regressievergelyking sowel as die waardes wat daaruit afgelei is, verskyn in Tabel 2.

Tabel 2 Regressies van opbrengste en N-peile

(a) Lichtenburg (Ottosdal): M3/W			
Seisoen	Regressie	Optimum N-peil kg/ha	Opbrengs by optimum peil kg/ha
1978/79	$Y = 2606 - 8{,}6\ N + 366{,}8\ N^{½}$	155	5840
1979/80	$Y = 474 - 15{,}0\ N + 403{,}7\ N^{½}$	91	2956
1980/81	$Y = -2480 - 61{,}8\ N + 1544{,}7\ N^{½}$	129	7090
1981/82	$Y = 340 - 24{,}2\ N + 467{,}5\ N^{½}$	59	2505
1978 - 81	$Y = 224{,}5 - 26{,}8\ N + 687{,}7\ N^{½}$	108	4472
(b) Balfour: M3/S			
Seisoen	Regressie	Optimum N-peil kg/ha	Opbrengs by optimum peil kg/ha
1979/80	$Y = 375 - 43{,}9\ N + 1064\ N^{½}$	119	6762
1980/81	$Y = -384 - 54{,}3\ N + 1450\ N^{½}$	144	9205
1981/82	$Y = 927 - 19{,}5\ N + 545{,}7\ N^{½}$	113	4520
1979 - 81	$Y = 2017 - 27{,}6\ N + 736{,}4\ N^{½}$	119	6766

Uit die vorm van die krommes in Fig 3 en 4 is dit dadelik opvallend dat daar groot seisoenale skommelinge in opbrengsfunksies is. Daar is, soos verwag kan word, ewe groot seisoenale skommelinge in ekonomiese optimum N-peile. Hierdie skommelinge is die direkte gevolg van ons wisselende klimaat en in besonder van die wisselende voorraad beskikbare grondvog gedurende die groeiseisoen. Só byvoorbeeld was die 1981/82 seisoen te Ottosdal baie droog met 'n optimum N-peil van slegs 60 kg N/ha, in teenstelling met die baie goeie 1980/81 seisoen, met 'n optimum N-peil van 155 kg N/ha. Variasies van dieselfde orde ten opsigte van opbrengste en optimum N-peile is ook deur Dijkhuis en du Toit (1977) oor 'n 5 jaar periode te Delmas (1972 - 1975) gevind. Volgens skrywer se mening moet hierdie variasie as 'n inherente kenmerk van ons landbouproduksie beskou word. Ofskoon geen direk vergelykende syfers beskikbaar is nie, sou dit redelik wees om te aanvaar dat hierdie variasie groter is onder Suid-Afrikaanse toestande, as byvoorbeeld in die tradisionele graanproduserende lande van die Noordelike halfrond.

Na aanleiding van voorafgaande kan tereg gevra word:—

- Hoe word MEO onder sulke variërende toestande gedefinieer?

TABEL 3 Die invloed van variërende N-peile op winsmarges

	(a) Lichtenburg (Ottosdal): M3/W									
N-peil (kg/ha)	Marges bó N-koste (R/ha)									
	1978/79	− Opt[1]	1979/80	− Opt	1980/81	− Opt	1981/82	− Opt	Kumulatief	
60	614	−41	311	−10	672	−172	307	0	1904	−223
90	639	−16	321	0	814	− 30	273	− 34	2047	− 80
110[2]	647	− 8	319	− 2	836	− 8	256	−57	2058 Opt	− 75
130	651	− 4	312	− 9	844	0	233	−74	2040	− 87
115	655	0	298	−23	833	− 1	195	−112	1981	−136
	(b) Balfour: M3/S									
	Marges bó N-koste									
N-peil (kg/ha)	1979/80	− Opt	1980/81	− Opt	1981/82	− Opt	Kumulatief			
80	789	−19	1040	−74	502	−10	2331	−103		
113	806	− 2	1101	−13	512	0	2422	− 15		
120[3]	808	0	1107	− 7	514	− 2	2427 Opt	− 9		
144	797	−11	1114	0	505	− 7	2416	− 18		

(1) Randwaardes minder as maksimum wins

(2) N-optimum, bereken op gemiddelde produksie oor 4 seisoene

(3) N-optimum vir 1979/80 seisoen sowel as vir gemiddelde produksie oor 3 seisoene.

- Moet swak seisoene geïgnoreer word in die interpretasie van data?
- Moet goeie seisoene beter geëksploiteer word, ten einde 'op te maak' vir swak seisoene?
- Moet 'n meer konserwatiewe benadering in bemesting gevolg word?

In 'n poging om antwoorde op hierdie vrae te probeer kry is die data verder ontleed (Tabel 3).

