

NN31545.1140

A 1140

november 1979

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ONDERZOEK NAAR DE OORZAKEN VAN TE LAGE

TARWEOPBRENGSTEN OP LICHTER GRONDEN

DE WATERHUISHOUDING

ing. W.B. Verhaegh

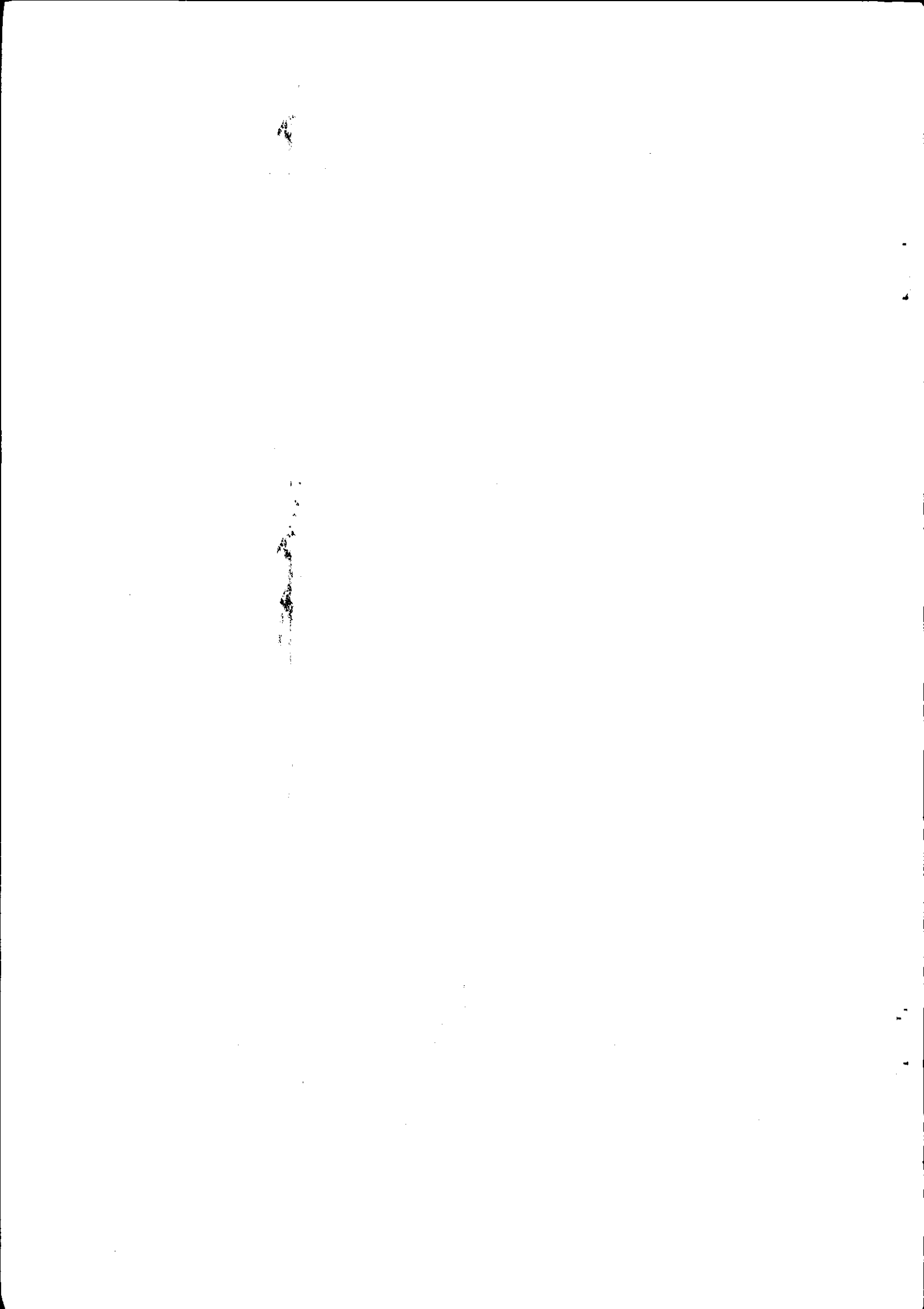
**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking.

ISBN 119494-02



I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. PROEFOPZET EN MEETPROGRAMMA	2
2.1. Proefopzet	2
2.2. Meetprogramma	3
3. RESULTATEN	4
3.1. Vochtgehaltemetingen met behulp van de gamma transmissie methode	4
3.2. De grondwaterstanden	8
4. VERDAMPING VAN HET GEWAS	8
4.1. De actuele verdamping van het gewas	8
4.2. Berekening van de potentiële verdamping van het gewas	9
4.3. De open waterverdamping	11
4.4. De resultaten van verdampingsonderzoek	11
5. GEWASPRODUKTIE	12
5.1. Gemeten gewasproduktie	12
5.2. Berekende gewasproduktie	17
5.3. Gemeten gewasproduktie en verdamping	23
6. SAMENVATTING EN CONCLUSIE	23
7. LITERATUUR	24

1. INLEIDING

Met de bedoeling de graanteelt financieel aantrekkelijk te maken, waardoor een ruimer bouwplan valt te realiseren, werd in 1977 op het proefbedrijf „Vredepeel" een onderzoek gestart met wintertarwe op lichte zandgrond.

In die zin moet het onderzoek inzicht verschaffen, in de mate waarin de groeifactoren dienen te worden beïnvloed, voor het verkrijgen van een maximale opbrengst. Om het optimale opbrengstniveau te berekenen zal achteraf een economische analyse nodig zijn.

Ondanks een moderne teelttechniek, onder andere een goede stikstofverdeling over het groeiseizoen en een goede ziektebestrijding, blijft de tarweopbrengst op de lichte zandgronden duidelijk achter bij die op kleigrond. Tot de bloei is de stand van het gewas vaak veel belovend, maar daarna sterft het meestal te snel af.

De vochtvoorziening bepaalt voor een aanzienlijk deel de grootte van de opbrengsten op deze lichte gronden. Deze gronden hebben vaak een profielopbouw, die een belemmering vormt voor een diepere beworteling. De ongestoorde ondergrond onder de humeuze bouwvoor is meestal te dicht voor doorworteling.

Van capillaire opstijging vanuit het grondwater naar de doorwortelde grondlaag is meestal geen sprake, door een te grote afstand onderkant beworteling - grondwater. De gewassen op deze gronden zijn voor de vochtvoorziening voor het grootste deel aangewezen op de beschikbare hoeveelheid water in de bouwvoor.

Bij het onderzoek naar de mogelijkheden van de teelt van winter-

tarwe op deze gronden is naast de stikstofverdeling (periodieke groei-analyse) door P.A.G.V. en ziektebestrijding (ziektewaarnemingen) door het IPO en grondonderzoek (P.A.G.V. afd. T.O.B.) ook aandacht besteedt aan de vochthuishouding en beregening door het I.C.W.

