

N. M. de Vos en C. G. Toussaint

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen

De vochtvoorziening van zomergranen
op een droogtegevoelige zandgrond

with a summary

The effect of sprinkling irrigation on the yield of cereals grown
on high sandy soils

1966 *Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdocumentatie*
Wageningen

415626

Dit verslag verschijnt tevens als Mededeling nr. 89 van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (I.C.W.)

Ir. N. M. de Vos is thans werkzaam bij het Proefstation voor de Akker- en Weidebouw te Wageningen

© Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen, 1966

Niets in deze uitgave mag worden veeleelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced and/or published in any form, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publishers.

Inhoud

1	INLEIDING	1
2	BESCHRIJVING VAN DE PROEFOMSTANDIGHEDEN	3
3	RESULTATEN VAN DE BEREKENINGSPROEVEN	4
3.1	Proeven met haver	4
3.2	Proeven met zomergerst	11
3.3	Proeven met zomertarwe	13
3.4	Het opbrengstniveau van de zomergranen	16
4	WATERVERBRUIK VAN DE ZOMERGRANEN	17
5	BEREGENING NAAR VOCHTTEKORT OF NAAR GROEISTADIUM	18
6	BEREIKBARE MEEROPBRENGSTEN	20
	SAMENVATTING	23
	SUMMARY	25
	LITERATUUR	29

1 Inleiding

Op een groot gedeelte van onze zandgronden is het opbrengstniveau van de akkerbouwgewassen aanzienlijk lager dan dat op de kleigronden. De gewassenkeuze is er beperkt en granen nemen meestal meer dan de helft van het bouwland in.

De belangrijkste factor die de opbrengst en de gewassenkeuze op de zandgronden beperkt, is de vochtvoorziening, die in vele gevallen tekort schiet. De met een verbetering daarvan gepaard gaande kosten zijn evenwel alleen verantwoord wanneer van deze maatregel een voldoende rendement kan worden verwacht. Om hierover gegevens te verkrijgen worden sinds 1959 beregeningsproeven uitgevoerd op het proefterrein 'Sinderhoeve' te Renkum, waar o.a. het effect van beregening op de groei en opbrengst van granen, aardappelen, suikerbieten en andere gewassen wordt onderzocht. In dit artikel worden enkele resultaten besproken van de proeven met haver, zomergerst en zomertarwe in de jaren 1959 tot en met 1962. Daarbij zal vooral aandacht worden besteed aan het effect op de opbrengst, het tijdstip van beregening, de neerslagtekorten en de bereikbare meeropbrengsten.

Tabel 1. Gemiddelde waarden van enkele analyse-cijfers

Laag cm	pH-KCl (1958)	Org. stof %	Granulaire samenstelling in % van de minerale delen			
			< 16 μ	16-50 μ	50-150 μ	> 150 μ
0-20	4,5	6,5	10	9	12	69
40-60	4,5	3,3	8	7	9	76
90-120	4,8	0,2	4	1	4	91

Layer cm	pH-KCl (1958)	Org. matter %	Granular composition in % of the mineral parts			
			< 16 μ	16-50 μ	50-150 μ	> 150 μ

Table 1. Mean values of some analysis figures of the soil on the experiment field

Tabel 2. Neerslag, temperatuur en vrij water verdamping (E_o Penman) in de jaren 1959 tot en met 1962 over de periode april tot en met 2e decade van augustus

Jaar	april			mei			juni			juli			augustus	
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
1959	neerslag (mm)													
	30	26	15	6	13	1	4	0	19	31	0	0	12	15
	precipitation													
	temp. ($^{\circ}$ C)													
	8,3	11,4	9,4	10,8	12,9	11,3	14,1	12,7	17,9	18,3	16,5	17,2	18,0	18,3
	E_o (mm)													
	10	22	20	35	42	39	44	52	47	52	52	44	31	33
1960	neerslag (mm)													
	8	4	7	0	10	17	21	14	10	66	21	30	33	71
	precipitation													
	temp. ($^{\circ}$ C)													
	11,0	8,7	6,5	11,9	14,3	11,9	17,0	15,0	16,2	13,8	15,5	15,1	15,3	13,9
	E_o (mm)													
	19	25	22	34	28	29	40	38	43	32	37	30	31	24
1961	neerslag (mm)													
	41	16	32	25	2	16	15	19	7	25	48	15	12	66
	precipitation													
	temp. ($^{\circ}$ C)													
	8,5	10,5	10,7	11,4	9,9	9,3	14,2	13,1	16,7	15,8	14,3	14,1	16,0	14,0
	E_o (mm)													
	15	22	19	30	29	30	33	35	49	40	28	30	31	27
1962	neerslag (mm)													
	55	20	0	19	16	29	0	25	13	15	32	17	33	27
	precipitation													
	temp. ($^{\circ}$ C)													
	6,4	8,5	10,0	10,6	9,9	10,3	12,0	16,6	14,0	13,3	16,2	16,5	16,0	17,0
	E_o (mm)													
	15	18	24	23	25	29	39	37	34	29	28	34	28	31
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
Year	April			May			June			July			August	

Table 2. Precipitation, temperature and open water evapotranspiration (E_o Penman) in the years from 1959 to 1963 in the period from April to the third decade of August

2 Beschrijving van de proefomstandigheden

De bodem van dit proefterrein is te karakteriseren als een heide ontginningsgrond met een zwarte A₁-laag van tamelijk goede kwaliteit en een B-laag die een overgang vormt tussen een humuspodzol-B en een humusijzerpodzol-B. Het profiel is als volgt opgebouwd:

- A₁ 0-30 cm zwart humeus zwak lemig matig grof zand
- B₂ 30-55 cm donkerbruin zwak humeus matig grof zand
- B₃ 55-80 cm lichtbruin zeer grof zand
- C 80-.. cm blond zeer grof zand

Er komen vrij grote verschillen in grindhoudendheid voor. De bovengrond bevat 12-20% leem. Het gehalte aan organische stof van de A₁- en B₂-laag is vrij hoog. Daardoor is ook het vochtbindend vermogen van deze lagen niet al te slecht. Een aantal analyse-resultaten is weergegeven in tabel 1.

De doorwortelbare laag is ongeveer 70 cm dik, de totale hoeveelheid beschikbaar vocht tussen de vochtspanningsgrenzen pF 2,0 en pF 4,2 is 95 mm. De pH-KCl van de grond was bij het begin van de proeven - het terrein werd eind 1958 aangekocht - laag; door bekalking werd de pH van de bovengrond in enkele jaren opgevoerd tot pH-KCl 5 (september 1962).

In tabel 2 zijn gegevens bijeengebracht over de weersomstandigheden in de betreffende jaren. Het eerste jaar van de proeven, 1959, werd gekenmerkt door een hoge potentiële verdamping en een geringe hoeveelheid neerslag in de maanden mei tot en met half juli. In 1960 was april veel droger dan normaal, terwijl er eveneens in mei en juni een groot verdampingsoverschot was. Ook in 1961 ontstond er in mei en juni een vrij groot verdampingsoverschot. In beide jaren viel er in juli vrij veel regen. In 1962 was de neerslag in april en mei aanzienlijk boven normaal, in juni en juli kwam een vrij groot verdampingsoverschot voor.