Uit Tabel 3 kan afgelei word wat die winsposisie van die produsent sou wees indien hy jaarliks teen peile laer of hoër as die optimumpeil vir die hele periode sou bemes. Optimum N-peile van die onderskeie seisoene is vir dié doel in die regressies gesubstitueer. 'n Peil van 80 kg/ha is ook by die Balfour-proef ingesluit om 'n idee te kry van winsmarges by 'n N-peil heelwat laer as seisoenale of gemiddelde optima. Die negatiewe waardes in Tabel 3 dui aan hoeveel Rand minder as maksimum wins by elke N-peil in elke seisoen gemaak word. Nulwaardes dui derhalwe optimumpeile aan, en negatiewe waardes dui 'n verswakking in die winsposisie (in R/ha) aan. Aldus, in die 1978/79 seisoen het 155 kg N/ha in die Ottosdal-proef die hoogste, en 60 kg N/ha die kleinste winsmarge gelewer. Die omgekeerde posisie het in die 1981/82 seisoen gegeld.

Dieselfde patroon blyk uit die data vir die Balfour-proef (Tabel 3b). In die 1980/81 seisoen is die grootste winsmarge behaal met 144 kg N/ha terwyl die grootste marge in die 1981/82 seisoen behaal is met 113 kg N/ha. Dit is ook opmerklik uit Tabel 3 dat daar 'n wye toleransie om die berekende N-optima is, naamlik waar wins relatief min verandering toon by N-piele van 20 kg/ha hoër of laer as die optimum. Dit is egter ewe opvallend dat winsmarges skerp afneem by die laagste N-peile (60 en 80 kg/ha onderskeidelik) in Tabel 3. Dit geld vir die meeste individuele seisoene sowel as die kumulatiewe resultate vir die hele periode. Huidiglik hoor mens dikwels die stelling dat 'n meer konserwatiewe benadering in bemesting gevolg behoort te word. Hierdie stelling is 'n niksseggende veralgemening en kan nie op grond van beproefde beginsels regverdig word nie.

Gevolgtrekkings

Met die voorafgaande data en bespreking as uitgangspunt, kan die konsep 'maksimum ekonomiese opbrengs' onder sterk variërende klimaatstoestande as gevolg gedefinieer word. **Dit is daardie opbrengs wat oor 'n aantal seisoene die hoogste gemiddelde marge bo koste sal lewer.** 'n MEO van 4,5 en 6,75 ton/ha onderskeidelik word uit die resultate in Fig 3 en 4 vir die twee voorbeelde onder bespreking afgelei. Die resultate van swak sowel as goeie seisoene behoort in die berekening van MEO geïntegreer te word, aangesien seisoensvariasie kenmerkend van die Suid-Afrikaanse klimaat is.

Die voorkoms van goeie sowel as swak seisoene kan met 'n groot mate van sekerheid in enige 5 jaar periode verwag word.

Ten einde MEO te realiseer, sou dit wenslik wees om jaarliks op 'n konstante peil te bemes. Dit geld veral vir stikstofbemesting aangesien dit aanvaar word dat beperkings ten opsigte van ander elemente (P, K, Ca, Mg en S) opgehef is, en voldoende voedingsreserwes daarvan in die grond beskikbaar is. Hierdie benadering hou 'n belangrike praktiese implikasie in. Dit sou eerstens impliseer dat 'n konstante jaarlikse N-peil vir 'n verwagte MEO (byvoorbeeld 120 kg N/ha vir 6,75 ton/ha op 'n Soetmelkserie in die Balfour-distrik, Tabel 3b) in sommige seisoene sou neerkom op 'oorbemesting' en in ander op 'onderbemesting'. Hierdie aspek is egter van ondergeskikte belang. Dit is reeds aangetoon dat winsmarges binne perke onsensitief is vir verandering in N-peile rondom seisoenale ekonomiese optima (Tabel 3). Dit is in elke geval bykans onmoontlik om die verloop van 'n seisoen vooraf te voorspel, sodat die wenslikheid van manipulering (= uitstel) van N-bemesting bevraagteken moet word.

Dieselfde geld vir die eksploitering van die sogenaamde 'goeie seisoen'. Tot en met die laaste groeistadium van mielies wanneer stikstofbemesting nog toegedien kan word (dit wil sê by antese) is dit onmoontlik om met enige mate van sekerheid te voorspel of 'n seisoen gaan verloop volgens byvoorbeeld produksiekrommes a, b, c of d in Fig 4. Volgens die resultate is daar slegs marginale voordeel verbonde aan die eksploitering van 'n baie goeie seisoen (vergelyk die marges wat behaal is in die 1980/81 seisoen met 155 en 100 kg N/ha onderskeidelik, in Tabel 3a). Anders gestel, bemesting teen 'n peil wat MEO verseker, is wel in staat om die sogenaamde goeie seisoen grootliks te eksploiteer. Uit Fig 4 kan byvoorbeeld afgelei word dat die optimale N-peil — in hierdie geval 110 kg N/ha — gedurende die eksperimentele periode opbrengste van 5,5, 3, 6,9 en 2,6 ton/ha gelewer het. Hierdie opbrengste verteenwoordig 'n 94 - 96% realisering van maksimum opbrengs in enige seisoen. Daar is uit die data ook sterk aanduidings van oordraging van N reserwes van een seisoen na 'n ander. Dit verklaar waarom opbrengste van 7 tot 9 ton/ha moontlik is met so min as 80 kg/ha in 'n baie goeie seisoen.