2. PROEFOPZET EN MEETPROGRAMMA

2.1. P r o e f o p z e t

In 1977 is te Vredepeel een proef aangelegd met het wintertarweras Caribo. Zaaidatum half oktober.

De objecten waren:

- Stikstofbemesting: $N_0 = 160 \text{ kg N ha}^{-1}$ op 25 maart en $N_1 =$ gespreide N-gift, namelijk 75 kg N op 25 maart, 25 kg N op 18 april, 25 kg N op 12 mei en 35 kg N ha^{-1} op 27 mei. In maart was 31 kg N ha^{-1} in het profiel aanwezig.
- Beregening: $B_0 =$ geen beregening en B_1 beregening op basis van het vochtgehalte in de bodem (bouwvoor), (40 mm op 29 mei, 32 mm op 23 juni, 25 mm op 10 juli en 22 mm op 15 juli).
- Ziektebestrijding: $F_0 =$ geen ziektebestrijding en $F_1 =$ volledige ziektebestrijding (3 l. Milcap per ha op 7 maart en $\frac{1}{2}$ kg Bayleton + 4 kg Bavistin M per ha op 24 maart, 7 april, 26 april, 11 mei, 24 mei, 16 juni, 29 juni, 15 juli, 28 juli). Luizen zijn pas laat bestreden, hoewel de luizenbezetting, vooral op het blad, vrij hoog was. Alle objecten zijn op 18 april met 1.5 l. CCC per ha bespoten.

In 1978 is weer een zelfde proef aangelegd met het tarweras Caribo. Zaaidatum 11 november.

De objecten waren:

- Ziektebestrijding: $F_0 =$ geen ziektebestrijding; $F_1 =$ praktijkbehandeling, dat wil zeggen $\frac{1}{2}$ kg Bayleton + 4 kg Bavistin M per ha op 9 juni; $F_2 =$ volledige bestrijding, dat wil zeggen 3 l. Milcap per ha op 29 maart en 0.3 kg Bayleton + 2 kg Bavistin M per ha op 13 april, 27 april, 12 mei, 26 mei, 9 juni, 28 juni, 11 juli en 28 juli.
- De gehele proef is op 11 juni gespoten tegen luizen ($\frac{1}{2}$ l. Pirimor

per ha) en op 27 april met 1 l. CCC per ha.

- Berekening: B_0 = geen berekening en B_1 = berekening op basis van het vochtgehalte in de bodem en verdampingsgegevens. (30 mm op 29 mei, 2 juni, 13 juni, 22 juni en 29 juni).

De stikstofgift was 130 kg N ha^{-1} , namelijk 90 kg op 29 maart en 40 kg op 5 juni.

De volledige ziektebestrijding wordt uitgevoerd, ter voorkoming van de volgende ziekten: voetziekte- gele en bruine roest- meeldauw en afrijpingsziekte. Luizen worden pas bestreden als ze voorkomen. CCC wordt toegepast als groeiremmer, om legeren van het gewas te voorkomen.

2.2. Meetprogramma

Voor de bepaling van de verandering van de vochthuishouding in het profiel, zijn op drie objecten van het proefveld, tijdens het groeiseizoen, wekelijks, a) gammametingen; b) grondwaterstandsmetingen, verricht. In 1977 op de objecten $B_0 N_0 F_0$, $B_0 N_1 F_1$ en $B_1 N_1 F_1$. In 1978 op de objecten $B_1 F_0$, $B_1 F_2$ en $B_0 F_2$.

Bij de gammametingen wordt het vochtgehalte in het profiel laaggewijs, met een interval van 10 cm, tot een diepte van 100 cm beneden maaiveld bepaald.

Bij de gammametingen gaat men er van uit, dat het droogvolumege-
wicht (ρ_d) niet verandert met de tijd. De gemeten veranderingen in het nat volumegewicht (ρ_n) zijn dan directe veranderingen in het vochtgehalte (θ).

Voor de berekening van de gewasverdamping zijn op iedere meetdag ook de gewashoogte en de bodembedekking gemeten. De neerslag is dagelijks waargenomen op de proefboerderij. De meteorologische basisgegevens, benodigd voor de berekening van de gewasverdamping, zijn afkomstig van het K.N.M.I. hoofdstation Beek. Gebruikt zijn onder andere temperatuur - straling - relatieve vochtigheid - windsnelheid en zonschijnduur. Verder zijn ook nog de volgende metingen verricht:

- Periodieke oogsten, om de droge stofproductie in de loop van het groeiseizoen vast te stellen, alsmede de eind oogst.
- Bepaling van de leaf area index.

- Optreden van ziekten en plagen.
- Eventuele uitspoeling van stikstof.

3. RESULTATEN

3.1. Vochtgehaltemetingen met behulp van de gamma transmissie methode

Uit de dichtheidsmetingen en vochtmetingen, die uitgevoerd zijn volgens de gamma transmissie methode kan de droge dichtheid, het vochtgehalte en het poriënvolume berekend worden.

Is het vochtgehalte aldus berekend, dan kan door aflezing van dit vochtgehalte van de pF-curve (fig. 1b) bepaald worden, welke hoeveelheid van het beschikbaar water (in de bouwvoor) door het gewas verbruikt is. Als vuistregel mag men aannemen, dat op zandgronden berekend moet worden, als de helft van het beschikbare water in de bouwvoor (fig. 1b) tussen pF 2.0 (27 vol. %) en pF 4.2 (6.0 vol. %) door verdamping onttrokken is. Dit komt ongeveer overeen met een vochtspanning van -500 m bar of pF 2.7.