In de meeste proeven werd de berekening uitgevoerd aan de hand van een bepaling van het vochtgehalte in de bovengrond. Na onttrekking van een vastgesteld deel van het opneembare water werd het bewortelbare profiel weer aangevuld tot veldcapaciteit.

Vochtmonsteringen werden elke week of om de twee weken uitgevoerd en wel van de lagen 0-20, 20-40, 40-60 en 60-80 cm. De vochtbepalingen vonden plaats door wegen en drogen bij 105° C.

3 Resultaten van de beregeningsproeven

3.1 Proeven met haver

In 1959 werd een beregeningsproef genomen met haver (ras Marne). De verschillende behandelingen zijn vermeld in tabel 3.

Dit schema werd opgesteld in overleg met een internationale werkgroep over beregening van de FAO die onder voorzitterschap stond van Prof. Dr. W. BROUWER uit Stuttgart Hohenheim.

Het schema lijkt op dat wat door BROUWER (1961) en medewerkers vaak is toegepast in beregeningsproeven. Dit Duitse onderzoek had voornamelijk tot doel het effect van watertoediening na te gaan in bepaalde groeistadia, om op grond daarvan richtlijnen te kunnen geven voor de praktische toepassing van beregening. Als aan-

Tabel 3. Behandelingen van de haver (ras Marne) in 1959. De beregeningshoeveelheden zijn per tiendaagse perioden weergegeven

Object	mei		juni			juli		Totaal	Beregening bij uitdroging 0-40 cm tot
	II	III	I	II	III	I	II		
1	25	25						50	
2		25	25					50	
3			25	25				50	
4				25	25			50	
5					25	25		50	
6						25	25	50	
7	onberegend (no irrigation)							0	
8	0	50	65	35	40	40	0	230	pF 2,4
9	0	50	0	50	0	0	0	100	pF 3,4
A	onberegend (no irrigation)							0	
B	20	30	55	35	60	0	0	200	
C	0	0	30	45	35	0	0	110	
D	0	0	0	45	35	0	0	80	
	II	III	I	II	III	I	II		
Plot	May		June			July		Total	Sprinkling when 0-40 cm dried out to

Table 3. Depth of irrigation water sprinkled during the various ten day periods in 1959 on oats (variety Marne)

vulling daarop is een aantal objecten opgenomen, waarin werd getracht de beregeningsgiften te regelen aan de hand van het verloop van het vochtgehalte in de grond. De voor- en nadelen van deze methoden worden besproken in hoofdstuk 5, pag. 18.

Het is vanzelfsprekend, dat tengevolge van het grote verdampingsoverschot in 1959, de opbrengst op de niet beregende velden zeer laag was (zie tabel 4).

De hoge verdamping en de geringe hoeveelheid neerslag in mei hadden tot gevolg dat reeds begin juni de eerste verwelkingsverschijnselen optraden, in het begin van de periode van schieten. Doordat ook in de eerste twee decaden van juni praktisch geen regen viel, had het gewas ernstig van droogte te lijden. Dit kwam tot uiting in een geringe halmlengte, een onvolledig uitgroeien van de stengels en in een vervroegd afsterven van de onderste bladeren. Hoewel de grond enkele weken lang over het gehele profiel vrijwel tot verwelkingspunt was uitgedroogd kon toch nog enige bloei en vruchtzetting plaatsvinden. De korrelvulling kon nog tot stand komen dank zij de regen eind juni begin juli (50 mm); uiteraard was het 1000-korrelgewicht laag.

Een voor de grond van het proefterrein goede opbrengst - 4500 kg per ha - werd verkregen bij beregening met in totaal 230 mm, voor granen een uitzonderlijk grote hoeveelheid. Hierbij werd er naar gestreefd het vochtgehalte op een hoog peil te handhaven, maar er kon niet worden voorkomen dat de gestelde uitdrogingsgrens

Tabel 4. Oogstresultaten van haver (ras Marne) in 1959

Object	Beregening (mm)	Opbrengst (kg/ha)			1000 korrelgewicht	Aantal korrels per pluim	Aantal pluimen per m ²	Korrelstro verhouding	Meeropbrengst (kg/ha.mm)	
		korrel	stro	totaal					korrel	totaal
1	50	2070	3260	5330	24,4	36	240	0,63	16	35
2	50	2470	2950	5420	30,1	34	240	0,84	24	37
3	50	2100	3400	5500	32,0	36	182	0,62	16	38
4	50	1890	3940	5830	33,6	31	182	0,48	12	42
5	50	1480	3510	4990	30,0	—	190	0,42	4	28
6	50	1290	2210	3500	28,0	—	—	0,58	—	—
7	0	1280	2300	3580	28,0	29	—	0,56	—	—
8	230	4510	6430	10940	33,8	54	245	0,70	14	32
9	100	3150	4100	7250	30,2	51	205	0,77	19	37
A	—	1360	2600	3960	27,0	27	—	0,52	—	—
B	200	4330	6320	10650	33,4	54	240	0,68	14	32
C	110	2940	5060	8000	35,0	44	—	0,58	14	40
D	80	2240	3560	5800	29,5	32	—	0,63	11	28

Plot	Sprinkling irrigation (mm)	Yield (kg/ha)			1000 kernel weight	Number of kernels per panicle	Number of panicles per m ²	Kernel-straw ratio	Kernel Increase (kg/ha per mm)	
		Kernel	Straw	Total					Kernel	Total

Tabel 4. Yield data of oats (variety Marne) in 1959

neer op dat ogenblik een matig vochttekort optreedt. Vooral in verband met de geringe uitstoeling op zandgrond is behalve een ruime zaaizaadhoeveelheid een goede ontwikkeling van de pluimen essentieel voor een hoge opbrengst. Het is mogelijk,

enkele malen werd overschreden, onder andere door het optreden van sterke wind in verschillende perioden met hoge verdamping, waardoor de berekening niet op tijd kon worden uitgevoerd. De berekening van de opbrengst is daarom gebaseerd op de

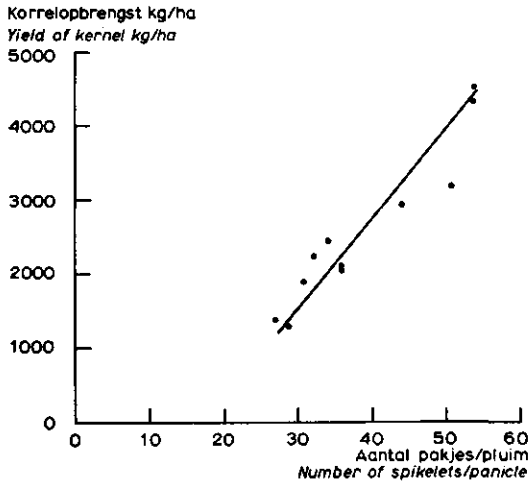


Fig. 2 Verband tussen korrelopbrengst en aantal pakjes per pluim van haver (ras Marne) in 1959