Hierdie resultate dui ook op die feit dat 'n verhoging van 'n enkele inset (in hierdie geval stikstof) nie die maksimum opbrengs of MEO kan verander tensy die hele produksiestel verander word nie. 'n Beter kennis van al die produksiefaktore en hul wisselwerkings is dus 'n voorvereiste vir die verdere verhoging van produksie en die verbetering van produktiwiteit. Dit bied groot uitdagings aan landbouwetenskaplikes, wat in die toekoms al meer in multidissiplinêre spanne sal moet saamwerk.

Opsomming

Onder sterk variërende klimaatstoestande kan maksimum ekonomiese opbrengs (MEO) gedefinieer word as daardie opbrengspeil wat oor 'n aantal seisoene die hoogste gemiddelde marge bo koste sal lewer. Die resultate van swak sowel as goeie seisoene behoort in die berekening van MEO geïntegreer te word, aangesien seisoensvariasie kenmerkend van die Suid-Afrikaanse klimaat is.

In 'n mielieproef te Ottosdal (Manganoserie) het maksimum graanopbrengste oor 'n vierjaar periode gevarieer van 2,6 tot 7,1 ton per hektaar. 'n MEO van 4,5 ton/ha teen 'n optimum peil van 110 kg N ha^{-1}. Die MEO onder hierdie toestande is bepaal op 6,75 ton ha^{-1} jr^{-1} teen 'n N-peil van 120 kg ha^{-1}. Die opbrengste wat proefondervindelik behaal word, is baie hoër as produsente opbrengste vir dieselfde periode en op soortgelyke gronde.

Uit die ondersoek is ook aangetoon dat wisselwerking van produksiefaktore in 'n geïntegreerde produksiestelsel 'n groot rol speel by die bepaling van maksimum opbrengs en MEO. Daar bestaan egter groot leemtes in die kwantifisering van spesifikasies vir volledige produksiepakette vir die produksie van die balangrikste gewasse in die verskillende ekosisteme. Meer navorsing, in multidissiplinêre verband, sal in die toekoms in dié verband gedoen moet word.

Verwysings

COOKE, G.W., 1982. Fertilizing for maximum yield. 465 p. Third Edition. Granada London Toronto Sydney New York.

DIJKHUIS, F.J. & DU TOIT, P.S., 1977. Nitrogen fertilization of maize. *Gewasprod.* 6. 45 - 51.

VENTER, G.C.H., 1982. Navorsing oor mieliebemesting. *Misstofver. S. Afr. J. 1.* 23 - 26.

VENTER, G.C.H., 1983. Verslag oor mielieproewe (1981/82). MVSA Publ. nr. 82.

Fertilizer and Realistic Yields — SUMMARY

The present period of poor conditions for crop production — the severe drought and ever-increasing costs of inputs — emphasizes the necessity of planning for maximum economic yields (MEY) over the medium-term under varying climatic conditions.

The question is what objectives the farmer should aim for: should he aim high in order to take advantage of the good years, or should he play it safe by aiming low, and so limit his costs to the lowest possible level?

Research into maize fertilization conducted by Mr Hilmar Venter of the Fertilizer Society of South Africa over a number of years, tends to suggest that the answer might lie between these two extremes.

The statement that a more conservative approach to fertilization should be adopted and to cut costs come what may, is an empty generalisation. It is not based on any proven principles and does not provide any useful guidelines. The farmer should strive to achieve that yield which over a number of varying years will ensure that greatest margin above costs.

In order to achieve this ideal it is desirable to fertilize at a constant level, especially with regard to nitrogen. The quantity will vary from place to place. In an experiment at Ottosdal, for example, it was found that 110 kg N/ha was required for a MEY of 4,5 tons maize per hectare, and in Balfour 120 kg N/ha for a MEY of 6,8 tons per hectare. In practice, however, the MEY's would be somewhat lower.

Such a policy would entail over-fertilization in some years and under-fertilization in others.

The experiments also showed that interaction between all the crop production practices of an integrated production system played an important role in the MEY. These factors had, however, not been sufficiently quantified and much more research would have to be done in this area.