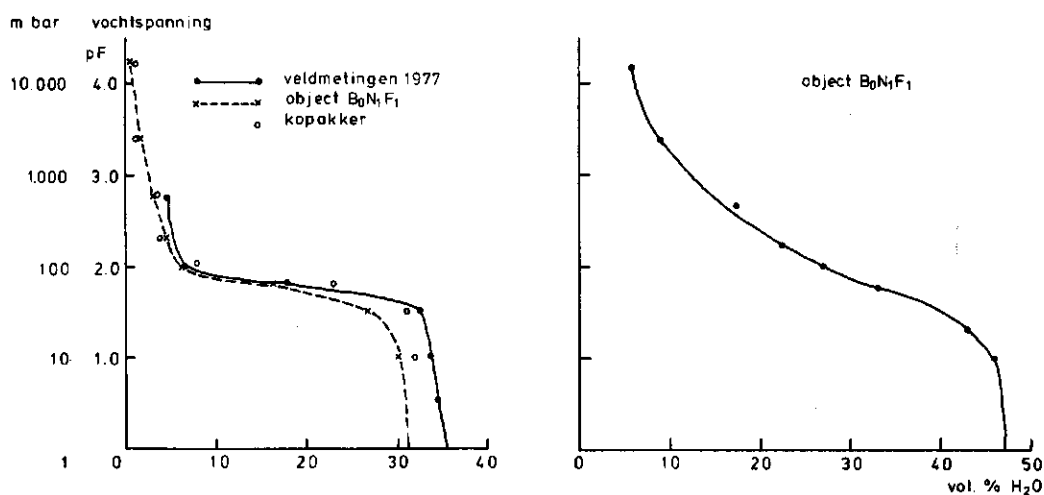
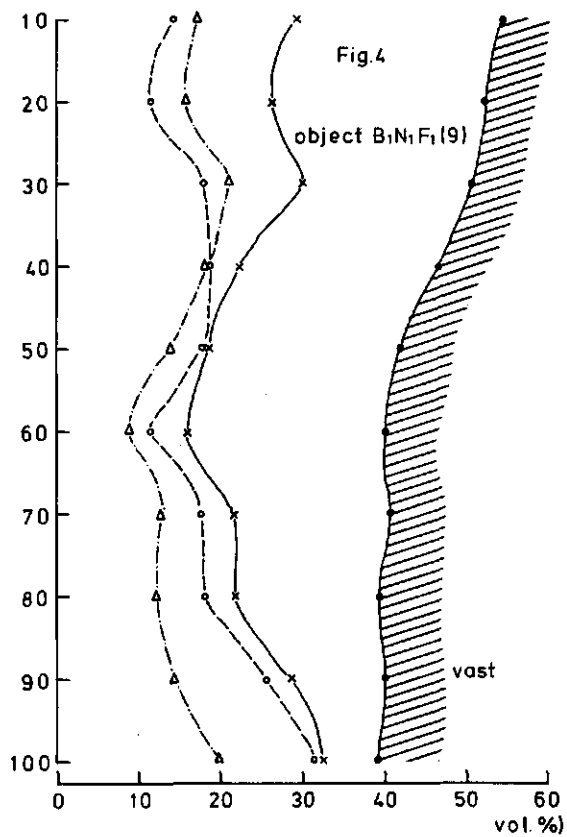
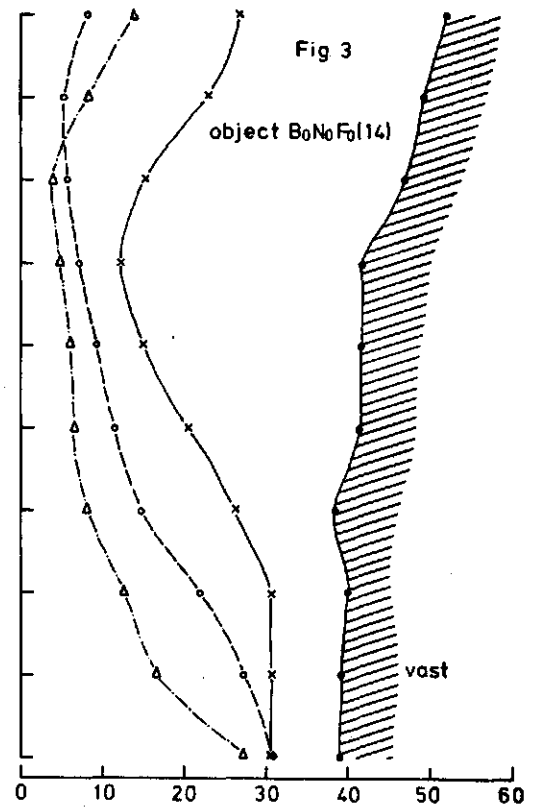
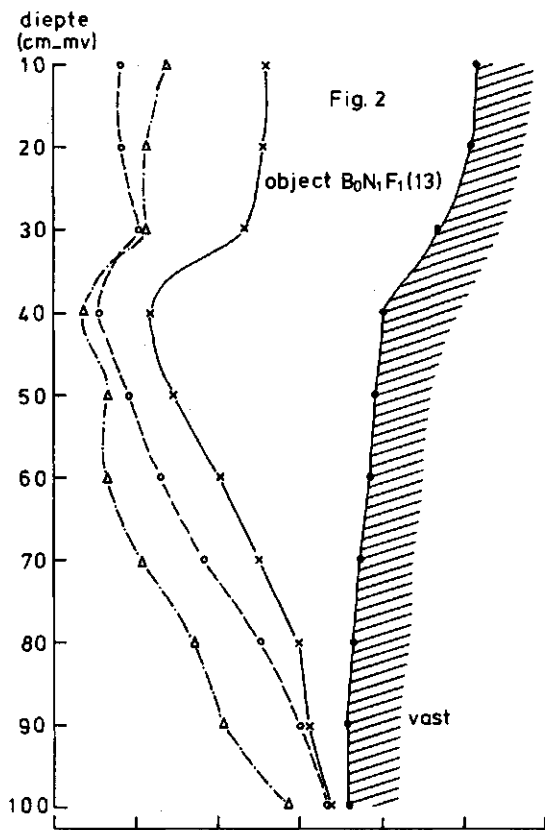