Fig. 2 Relation between the kernel yield and the number of spikelets per panicle of oats (variety Marne) in 1959

Fig. 3 Haver (ras Marne) 1960. Links onberegend, pluim met 30 pakjes; rechts beregend, pluim met 50 pakjes

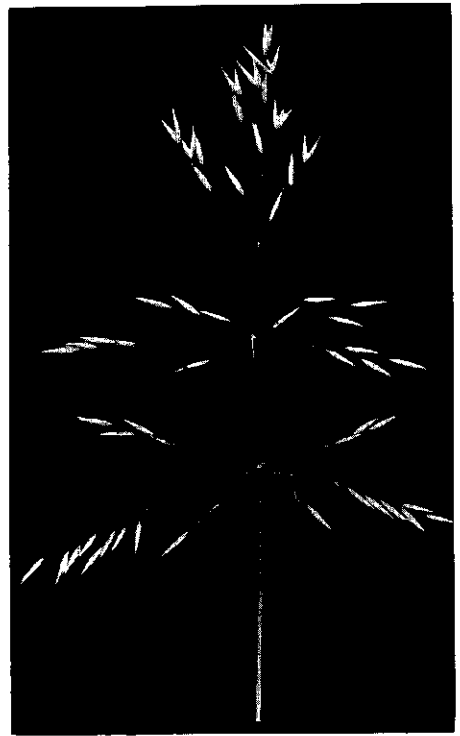
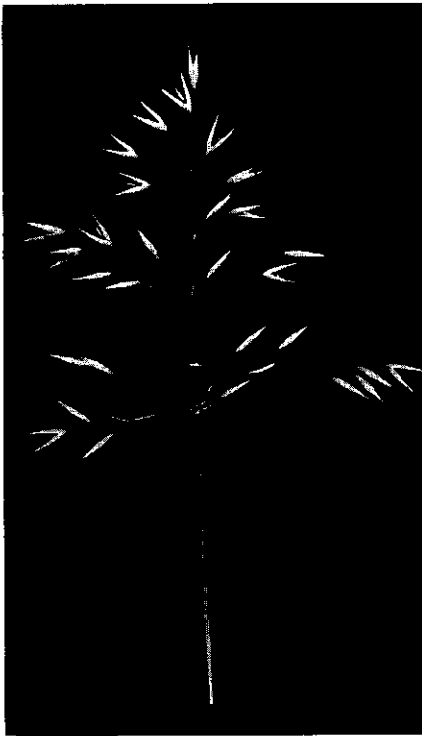


Fig. 3 Oats (variety Marne) 1960. Left: no irrigation, 30 spikelets per panicle; right: irrigated, 50 spikelets per panicle

dat het matige vochttekort, waardoor vooral het vochtgehalte in de bouwvoor daalde, een tekort aan opneembare voedingsstoffen tot gevolg heeft gehad. Dit is immers volgens verschillende onderzoeken van grote invloed op de aar- of pluimvorming.

In 1961 werd een beregeningsproef uitgevoerd met haver op een gedeelte van het proefveld, dat bij regen kon worden afgedekt met verrolbare glaskappen. Hierbij werd berekend wanneer 25% (A), 50% (B), 75% (C) en 100% (D en E) van het opneembaar water in de laag 0-40 cm was verbruikt. De in deze proef verkregen resultaten zijn weergegeven in tabel 5.

Tabel 5. Oogstresultaten van haver (ras Marne) in 1961, tegen neerslag afgedekt

Object	Beregening (mm)	Opbrengst (kg/ha)			1000 korrel gewicht	Aantal pluimen per m ²	Korrelstro verhouding	Meeropbrengst (kg/ha per mm)	
		korrel	stro	totaal				korrel	totaal
A	180	4550	7990	12540	30,4	260	0,57	13	34
B	140	4520	7640	12160	31,5	276	0,59	18	45
C	100	3900	7470	11370	27,8	288	0,52	19	61
D vroeg/early	50	3020	6360	9380	23,2	238	0,47	—	—
E laat/late	45	2840	5120	7960	30,2	256	0,55	—	—

Plot	Sprinkling irrigation (mm)	Yield (kg/ha)			1000 kernel weight	Number of panicles per m ²	Kernel straw ratio	Increase (kg/ha per mm)	
		Kernel	Straw	Total				Kernel	Total

Table 5. Yield data of oats (variety Marne) in 1961, without natural precipitation. Sprinkled when 25% (A), 50% (B), 75% (C), 100% (D and E) of available soil moisture was used

Berekening na 50% verbruik (object B) gaf ten opzichte van de frequente beregening (object A) geen verschil in korrelopbrengst. Wanneer werd berekend na 75% uitdroging (object C) was de korrelopbrengst wel lager, wat vooral op rekening komt van een lager 1000-korrelgewicht. Hierbij moet worden opgemerkt dat in verband met gevaar voor legering na juni niet meer werd beregend, wat het vrij lage korrelgewicht mede heeft veroorzaakt.

Op de velden waar werd beregend bij 100% verbruik (objecten D en E) uit de laag 0-40 cm trad begin juli verwelking op. Twee van de vier velden (object D) werden kort daarna beregend met 50 mm water. In vergelijking met een soortgelijk object in 1959 (object 3), dat bovendien nog van de natuurlijke regenval na de bloei kon profiteren, was de opbrengst ca. 900 kg hoger. Op de twee andere velden (object E) werd beregend met 45 mm, twee weken na de eerste verwelking. Ook hier was de opbrengst veel hoger dan op de min of meer vergelijkbare objecten in 1959

Tabel 6. Toegepaste behandelingen en oogstresultaten van zomergerst (ras Herta) in 1960

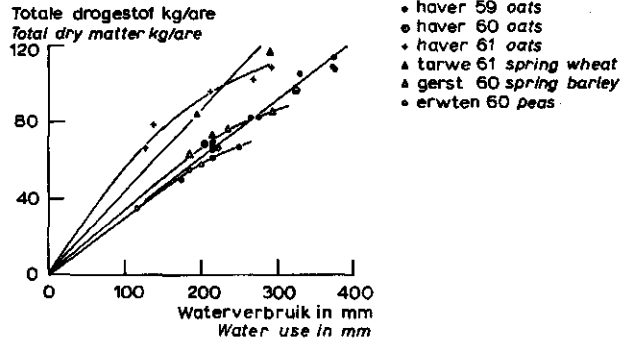
Object	Behandeling	Beregnings- gift (mm)	Opbrengst (kg/ha)		1000 korrel- gewicht per aar	Aantal korrels per aar	Aantal aren per m ²	Korrel- stro verhou- ding	Meer- op- brengst korrel kg/ha mm	Gewas lengte (cm)	
			korrel	stro							totaal
1	Beregning na 30% vochtverbruik uit de laag 0-40 cm <i>Irrigation after 30% water utilization from the layer 0-40 cm</i>	120	3460	3970	41,1	22	370	0,87	8	66	
2	Beregning na 60% vochtverbruik uit de laag 0-40 cm <i>Irrigation after 60% water utilization from the layer 0-40 cm</i>	60	3160	3470	43,5	21	345	0,90	11	60	
3	Beregning na 85% vochtverbruik uit de laag 0-40 cm <i>Irrigation after 85% water utilization from the layer 0-40 cm</i>	30	2680	3220	43,8	21	245	0,83	4	51	
4	Onberegnd <i>No irrigation</i>	0	2460	2680	43,2	20	280	0,92	—	50	
5	Beregning tijdens schieten <i>Irrigation during shooting</i>	50	3300	3550	40,7	21	390	0,93	19	57	
6	Beregning tijdens schieten en bloei <i>Irrigation during shooting and flowering</i>	50	3470	3580	43,3	20	405	0,97	20	59	
7	Beregning tijdens en na de bloei <i>Irrigation during and after flowering</i>	50	2930	3300	42,9	20	340	0,89	5	51	
Plot	Treatment	Sprinkling irrigation (mm)	Kernel	Straw	Total	1000 kernel weight per ear	Number of kernels per ear	Number of ears per m ²	Kernel straw ratio	Increase kernel kg/ha per mm	Crop height (cm)
			Yield (kg/ha)								