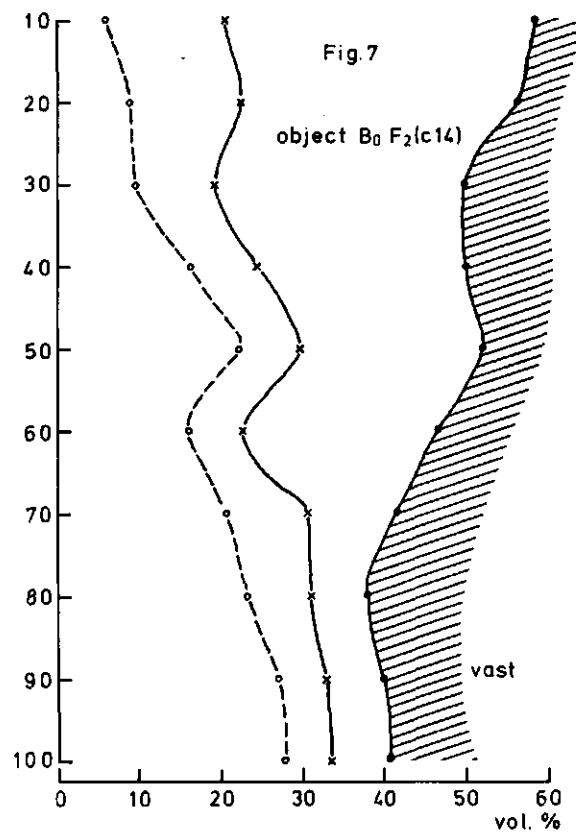
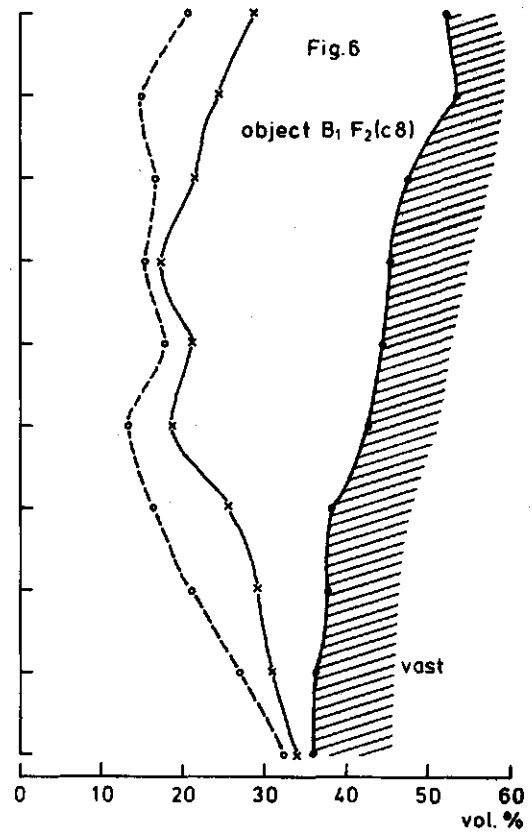
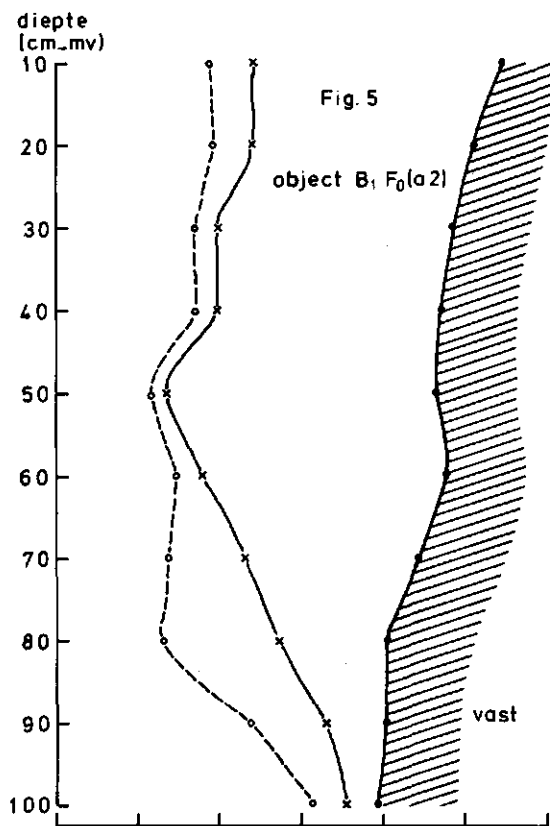
Fig. 1a Vochtkarakteristiek Vredepeel ongestoorde C-horizont. 50-100cm

Fig. 1b bouwvoor 0-35cm



- por. volume
- x—x vochtgehalte op 15 april
- vochtgehalte op 6 juni
- △—△ vochtgehalte op 11 augustus

poriënvolume en het vochtgehalte op enkele meetdata te Vredepeel in 1977



—●— por. volume
 —x— vochtgehalte op 6 mei
 - - -○- - vochtgehalte op 22 juni

poriënvolume en het vochtgehalte op enkele meetdata te Vredepeel in 1978

In de figuren 2 t/m 4 (1977) en de figuren 5 t/m 7 (1978) is het verloop met de diepte, van het poriënvolume en het vochtgehalte op enkele meetdata, op de drie gemeten objecten, weergegeven.

Op 15 april 1977 (fig. 2 t/m 4) is het vochtgehalte in evenwicht met de grondwaterstand, dat wil zeggen bij een grondwaterstand van 100 cm beneden maaiveld is de vochtspanning op maaiveldshoogte, -100 m bar (pF 2.0) op 50cm beneden maaiveld (of 50cm boven het grondwater) is de vochtspanning, -50 m bar (pF 1.7), enzovoort. Ook blijkt uit de vochtgehalten van 15 april, dat het profiel in de bouwvoor bij object $B_{\text{N}}F_{\text{O}}$ (fig. 3) afwijkt. Op een diepte van 30 cm bevat dit profiel minder water dan de beide andere veldjes. Op de onberegende veldjes (fig. 2 en fig. 3) is het vochtgehalte in de bouwvoor op 6 juni zeer laag geweest en is zeker droogteschade opgetreden. Op het beregende object is het vochtgehalte op 6 juni (fig. 4), ondanks een berekening van 40 mm op 29 mei ook aan de lage kant, zodat gesteld mag worden, dat de eerste berekening enkele dagen eerder uitgevoerd had moeten worden. Tijdens de rest van het groeiseizoen is hier geen vochttekort opgetreden. Dit is wel het geval op de onberegende veldjes. Hier is vanaf 23 juni een vochttekort opgetreden, hoewel dit vochttekort niet steeds even groot is geweest (balansperiode 14 juli tot 28 juli). De bewortelingsdiepte was in 1977 op alle objecten 40 cm.

In 1978 (fig. 5 t/m 7) komen grote profielverschijnselen voor tussen de objecten onderling, vooral het onberegende veldje (fig. 7) wijkt sterk af. Hier komt op een diepte van 50 cm een vrij humeuze laag voor en daardoor een extra vochtleverantie. De bewortelingsdiepte op de veldjes B_1F_{O} en B_1F_2 was 40 cm, maar op het veldje $B_{\text{O}}F_2$ was dit 50 cm.

In 1978 (fig. 5 t/m 7) komt het weergegeven vochtgehalte op 6 mei overeen met het evenwichtsvochtgehalte. Op het onberegende object (fig. 7) is een vochttekort opgetreden in de periode van 25 mei tot 22 juni. Dit onberegende object (tenminste de strook waar de gamma-buizen geplaatst waren) is door windinvloed, op 13 juni en 22 juni meeberegend. Op de beregende objecten (fig. 5 en 6) is de vochtvoorziening steeds ruim voldoende geweest en in de periode van 22 juni tot 6 juni zelfs aan de natte kant. De berekening op 22 juni had achterwege kunnen blijven.

3.2. De grondwaterstanden

De grondwaterstanden in 1977 en 1978 zijn weergegeven in figuur 8. De fluctuaties in 1977 vertonen een normaal beeld. In 1978 daarentegen is in de natte periode van eind juni - begin juli een sterke stijging in het grondwater opgetreden.

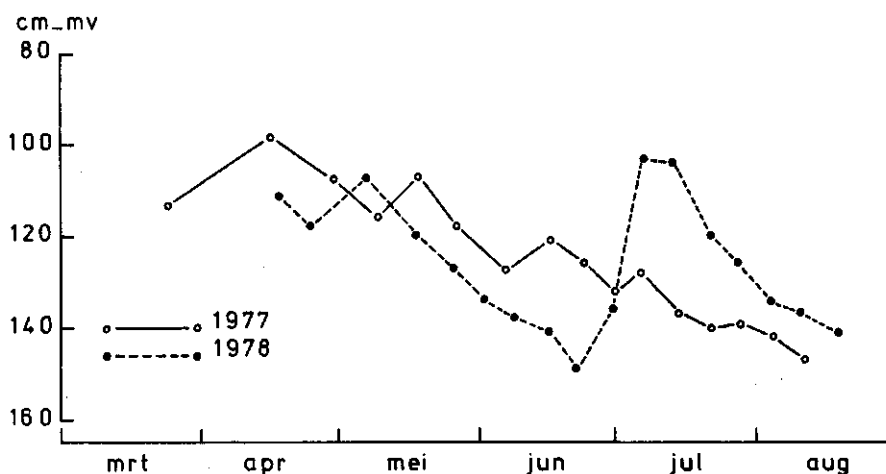


Fig. 8 Grondwaterstanden (cm-mv) tijdens het groeiseizoen te Vredepeel

4. VERDAMPING VAN HET GEWAS

4.1. De actuele verdamping van het gewas

Voor de berekening van de actuele verdamping, E_{act} is gebruik gemaakt van de formule:

$$E_{act} = \Delta V + N + K \quad (1)$$

Hierin is:

- E_{act} = de gemeten verdamping in mm per balansperiode
- ΔV = de verandering van de vochtinhoud van het profiel in mm per balansperiode berekend uit de gamma dichtheidsmetingen
- N = de neerslag gemeten op het proefobject in mm per balansperiode
- K = capillaire opstijging, respectievelijk wegwijzing in mm per balansperiode.

4.2. Berekening van de potentiële verdamping van het gewas

De potentiële verdamping van het gewas kan worden berekend met (RIJTEMA, 1965; FEDDES, 1971):

$$E_{\text{pot}} = \frac{\Delta + \gamma}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)} (E_{\text{nat}} - E_i) + E_i \text{ mm/dag} \quad (2)$$

waarin:

- Δ = de helling van de verzadigde dampspanningscorve (mm Hg/°C)
- γ = de psychrometer constante ($\gamma = 0.499$, mm Hg/°C)
- r_a = de externe diffusieweerstand van de atmosfeer (mm Hg.dag /mm)
- r_s = de schijnbare diffusieweerstand van het gezamenlijke oppervlak van gewas en bodem (mm Hg.dag./mm)
- E_{nat} = de theoretische verdamping van een nat oppervlak met dezelfde vorm en afmetingen als het werkelijk oppervlak (mm/dag.)
- E_i = de verdamping van het interceptiewater dat achterblijft op het werkelijk oppervlak na neerslag (mm/dag.)

Voor r_a kan worden geschreven:

$$r_a = \frac{l}{f(z_o, d)U^{0.75}} = \frac{l}{0.87 \log(1-0.07)U^{0.75}} \text{ mm Hg.dag./mm} \quad (3)$$

waarin:

- l = gewaslengte in cm
- U = windsnelheid m/sec.

Bij een gewaslengte < 3 cm is voor $f(z_o, d)U^{0.75}$ de functie

$$0.23U^{0.75} \text{ gebruikt} \quad (4)$$

Tabel 1 De berekende verdamping van het gewas 1977 Vredepeel winter-
tarwe

E_{pot} volgens Rijtema, Feddes, E_{act} volgens waterbalans, de berekende open waterverdamping E_o volgens Penman en de neerslag (N) gemeten ter plaatse, in mm per balansperiode.

Periode van-tot	Aantal dagen	N	$B_o N_1 F_1 (13)$			$B_o N_o F_o (14)$		Beregend	$B_1 N_1 F_1 (9)$	
			E_o	E_{act}	E_{pot}	E_{act}	E_{pot}		E_{act}	E_{pot}
24/3-15/4	22	48.1	37.2	26.1	23.1	14.0	26.6		13.6	26.6
15/4-29/4	14	10.5	36.5	35.4	40.5	38.9	44.8		32.1	43.5
29/4- 9/5	10	22.2	25.7	26.1	30.8	26.8	30.9		27.1	30.8
9/5-18/5	9	25.1	27.4	24.0	36.4	23.3	36.7		24.9	36.4
18/5-26/5	8	10.8	32.8	30.1	54.0	31.5	54.6		28.7	54.3
26/5- 6/6	11	1.2	42.5	36.2	67.5	32.2	66.9	40.0*	55.8	68.4
6/6-16/6	10	52.9	38.9	18.5	60.9	23.4	60.5		34.4	61.8
16/6-23/6	7	0.2	10.9	15.6	4.3	14.8	4.3		17.5	4.3
23/6-30/6	7	23.9	27.0	28.1	39.6	32.3	39.3	32.0*	24.1	40.0
30/6- 6/7	6	7.2	28.8	21.7	47.5	19.0	44.3		33.2	49.9
6/7-14-7	8	-	37.4	19.1	37.9	16.0	38.6	32.0*	31.2	59.7
14/7-28/7	14	24.6	44.8	25.0	23.2	30.8	23.8	15.0*	44.9	45.6
28/7- 4/8	7	2.0	22.1	7.3	7.1	7.3	7.6		13.8	18.8
4/8-11/8	7	5.8	27.4	9.1	10.2	9.1	10.2		11.8	14.6
totaal	140	234.5	439.4	322.3	483.0	319.4	489.1	119.0	393.1	554.7

* Er is berekend op 29/5 - 24/6 - 7/7 (22.0 mm) en 14/7 (25.0 mm)
Van de berekening op 14/7 (voor de gammameting) is aangenomen dat
15.0 mm nog in de bovenste cm's aanwezig was en daardoor niet te
meten. Deze 15.0 mm is daarom toegevoegd aan de volgende balanspe-
riode.

B_o = geen berekening

B_1 = berekening op basis van vochtgehalte in de bodem

F_o = geen ziektebestrijding

F_1 = zo volledig mogelijke ziektebestrijding (ca. 10 keer spuiten)

N_o = éénmalige hoge N-gift (160 kg N ha⁻¹)

N_1 = gespreide N-giften (ca. 4 à 5 keer) (1^e gift 75 kg N ha⁻¹)

Tabel 2 De berekende verdamping van het gewas, 1978 Vredepeel winter-
tarwe

E_{pot} volgens Rijtema, Feddes, E_{act} volgens waterbalans, de berekende open waterverdamping E_o volgens Penman en de neerslag gemeten ter plaatse, in mm per balansperiode.