Table 6. Treatments and yield data of spring barley (variety) Herta in 1960

(object 3 en 4). De oorzaak hiervan is het veel lagere verdampingsniveau, waardoor het gewas minder sterk werd beschadigd en waardoor per eenheid water aanmerkelijk meer droge stof werd gevormd (zie fig. 4). Vochttekorten zoals hier onder rolkappen werden gerealiseerd doen zich in het vrije veld alleen voor bij lage regenval of hoge verdamping. De in fig. 4 voor haver gegeven lijnen voor 1959 en 1961 kunnen dan ook als extremen worden beschouwd.

Fig. 4 Verband tussen waterverbruik en productie van droge stof, van begin mei tot de oogst, voor verscheidene gewassen in diverse jaren

Fig. 4 Relation between water use and dry matter production, from begin May to harvest, of various crops in some years



3.2 Proeven met zomergerst

In 1960 werd een beregeningsproef uitgevoerd met zomergerst (ras Herta)). Hierbij werd de beregening geregeld naar de mate van uitdroging van de grond dan wel naar het groeistadium van het gewas.

De toegepaste behandelingen en de oogstresultaten zijn vermeld in tabel 6.

Het opbrengstniveau lag ver onder dat van haver. Voor een belangrijk deel werd dit veroorzaakt door te lage pH (pH-KCl 4,6), zowel van de boven- als van de ondergrond. Daarnaast kwam meeldauw voor waardoor tijdens de periode van korrelvulling een deel van het blad vervroegd tot afsterving kwam. Het verschil in opbrengst tussen object 1, dat de grootste regenhoeveelheid kreeg en het onberegende veld laat zien, dat er een vrij ernstige verdroging optrad.

Beregening na 30% verbruik uit de laag 0-40 cm leverde wel de hoogste opbrengst maar het geringe effect, uitgedrukt in kg/ha per mm, toont wel dat hier sprake is van overberegening. Er werd bij deze behandeling tweemaal beregend vóór het schieten, éénmaal tijdens het schieten en éénmaal tijdens de bloei. Na die tijd viel er voldoende neerslag. De beregening vóór en tijdens het schieten heeft een relatief sterke vegetatieve ontwikkeling tot gevolg gehad, wat tot uiting komt in de hogere stro-opbrengsten. Met één gift van 50 mm tijdens het schieten (obj. 5) of bij het zichtbaar worden van de aren (obj. 6) werd een slechts weinig lagere, respectievelijk een gelijke korrel-

opbrengst bereikt. In dit geval werd beregend nadat 50 respectievelijk 60% van de beschikbare vochtvoorraad in de bovenlaag was verbruikt.

Op de objecten waar berekening na 60% verbruik volgde, was de opbrengst aanzienlijk lager dan bij de objecten 1 en 6. De eerste beregeningsgift viel hier kort vóór het schieten (35 mm), maar de tweede gift kon door een periode met sterke wind niet tijdig worden toegediend. Deze kon pas tijdens de bloei worden gegeven. Hierdoor daalde tijdens het schieten het vochtgehalte van de grond beneden de gestelde grens en werd pas beregend nadat 80% van het vocht uit de bovengrond was verbruikt. In een periode van hoog waterverbruik overschrijdt dit blijkbaar de grens waarbij schade aan het gewas begint op te treden. Deze schade uitte zich vooral in een vervroegd afsterven van een deel van het blad en in een geringer aantal volwaardige aren. Op een aantal velden waar pas na de bloei voor het eerst werd beregend (obj. 7) kwam dit nog sterker tot uiting.

In een tweede proef met zomergerst, eveneens uitgevoerd in 1960, is nagegaan welke opbrengstverhoging kan worden verkregen door combinatie van berekening en al dan niet gedeelde stikstofbemesting. De hoofdbehandelingen waren beregend en onberegend met als onderverdeling 3 N-trappen, namelijk 30, 60 en 90 kg N per ha als voorraadbemesting (N_v) en 3 N-trappen waarin een deel van de stikstof aan het eind van de periode van schieten werd toegediend (N_L), namelijk: 30 N_v ; 60 N_v ; 90 N_v ; 30 N_v + 30 N_L ; 30 N_v + 60 N_L ; 60 N_v + 30 N_L .

Er werd vijfmaal beregend met in totaal 130 mm water. Zoals bij de hiervoor beschreven gerstproef is opgemerkt, was deze hoeveelheid groter dan noodzakelijk was; in ieder geval is over het gehele groeiseizoen de watervoorziening ruim voldoende geweest.

Tabel 7. Opbrengstgegevens van zomergerst (ras Herta) in 1960

Bemesting (kg N per ha)	Opbrengst (kg/ha)			
	korrel		stro	
	beregend	onberegend	beregend	onberegend
30 N_v	2990	2240	2750	1860
30 N_v + 30 N_L	3380	2670	3050	2010
60 N_v	3500	2470	3270	2050
30 N_v + 60 N_L	3750	2390	3970	2120
60 N_v + 30 N_L	3860	2840	3550	2230
90 N_v	3650	2280	3650	2190
	<i>irrigated</i>	<i>not irrigated</i>	<i>irrigated</i>	<i>not irrigated</i>
	<i>kernel</i>		<i>straw</i>	
<i>Fertilizer</i> (kg N per ha)	<i>Yield (kg/ha)</i>			

Table 7. Yield data from spring barley (variety Herta) in 1960. N_v = basic dressing; N_L = fertilizer at end of shooting

Het beregende gewas vertoonde een aanmerkelijk grotere reactie dan het onberegende gewas. Zoals in tabel 7 is weergegeven wordt de hoogste opbrengst bij niet-beregende gerst bereikt bij de gift van 90 kg N per ha (60 vroeg + 30 laat), bij de beregende gerst is 90 kg N per ha waarschijnlijk nog niet optimaal geweest. Legering trad slechts in geringe mate op, hoewel toepassing van beregening na het in de aar komen het legeringsgevaar deed toenemen.