Balans- periode	Aantal dagen	N	E_o	B_1F_o (A2)		B_1F_2 (C8)		B_oF_2 (C14)			
				geen ziekte- bestrijding + berekening	E_{act}	E_{pot}	volledige ziektebestrijding + berekening	E_{act}	E_{pot}	niet beregend	E_{act}
1/4-17/4	16	7.7	30.7	-	12.6	-	12.6	-	12.6	-	12.6
17/4-24/4	7	-	20.0	4.5	11.1	6.2	11.1	3.5	11.1	3.5	11.1
24/4- 6/5	12	41.8	33.5	31.2	34.4	25.9	34.3	31.1	33.2	31.1	33.2
6/5-18/5	12	18.1	31.7	27.9	35.5	30.8	35.6	30.3	35.5	30.3	35.5
18/5-25/5	7	-	14.4	19.4	6.9	17.5	6.9	16.0	6.9	16.0	6.9
25/5- 1/6	7	31.2*	28.1	36.6	42.3	37.3	42.4	22.2	42.1	22.2	42.1
1/6- 8/6	7	37.6*	30.3	27.0	43.1	31.6	43.2	28.2	42.9	28.2	42.9
8/6-16/6	8	31.1*	27.2	28.7	35.0	24.4	35.2	≈ 22.9 ^x	34.3	22.9	34.3
16/6-22/6	6	4.8	25.1	38.3	40.3	36.7	40.4	28.1	40.3	28.1	40.3
22/6-29/6	7	59.1*	18.6	27.6	17.2	26.2	17.2	≈ 28.1 ^x	15.2	28.1	15.2
29/6- 6/7	7	51.4	{ 36.5	{ 33.2	{ 28.2	{ 41.8	{ 28.3	≈ 20.0 [?]	15.8	20.0	15.8
6/7-13/7	7	11.0						15.3	12.5	15.3	12.5
13/7-27/7	14	13.2	48.0	48.0	50.7	51.6	51.5	39.3	63.0	39.3	63.0
27/7- 3/8	7	33.9*	31.2	36.2	21.0	31.4	21.8	17.8	39.3	17.8	39.3
3/8-18/8	15	23.2	43.1	25.0	15.8	17.0	15.8	11.2	18.8	11.2	18.8
totaal v.a. 17/4	123	356.4	387.7	383.6	381.5	378.4	384.2	314.0	410.8	314.0	410.8

* berekening op 29/5; 2/6; 13/6; 22/6; 29/7 30 mm
x door windinvloed meeberegend ≈ 25 mm
Object B_oF_2 periode 29/6 - 6/7 door ongunstige ligging profiel tijdens onweersbuien extra aanvoer van water. Vochttoename in het profiel was groter dan de neerslag. Aangenomen is dat E_{act} in die periode ca. 20.0 mm is geweest.

de berekende actuele verdamping daardoor waarschijnlijk hoger ligt.

Vergelijken we de E_{act} in 1977 met de E_{act} in 1978 op de onberegende objecten, dan blijkt dat deze waarden ongeveer gelijk zijn. Dit is ook het geval bij vergelijking van de E_{act} in 1977 en 1978 op de beregende objecten. De E_{pot} is in 1977 echter op alle objecten veel hoger geweest dan in 1978.

De E_o , de E_{act} en de E_{pot} , zijn op de beregende objecten in 1978, ongeveer gelijk.

Ondanks een duidelijk slechtere stand van het gewas in 1977 op het object $B_o N_o F_o$ dan op het object $B_o N_1 F_1$ is de berekende E_{act} op beide objecten toch gelijk.

In 1978 is de E_{act} op de objecten $B_1 F_o$ en $B_1 F_2$ ook gelijk, hoewel de stand van het gewas op het object $B_1 F_o$ door ziekte aantasting slechter was.

Het is echter moeilijk na te gaan, of er door wegzijging, water uit het doorgemeten profiel naar de ondergrond verdwijnt.

5. GEWASPRODUKTIE

5.1. G e m e t e n g e w a s p r o d u k t i e

De ontwikkeling van de droge stof produktie (exclusief wortels) van het gewas tijdens het groeiseizoen, op de verschillende objecten is bepaald aan de hand van respectievelijk 5 (1977) en 4 (1978) periodieke oogsten. Bij de eind oogst is alleen de korrelopbrengst gemeten

In tabel 3 is een samenvatting gegeven; van de korrelopbrengst, het aantal spruiten en het aantal aren per m^2 op 26 mei, de Leaf Area Index (L.A.I.) op 7 juli, het percentage deels gearborteerde aren en de aantasting door meeldauw eveneens op 7 juli, 1977. Leaf Area Index is de bebladeringsindex = bladoppervlak/grondoppervlakte. Hierbij wordt tot het bladoppervlak gerekend, dat deel van het blad, dat deelneemt aan de fotosynthese. Een L.A.I. waarde van 3 tot 5 is zeer gunstig.

Tabel 3 Overzicht resultaten 1977.

Objecten	Spruiten/m ² 26 mei	Aren/m ²	Korrel opbrengst (17% vocht)	LAI 7/7	% deels gea- borteerde aren	% meeldauw 7/2 blad 1 + 2	aar
B ₀ N ₀ F ₀	1000	280	2920	1.1	10	14	9
B ₀ N ₁ F ₀	650	280	3320	1.1	7	10	3
B ₀ N ₀ F ₁	920	350	5130	2.8	2	0	0
B ₀ N ₁ F ₁	650	350	5550	2.4	3	0	0
B ₁ N ₀ F ₀	1000	330	4340	1.1	2	8	3
B ₁ N ₁ F ₀	660	380	4680	1.5	1	7	4
B ₁ N ₀ F ₁	910	420	6430	2.9	0	0	0
B ₁ N ₁ F ₁	700	410	7000	2.5	0	0	0
Lelystad	1200	540	8200	4.7	0	1	+

Uit tabel 3 blijkt dat; een gespreide N-gift minder spruiten geeft per m², maar neit minder aren. Het aantal aren per m² duidelijk te laag is bij de niet beregende en niet bestreden objecten. Het gewas op de F₀-objecten sterk is aangetast door meeldauw en later door luizen (op alle objecten). Ook is de tarwe halmdoder voorgekomen.

Gemiddeld geeft de stikstofdeling, de beregening en de ziektebestrijding een meer opbrengst van respectievelijk 400, 1400 en 2300 kg ha⁻¹.

Doordat de eerste beregening te laat is uitgevoerd, is ook op de beregende objecten, begin juni, droogteschade ontstaan, waardoor het blad gedeeltelijk is afgestorven. Bovendien zullen de luizen nog een aanzienlijke schade hebben veroorzaakt.

In tabel 4 zijn de resultaten van 1978 samengevat. Te weten; de korrelopbrengst, het duizend korrelgewicht, het aantal korrels per m², het aantal spruiten en het aantal aren per m² op 24 mei, de LAI en de aantasting door meeldauw op 7 juli.

Tabel 4 Overzicht resultaten 1978.

Object	Spruiten /m ² 24/5	Aren/ m ²	Korrels opbrengst (17% vocht)	dkg17% vocht	Korrels per m ²	LAI 7/7	% Meeldauw blad 1 + 2 aar	
B ₀ F ₀	610	394	4800	41.4	11600	1.3	9	23
B ₀ F ₁	620	412	6160	43.5	14160	1.6	3	3
B ₀ F ₂	670	433	7540	49.2	15330	3.4	+	2
B ₁ F ₀	660	398	4860	39.3	12370	1.1	4	13
B ₁ F ₁	640	424	5900	40.9	14420	1.8	2	2
B ₁ F ₂	720	429	7320	44.5	16450	2.2	+	1
Lelystad	1090	545	8500	46.4	18320	3.9	0	0

Het halmgetal ligt in 1978 zeker op de onberegende, niet bestreden objecten gunstiger dan in 1977. Dit kan samenhangen met een veel ernstigere droogteschade in 1977 voor de bloei. Wel blijft het aantal korrels per m² ook nu te laag voor topopbrengsten. Berekening heeft in 1978 geen effect gehad, wel was de stand van het gewas op de beregende objecten regelmatig. De berekening is meest overdag uitgevoerd (in 1977 meer 's nachts). Mogelijk heeft het „Koude" water een gedeeltelijk bladvergeling veroorzaakt, want op het beregende veldje was de groene bladoppervlakte iets lager dan op de onberegende.

Het is ook mogelijk, dat de bladvergeling is ontstaan, doordat de beregende veldjes tijdelijk te nat zijn geweest.

Gemiddeld geeft de volledige ziektebestrijding en de praktijkbestrijding een meer opbrengst van respectievelijk 2600 en 1200 kg ha⁻¹.

De opbrengsten liggen in 1978 hoger, vooral op de niet bestreden objecten.

Evenals in 1977 is de droge stof produktie voor de bloei vrijwel gelijk voor alle objecten, maar na de bloei treden grote verschillen op.

In vergelijking met kleigrond (Lelystad) is de korrelgroei in de 2^e helft van de korrelvullingsfase veel lager, doordat het gewas te vroeg afknapt. In 1978 was dat vooral na de zeer warme dagen rond 1

augustus het geval. Blijkbaar speelt naast de vochtvoorziening ook de temperatuur een belangrijke rol bij dit vervroegd afsterven.

5.2. B e r e k e n d e g e w a s p r o d u k t i e

Naast het rechtstreeks meten van de produktie is het ook mogelijk de produktie van het gewas te berekenen.

Bij de berekende produktie is de dagelijks potentiële produktiesnelheid gebaseerd op een omzetting van CO_2 en H_2O in $(\text{CH}_2\text{O})_n$, waarbij zonlicht wordt verbruikt voor deze reductie.

De fotosynthese is als basisterm in de produktiefunctie gebruikt door DE WIT (1965). De benadering van de Wit is voornamelijk gebaseerd op zonnestraling en bladdistributies. Voor gestandaardiseerde gewascondities berekende hij de dagelijkse bruto fotosynthese zowel voor heldere als bewolkte omstandigheden, onder de aanname dat de lichtintensiteit op bewolkte dagen 20% is van die op heldere dagen. Aangenomen is dat de voor fotosynthese actieve straling de helft is van de globale straling. De dagelijkse fotosynthese voor de Wit's standaardcondities is gegeven in tabel 5.

Tabel 5 De dagelijkse lichttotalen op zeer heldere dagen (H_c) in $\text{cal. cm}^{-2} \cdot \text{dag}^{-1}$ (400-700 $\text{m}\mu$), de fotosynthesesnelheid op zeer heldere dagen (P_c) en op bewolkte dagen (P_o) in $\text{kg CH}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dag}^{-1}$ voor 52° N.B. $r_a = 0.5 \text{ sec. cm}^{-1}$ (DE WIT, 1965).

Datum	15/1	15/2	15/3	15/4	15/5	15/6	15/7	15/8	15/9	15/10	15/11	15/12
H_c	63	119	195	295	375	416	402	337	243	151	81	52
P_c	131	209	299	404	485	526	512	446	350	247	157	114
P_o	52	92	143	203	250	274	265	227	172	113	65	43

De dagelijkse produktiesnelheid kan worden berekend met de vergelijking:

$$P_{\text{pot}} = F P_o + (1 - F) P_c \quad \text{kg ds. ha}^{-1} \text{dag}^{-1} \quad (9)$$

Hierin is:

P_c = fotosynthesesnelheid op zeer heldere dagen (Kg ds. ha⁻¹ dag⁻¹)

P_o = " " op bewolkte dagen "

F = de fraktie van de tijd dat er bewolking optreedt, en is te berekenen als volgt:

$$F = (H_c - H_a) (0.8H_c)^{-1} \quad (10)$$

Waarin:

H_c = lichttotalen op zeer heldere dagen cal. cm⁻² dag⁻¹

H_a = de werkelijke straling en $H_a = 0.5H_{\text{sh}}$

H_{sh} = de gemeten of berekende globale straling cal. cm⁻² dag⁻¹

De op deze wijze berekende waarde van P_{pot} moet worden beschouwd als het potentiële produktieniveau voor een gewas met volledige bodembedekking.

Onder veldomstandigheden treden een aantal produktie beperkende factoren op, waardoor de nettoproduktie afwijkt van het bruto produktieniveau, zoals dit met de methode van de Wit wordt berekend. RIJTEMA en ENDRODI (1970) geven een aantal aspecten, die van belang zijn voor de berekening van de nettoproduktie.

Deze aspecten zijn onder andere:

- Tijdens het groeiseizoen komen perioden voor waarbij de bodembedekking niet volledig is. De produktiesnelheid blijkt volgens Rijtema en Endrödi rechtevenredig te zijn met de bodembedekking.
- Bij de oorspronkelijke berekeningsmethode is geen rekening gehouden met de ademhalingsverliezen. Hiervoor is de efficiëntiefactor α ingevoerd, onder de aanname dat α eveneens rechtevenredig is met de produktiesnelheid.
- Voor omstandigheden met lage lichtintensiteiten en vochttekorten is op basis van de transportweerstand een correctieterm ingevoerd die hiermee rekening houdt.

Onder deze omstandigheden ontstaat de volgende algemene produktievergelijking:

$$P_{act} = \frac{4.9}{r_a + r'_s + 4.4} \cdot \alpha \cdot S_c \cdot P_{pot} \quad (11)$$

Hierin is:

P_{act} = de actuele produktie in kg ds. ha⁻¹ dag⁻¹

P_{pot} = de maximale standaardproduktie in kg ds. ha⁻¹ dag⁻¹

α = de efficiëntiefactor (0.4 - 0.7) vlg. energievergelijking

$$\alpha = 0.65$$

S_c = de bodembedekkingsfraktie

r_a = de transportweerstand in de externe lucht voor CO₂ (sec.cm⁻¹)

r'_s = de diffusieweerstand van het gewas voor CO₂ (mm.Hg.dag⁻¹ mm⁻¹)

Voor r'_s geldt:

$$r'_s = (D_{H_2O} / D_{CO_2}) \cdot r_s = 1.8 r_s \quad (12)$$

D_{H_2O} = diffusiecoëfficiënt voor waterdamp

D_{CO_2} = diffusiecoëfficiënt voor CO₂

$$r_s = \frac{\Delta + \gamma}{\gamma} \left(\frac{E_{nat}}{E_{act}} - 1 \right) \cdot r_a \quad (13)$$

De symbolen hebben allen dezelfde waarde als de symbolen in de verdampingsvergelijking.