Deling van de stikstofgift gaf bij dezelfde totale hoeveelheid bij toepassing van beregening slechts een geringe meeropbrengst. Bij het onberegende gewas blijkt de gedeelde gift juist zeer gunstig te werken. Dit is geheel in overeenstemming met de resultaten van VAN DOBBEN (1958) voor rogge op verdrogende zandgrond. Een overbemesting bij een voorraadbemesting die onder de optimale gift lag, leverde uiteraard een wat grotere meeropbrengst ($60 N_v$ ten opzichte van $60 N_v + 30 N_L$).

Een aanvankelijk licht stikstoftekort kan bij gerst dus door een latere N-gift worden goedge maakt en is een goede methode om het legeringsgevaar te verminderen zonder dat de opbrengst hieronder behoeft te lijden.

De beregening heeft het effect van late stikstofgiften niet verhoogd. Dit is een gevolg van het feit, dat zowel vocht als stikstof in dezelfde richting werken, namelijk een na de bloei langer groen blijven van de voor de korrelvulling belangrijke plantdelen.

3.3 Proeven met zomertarwe

Op een zandgrond van zo matige kwaliteit als die van het proefterrein is zomertarwe een ongebruikelijk gewas. In 1961 werd ter oriëntering een perceel met zomertarwe (Peko) ingezaaid, waarvan een gedeelte werd beregend. De opbrengst van het beregende deel was 4500 kg/ha, van het onberegende gedeelte 3000 kg/ha. De ontwikkeling van zomertarwe is langzamer dan van de andere zomergranen; dit blijkt ook uit de gegevens over het waterverbruik (zie fig. 5).

Er werd driemaal beregend met in totaal 120 mm, waarbij de laatste gift kort voor een periode met veel regen werd toegediend. Het beregeningseffect was daardoor tamelijk gering, namelijk 12,5 kg/ha per mm.

Bij het onberegende gewas trad tijdens het zichtbaar worden van de aren, tijdens de bloei en de daarop volgende week tijdelijke verwelking op gedurende een periode met overwegend hoge temperatuur (20/6-5/7), met als gevolg een daling van het aantal korrels per aar; de bovenste korrels in de aar verdroogden (zie fig. 6). De versnelde afsterfing begon op te treden nadat ca. 75% van het opneembaar water uit de laag 0-40 cm was verbruikt en nam snel toe tijdens de periode waarin verwelking optrad. De vergeling van de bladeren had plaats van onder naar boven, doch ook bij het onberegende gewas bleven nog voldoende groene delen over voor een redelijke korrelvulling.

In de periode waarin verwelking voorkwam, namelijk van 20 juni tot 4 juli verminderde het vochtverbruik door het gewas sterk, namelijk tot gemiddeld 1,5 mm per

voorziening een sterke vegetatieve ontwikkeling in de hand gewerkt met als gevolg een overmaat aan blad en stengeloppervlak tijdens de korrelvulling.

Gedurende een korte periode in begin juli daalde het vochtgehalte van de grond vrij sterk, zodat uit de bovenlaag ongeveer 85% was verbruikt. Deze relatief droge periode duurde maar kort en had nauwelijks enig effect op de opbrengst.

3.4 Het opbrengstniveau van de zomergranen

Met beregening werd bij haver, zomergerst en zomertarwe in de meeste jaren een grote opbrengstverhoging verkregen. Tabel 9 geeft hiervan een overzicht.

Op de beregende velden werd een redelijk opbrengstniveau bereikt, maar dit is zeker nog niet het maximaal bereikbare op deze grond. De stand van de gewassen is steeds wat aan de holle kant geweest. Dit geldt vooral voor de gerst en de tarwe, waarvan de bladontwikkeling vooral in de latere groeistadia minder was dan op de betere gronden het geval was.

Een eerste vereiste voor een goed beregeningsrendement is een potentieel hoog opbrengstniveau. In latere proeven is op het proefterrein een opbrengst van haver van rond 6200 kg/ha, van zomergerst rond 5700 kg/ha en van zomertarwe rond 5500 kg/ha gerealiseerd door verhoging van de zaaizaadhoeveelheden.

Tabel 9. Opbrengstniveau bij beregende en onberegende zomergranen in 1959 tot en met 1962

Gewas	1959		1960		1961		1962	
	ber.	onber.	ber.	onber.	ber.	onber.	ber.	onber.
Haver (Marne)	4500	1300	4000	3000	4500	—	—	—
<i>Oats</i>								
Zomergerst (Herta)			3500	2500	—	—	5400	4200
<i>Spring barley</i>								
Zomertarwe (Peko)					4500	3000		
<i>Spring wheat</i>								
Zomertarwe (Jufy I)							5400	5000
<i>Spring wheat</i>								
	irr.	not irr.	irr.	not irr.	irr.	not irr.	irr.	not irr.
<i>Crop</i>	1959		1960		1961		1962	

Table 9. Level of yield from cereals with and without sprinkling irrigation in 1959 to 1963

4 Waterverbruik van de zomergranen

In de hiervoor beschreven beregeningsproeven werd door wekelijkse of tweewekelijkse grondbemonstering het verloop van het vochtgehalte nagegaan. Over een aantal perioden werd uit vochtgehalte- en regencijfers de verdamping⁷ berekend.

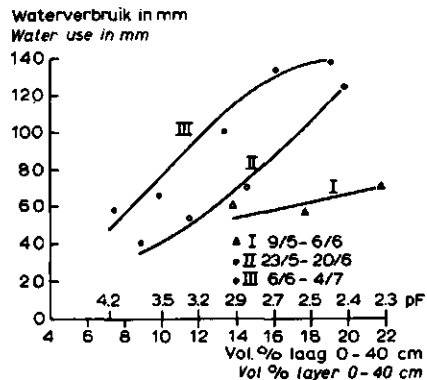
In fig. 5 is het verloop van de verhouding van het waterverbruik en de volgens de Penman-formule berekende verdamping (E_0) weergegeven voor voortschrijdende vierweekse gemiddelden. De velden met haver, zomergerst en zomertarwe werden goed van water voorzien. De stijging in mei voor haver en zomergerst moet worden toegeschreven aan de toenemende grondbedekking en de toenemende gewashoogte, de daling na juni is een gevolg van de afname in verdampend oppervlak bij de rijping. Zoals reeds genoemd komt zomertarwe later tot ontwikkeling. De verdamping van dit gewas heeft een soortgelijk verloop. De cijfers moeten worden gezien als geldig voor gewassen, die het grootste deel van de groeiperiode potentieel kunnen verdampen.

Dat de verdamping van gerst lager ligt dan van haver kan een gevolg zijn van de geringere gewas lengte en de geringere bladrijkeid.

In fig. 7 is voor haver voor een aantal perioden het verband aangegeven tussen gemiddeld vochtgehalte van de laag 0-40 cm en het vochtverbruik. Bij lage E_0 (periode I) blijkt het vochtgehalte tot een vrij laag niveau te kunnen dalen zonder dat een belangrijke reductie van de verdamping optreedt. Bij hogere E_0 -waarden (periode II en III) wordt een sterkere reductie gevonden. Dit is in overeenstemming met de resultaten van BIERHUIZEN (1958) en HALLAIRE (1961). Het is een gevolg van het feit, dat bij hoge E_0 de toestromingssnelheid van vocht naar de wortels en de wortelgroei zelf sterk afnemen bij toenemende vochtspanning.

Fig. 7 Verband tussen waterverbruik van haver in 1961 en het vochtgehalte, resp. de vochtspanning (μF), in de laag 0-40 cm gedurende drie perioden

Fig. 7 Relation between water use of oats in 1961 and moisture content, respectively the moisture tension (μF), in the layer 0-40 cm during three periods



6 Bereikbare meeropbrengsten

Een schatting van de grootte van de neerslagtekorten en de frequentie van optreden daarvan kan worden verkregen met behulp van gegevens over neerslag en verdamping over een reeks jaren. Over de periode 1933 tot en met 1957 werd per decade het verdampingsoverschot berekend voor het tijdvak 20 april tot en met 10 juli. Daarvoor werden cijfers over regenval en verdamping van het KNMI-station te Gemert gebruikt. Deze plaats werd gekozen omdat van dit station decade-gegevens voorhanden waren. De omgeving is een goed vergelijkbaar gebied op zandgrond. Aangenomen is dat vóór 20 april geen vochttekort optreedt en dat berekening na 10 juli bij zomergranen niet wordt toegepast. De verdampingscijfers werden gereduceerd volgens de in fig. 5 aangegeven lijn, die aansluit bij de gegevens verkregen op velden, die goed van water waren voorzien.

In fig. 8 zijn voor een aantal tijdstippen de cumulatieve frequenties weergegeven waarmee bepaalde vochttekorten op hoge zandgronden kunnen worden verwacht. Bij de beoordeling hiervan moet uiteraard nog een zekere voorraad aan bodemvocht in rekening worden gebracht, die kan worden verbruikt zonder dat schade aan het gewas optreedt. Op gronden waar moet worden berekend nadat 50 à 60 mm aan

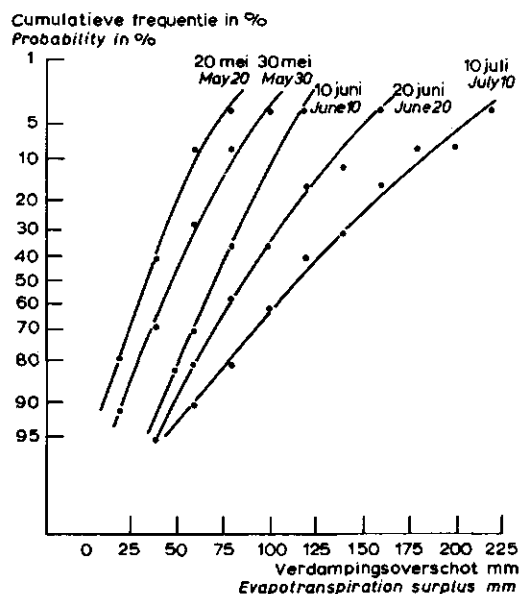


Fig. 8 De waarschijnlijkheid van het optreden op droogtegevoelige zandgronden van een verdampingsoverschot op verschillende data in de groeiperiode van zomergranen

Fig. 8 The probability of the occurrence of an evapotranspiration surplus on high sandy soils at various dates in the growth period of cereals

de grond is onttrokken, zoals dit ook voor het proefterrein geldt, is in 5 van de 10 jaren omstreeks eind mei deze grens reeds overschreden, in de eerste helft van juni zelfs in 7 van de 10 jaar. In de periode van schieten en in de aar komen kan in de meeste jaren een goed effect van beregening worden verwacht. Naarmate het toelaatbare verdampingsoverschot groter is neemt ook de noodzaak van beregening tijdens de periode van schieten in frequentie af. Bij een toelaatbaar verdampingsoverschot van 100 mm, dat zich voordoet op een profiel met ca. 160 mm opneembaar water, is dit nog maar in 1 à 2 maal op de 10 jaar nodig.

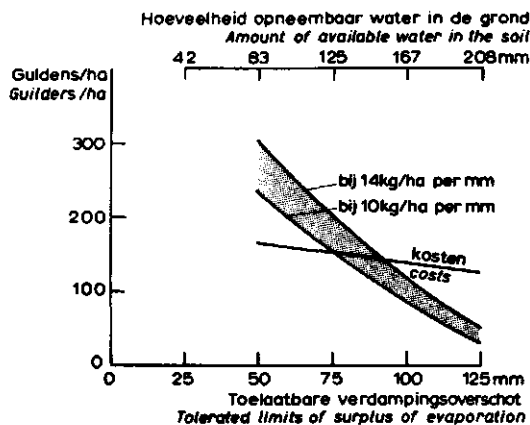
Het effect van de beregeningsgiften loopt voor de verschillende jaren sterk uiteen, mede afhankelijk van het vochttekort waarbij werd beregend, en het weersverloop na de toediening van het water. Voor de gevallen, waarin werd beregend bij 50 à 60% verbruik uit de laag 0-40 cm varieerde dit van 5 tot 24 kg korrel/ha per mm. Ook de resultaten van BAARS (1957) geven zeer uiteenlopende resultaten, namelijk van 0 tot 19 kg korrel/ha per mm bij zomergerst en van 4 tot 12 kg korrel/ha per mm bij haver. Hetzelfde geldt ook voor proeven van BROUWER (1959) die in 1959 bij zomergerst een meeropbrengst van 4 tot 19 kg korrel/ha per mm vond en bij haver een meeropbrengst van 8 tot 21 kg korrel/ha per mm.

Het verband tussen waterverbruik en opbrengst aan droge stof (fig. 4) geeft aan, dat indien de vergroting van het waterverbruik gelijk is aan de grootte van de beregeningsgift, een effect van 30 tot 40 kg totale droge stof/ha per mm kan worden verwacht. Dit komt overeen, bij een gemiddelde korrel-stro-verhouding met een meeropbrengst van 12 tot 16 kg korrel/ha per mm.

Uit de cijfers over het gesommeerde verdampingsoverschot kan worden berekend welke regengiften moeten worden toegediend, wanneer bepaalde grenzen aan het toelaatbare verdampingsoverschot, dus aan de uitputting van de vochtvoorraad in

Fig. 9 De op hoge zandgronden bereikbare bruto meeropbrengst van zomergranen in guldens/ha (gerekend met gemiddeld 1 kg = f 0,25) bij een beregeningseffect van 14 kg korrel/ha per mm, respectievelijk 10 kg korrel/ha per mm en de kosten van beregening in guldens/ha, in verband met het toelaatbare verdampingsoverschot in mm

Fig. 9 The gross yield increase of cereals in Du. glds/ha (assumed 1 kg = Du. gld 0.25) on high sandy soils when an effect of sprinkling irrigation of 14 kg kernel/ha per mm, respectively 10 kg kernel/ha per mm, is reached and the costs of sprinkling irrigation in Du. glds/ha, in relation with the evaporation surplus that can be tolerated



de grond, worden gesteld. Voor de hierboven genoemde normen voor het beregeningseffect is in fig. 9 deze meeropbrengst weergegeven in afhankelijkheid van het toelaatbare verdampingsoverschot. Bij deze berekening is dus aangenomen dat steeds wordt berekend bij de gestelde grenzen en dat dan de genoemde effecten per mm bereikt worden. Verder is ook een kostenlijn voor de beregening aangegeven, waarbij de vaste kosten op *f* 120 per ha zijn gesteld en de variabele kosten op *f* 0,60 per mm. Uit fig. 9 blijkt tevens dat beregening alleen winst oplevert wanneer het toelaatbare neerslagdeficit ligt beneden 75 à 100 mm, afhankelijk van het gemiddelde beregeningseffect. De graanprijs is gesteld op 25 gulden per 100 kg.

Onder praktijkomstandigheden zullen deze grenzen ongetwijfeld lager liggen omdat niet altijd tijdig wordt beregend en omdat juist op de droogste gronden het opbrengstniveau door verschillende oorzaken aanzienlijk lager ligt dan in de beregeningsproeven het geval was, waardoor mogelijk ook het gemiddeld rendement lager zal zijn.

Nu is het de vraag hoe men de kosten van de beregening van granen wil toerekenen. Indien de capaciteit van de regeninstallatie in hoofdzaak wordt berekend naar de oppervlakte grasland en hakvruchten, omdat de granen worden beregend in de periode waarin de hakvruchten nog geen vochttekort hebben, is ook op beter vocht houdende gronden beregening van granen in sommige jaren de moeite waard, omdat de variabele kosten ten opzichte van de vaste kosten laag zijn.

Wanneer de kosten wel geheel in rekening worden gebracht aan de granen moet de gemiddelde jaarlijkse opbrengstverhoging meer dan 600 kg korrel per ha zijn. Een dergelijk beregeningseffect kan alleen worden bereikt op gronden met minder dan 100 mm beschikbaar vocht.

Samenvatting

Van 1959 tot en met 1962 werden beregeningsproeven uitgevoerd met haver, zomergerst en zomertarwe op de droogtegevoelige zandgrond van het proefterrein 'Sinderhoeve' te Renkum.

Door de hoge potentiële verdamping en de geringe hoeveelheid neerslag leverde de beregeningsproef met haver in 1959 extreme verschillen op. Zonder beregening was de opbrengst slechts 1280 kg korrel per ha, met beregening was de hoogst bereikte opbrengst 4500 kg korrel per ha. De meer-opbrengst was hier 14 kg korrel/ha per mm. De opbrengstverliezen door droogteschade bij haver kwamen vooral voort uit een vermindering van het aantal pakjes per pluim en in mindere mate ook uit een geringer aantal pluimen per oppervlakte-eenheid en een lager korrelgewicht. Er werden aanwijzingen verkregen, dat bij een matig vochttekort tijdens het begin van het schieten het aantal pakjes reeds sterk vermindert.

Bij zomergerst werden eveneens belangrijke meeropbrengsten verkregen. Aanvulling van het vochttekort na 30% verbruik gaf in 1960 wel een goede opbrengst, maar een laag rendement. Dit geldt ook voor de velden waar werd beregend na een verbruik van 60% van de vochtvoorraad uit de laag 0-40 cm. Een hoog rendement (19 kg korrel/ha per mm) werd in 1960 verkregen met één gift van ca. 50 mm tijdens het schieten of zichtbaar worden van de aren.

De schade door droogte aan het gewas zomergerst uitte zich vooral in een vroegd afsterven van een deel van het blad en in minder volwaardige aren. Bij beregening bleek het gewas sterker op stikstof te reageren dan zonder beregening. De hoogste opbrengst werd na een voorraadbemesting van 60 kg N per ha bij niet beregende gerst bereikt bij een overbemesting van 30 kg N per ha, bij de beregende gerst, die een meeropbrengst ten opzichte van onberegend van ruim 1000 kg korrel/ha had, zijn deze giften waarschijnlijk nog niet optimaal geweest. Een aanvankelijk licht stikstoftekort kan door een latere stikstofgift worden goedgeemaakt, waardoor tevens het gevaar voor legering vermindert.

Met zomertarwe werden met beregening ook goede resultaten bereikt en kon een meeropbrengst van 1500 kg korrel/ha worden verkregen. Droogteschade uitte zich vooral in een verdroging van de bovenste korrels in de aar. Ook bij zomertarwe bleek, dat een matige stro-ontwikkeling tengevolge van vochttekort in de periode van schieten wel resulteerde in een lagere stro-opbrengst, maar niet in een lagere korrel-opbrengst.

De grens, tot waar het vochtgehalte kan dalen zonder dat voor zomergranen een verlaging van de korrelopbrengst optreedt, kan niet met een enkel getal worden aan-

gegeven. Uit de proeven is gebleken, dat beregening bij een verbruik van minder dan 50% van de vochtvoorraad in de laag 0-40 cm geen verhoging van de korrel-opbrengst tot gevolg had. Bij een onttrekking van 70 à 80% van de vochtvoorraad werd een versnelde afsterfing van de bladeren geconstateerd. Als een veilige norm kan op grond van het voorgaande een toelaatbaar verbruik van 60 à 70% uit de laag 0-40 cm worden beschouwd. Voor de bodem van het proefterrein komt dit overeen met een vochtverbruik van ca. 50-55 mm.

De methode van beregening op het vochttekort in de grond verdient ongetwijfeld de voorkeur boven de methode, waarbij de beregening wordt afgestemd op het groei-stadium van het gewas.

Met behulp van gegevens over neerslag en verdamping over een reeks van jaren kan worden gesteld, dat op droogtegevoelige zandgronden een vochtonttrekking van 50 à 60 mm in 5 van de 10 jaren omstreeks eind mei reeds is overschreden en in de eerste helft van juni zelfs in 7 van de 10 jaar.

Het effect van de beregeningsgiften loopt sterk uiteen en hangt af van het vochttekort waarbij werd beregend en van het weersverloop na de toediening van het water. Een totaaleffect van 30 tot 40 kg totaal droge stof/ha per mm kan worden verwacht. Bij een gemiddelde korrel-stro-verhouding komt dit overeen met een meer-opbrengst van 12 à 16 kg korrel/ha per mm.

Wordt de meeropbrengst weergegeven in afhankelijkheid van het toelaatbare verdampingsoverschot, dan blijkt dat beregening alleen winst oplevert, wanneer het toelaatbare overschot ligt beneden 75 à 100 mm, dus wanneer de maximale hoeveelheid opneembaar water in de grond minder is dan 125 á 165 mm.

Wanneer de kosten van de beregening geheel in rekening worden gebracht op het graan, moet de gemiddelde jaarlijkse opbrengstverhoging meer dan 600 kg korrel per ha zijn.

Summary

During 4 years, starting in 1959, sprinkling irrigation experiments were carried out on the experimental field 'Sinderhoeve' of the Institute for Land and Water Management Research (Netherlands). The soil of this field is a reclaimed heathsoil with 6.5% organic matter in the top soil (see table 1). Root penetration is approximately 70 cm. The total amount of available water is 95 mm in the top layer of 0-40 cm 70 mm. The climatic circumstances during the experiment are given in table 2.

Very large effects were obtained in the experiment with oats in 1959, a year with extremely high evapotranspiration and low rainfall conditions. The various treatments are given in table 3. The grain yield was 1280 kg per ha without irrigation, whereas a yield of 4500 kg per ha could be obtained with irrigation (see table 4 and figs. 1, 2 and 3). In this case the irrigation effect was 14 kg grain/ha per mm depth of applied water. Irrigation with 2 x 25 mm with an interval of about 10 days, but in various growth periods gave large differences in effect. An effect of 24 kg kernel/ha per mm could be reached with irrigation in the earlier growth stages. Later applications after periods of large moisture stress gave smaller irrigation effects.

The recuperative capacity of oats proved to be large, even during the period of shooting. An irrigation effect of 14 kg kernel/ha per mm was obtained even in the case of applying irrigation water after a prolonged period of practically total depletion of the soil moisture. Damage by drought resulted particularly in a decrease of the number of spikelets and to a lesser extent in a decreased number of panicles and a lower kernel weight. The development of a sufficient number of panicles is essential for a good yield, especially in connection with the rather low tillering capacity of cereals on sandy soils. There were indications that even a moderate soil moisture deficit could reduce the number of spikelets considerably when occurring in the beginning of the shooting period. The influence on yield of a temporary soil moisture deficit is much smaller under conditions of low evapotranspiration. Nevertheless, large irrigation effects can be obtained under such conditions as well.

A second experiment with oats was made in 1961 (for the treatments and results see table 5). The total dry matter production of the crops in the experiments are given in fig. 4. The total dry matter yield of oats was better in 1961 than in 1959, because evapotranspiration was lower in 1961 and per mm water more dry matter was produced.

With spring barley large increases in kernel yield were obtained as well (for the

treatments see table 6). Supplying water after 30% depletion in the top 40 cm of the soil resulted in a good yield but with a low irrigation effect. This held true also, where irrigation water was applied after depletion of 60% of the soil moisture. A large effect was obtained with a depth of water of 50 mm during the shooting stage or at the time of emerging of the ear. In these cases the yield of straw was not at a maximum, but a somewhat reduced straw development proved to be sufficiently effective to reach the maximum grain yield under the prevailing conditions. Irrigation at a later growth stage resulted in a lower yield. Damage by drought demonstrated itself particularly in an earlier yellowing of the upper leaves and a reduced number of full-grown ears.

Not-irrigated spring barley proved to react in a second experiment much more on nitrogen than the irrigated crop (see table 7). With early application of all nitrogen the maximum yield was reached at 60 kg N without irrigation, whereas the maximum yield was not reached even with 90 kg N for the irrigated crop. A temporarily small nitrogen deficit could be made up for a later extra gift of nitrogen, this splitting up of the nitrogen gift decreases the danger of lodging.

With spring wheat good results were found, especially in 1962 (see table 8). Damage by drought showed itself by a desiccation of the upper part of the ear (fig. 6). As was found for barley, the maximum grain yield could be obtained with irrigation at a much lower level than would be needed for an optimum yield of straw.

The yield level of all the crops in the experiment is given in table 9. For several years it was found that the transpiration of a crop was higher than the calculated E_0 -value during the period of maximum development (fig. 5). At low E_0 -values (fig. 7, period I) the moisture content of the soil may decrease to a rather low level, before an important reduction of the transpiration occurs. It is therefore impossible to indicate an exact limit to which the moisture content of the soil may be lowered without any damage to the crop. Applying irrigation water before 50% of the stored moisture was used did not result in an increased grain yield. At a depletion of 70 to 80% of the soil moisture in the layer 0 to 40 cm a quicker yellowing of the leaves was in some cases observed. Thus a safe norm would be to irrigate after a depletion of 60 to 70% of the available moisture.

By means of data on precipitation and calculated open water evaporation of a meteorological station (corrected for the experiment field according fig. 5) it could be concluded (see fig. 8), that a depletion of 50 to 60 mm will be reached in 5 out of 10 years at the end of May and in 7 out of 10 years in the first half of June. The first irrigation gift will therefore generally coincide with the first half of the shooting period.

The irrigation effect varied widely and depends on the soil moisture deficit at which irrigation water was applied and the weather conditions after application. A total effect of 30 to 40 kg total dry matter/ha per mm can, however, be reached. This means a yield increase of 12 to 16 kg kernel/ha per mm at an average kernel-straw ratio.

On the basis of the given norms the obtainable yield increased can be estimated

(fig. 9). Irrigation of only cereals proves to be economically feasible if the to be tolerated rainfall deficit lies below 75 to 100 mm. Application of irrigation will then result in a yield increase of approximately 20%, but in many cases this would be only attractive to the farmer if other crops as late catch crops can be irrigated with the same equipment.

Literatuur

- ARCHBOLD, H. K. 1942 Physiological studies in plant nutrition XIII. Experiments with barley on defoliation and shading of the ear in relation to sugar metabolism. *Ann. Bot. N.S.* 6: 488-531.
- BAARS, C. 1957 Kunstmatige beregening en de toepassing daarvan. *Landbk. Tijdschr.* 69, 12: 1009-1021.
- BIERHUIZEN, J. F. 1958 Some observations on the relation between transpiration and soil moisture. *Neth. Journ. Agric. Sci.* 6, 2: 94-99.
- BOONSTRA, A. E. H. R. 1929 Invloed van de verschillende assimilerende delen op de korrelproductie bij Wilhelminatarwe. Meded. Landbouwhogeschool 33, 3
- BROUWER, W. 1959 Die Feldberegung. 4e Auf. D. L. S. Verlag, Frankfurt/M.
- CSERATZKI, W. 1959 Einsatz der Feldberegung in Niedersachsen nach der Völkenrodermethode. *Wasser und Nahrung* 2: 73-77
- DOBEN, W. H. 1958 Resultaten van proefnemingen met late stikstofverbemesting in 1958. *Stikstof* 22, 2: 327-338.
- HALLAIRE, M. 1961 Irrigation et utilisation des réserves naturelles. *Annales Agronomiques* 12, 1: 87-87.
- HELLINGS, A. J. 1958 Resultaten van beregeningsproeven in Noord-Limburg. Meded. I.C.W. 5
- JONKER, J. J. 1961 Over de invloed van de strooitijd van stikstofmeststof op de opbrengst van granen in de IJsselmeerpolders. Flevo Ber. A. 26
- M.A.F.F. 1961 Technical Bulletin No. 4
- PAAUW, F. VAN DER 1949 Water relations of oats with special attention to the influence of periods of drought. *Plant and Soil* 1, 4: 303-341.
- PORTER, H. K., N. PAL and R. V. MARTIN, 1950 Physiological studies in plant nutrition XV. Assimilation of carbon by the ear of barley and its relation to the accumulation of dry matter in the grain. *Ann. Bot. N.S.* 14: 55-68
- TOUSSAINT, C. G. 1962 Beregeningsproef met zomertarwe. Nota I.C.W. 221