In de figuren 9 (1977) en 10 (1978) is de berekening en de door-
middel van periodieke oogsten gemeten droge stof produktie weergege-
ven. De berekende droge stof opbrengsten hebben betrekking op de to-
tale droge stof produktie. Dus inclusief de droge stof in de wortels
en in de stoppel. Bij de gemeten groeicurven daarentegen wordt alleen
de droge stof produktie van de bovengrondse delen bepaald. Voor een
goede vergelijking van de gemeten en de berekende groeicurven is voor
de gemeten groeicurve aangenomen dat de droge stof produktie van wor-
tels en stoppel 2000 kg ha⁻¹ is. Deze 2000 kg droge stof ha⁻¹ is bij
de gemeten produktie opgesteld.

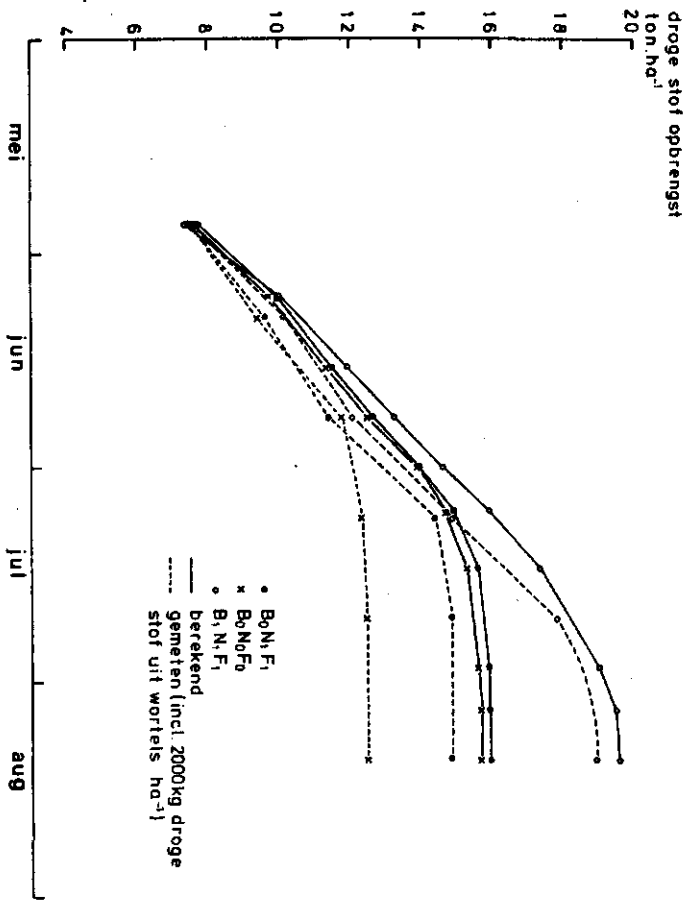


Fig. 9 Gemeten en berekende gewasproductie van winter-tarwe in 1977 te Vredepeel.

----- gemeten droge stof produktie tonds.ha⁻¹
 ----- berekende droge stof produktie tonds.ha⁻¹
 x B₀N₀F₀; • B₁N₁F₁

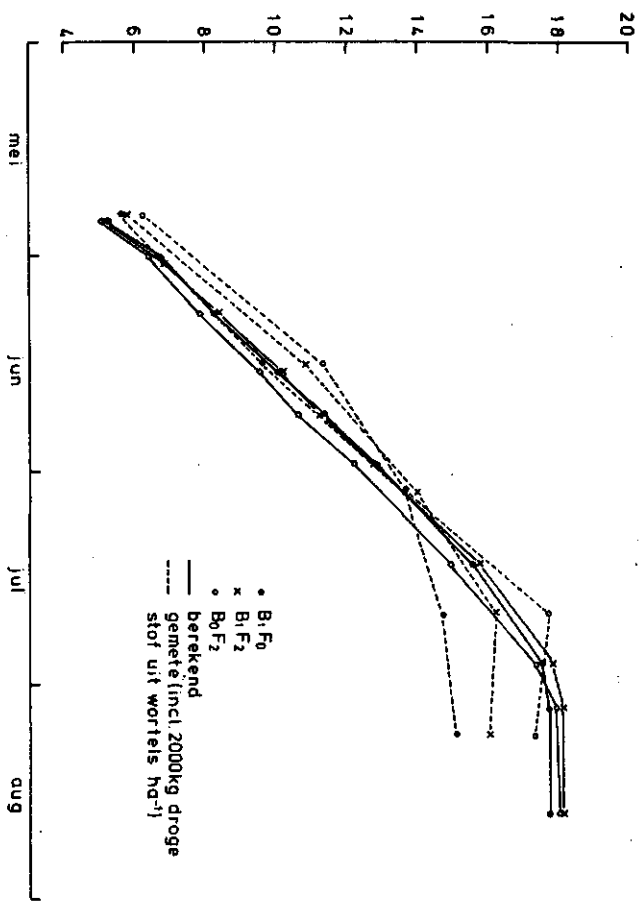


Fig. 10 Gemeten en berekende gewasproductie van winter-tarwe in 1978 te Vredepeel.

----- gemeten droge stof produktie tonds.ha⁻¹
 ----- berekende droge stof produktie tonds.ha⁻¹
 • B₁F₀; x B₁F₂; o B₀F₂

Uit figuur 9 (1977) blijkt, dat de berekende en de gemeten droge stof produktie op het object $B_1N_1F_1$ vrijwel gelijk is. Het kleine verschil komt reeds omstreeks half juni voor.

Het verschil tussen de berekende en de gemeten produktie op het object $B_0N_1F_1$ is echter groter, maar is vanaf half juni nauwelijks toegenomen. Bij de berekening van de produktie van dit object is te weinig rekening gehouden met het vochttekort eind mei - begin juni.

Op het object $B_0N_0F_0$, is de berekende droge stof produktie echter aanzienlijk hoger dan de gemeten produktie. De gemeten produktie is vanaf half juni nauwelijks toegenomen. Bij de berekende produktie is de afsterving van het blad, door vochttekort en aantasting van ziektes, waarschijnlijk te laag geschat, waardoor is uitgegaan van een te grote fotosynthese. Het ademhalingsmechanisme heeft wel gefunctioneerd, want de E_{act} (tabel 1) in de periode van 23 juni tot 11 augustus is ongeveer gelijk aan de E_{act} van het object $B_0N_1F_1$. Het fotosynthesemechanisme daarentegen, is door het optreden van ziekten en plagen (meeldauw en luis) zo sterk aangestast, dat de droge stof produktie van het gewas, in die periode tot stilstand is gekomen. Aangenomen mag worden, dat de efficiëntiefactor α in die periode veel kleiner is geweest dan de gebruikte waarde 0.65.

In 1978 (fig.10) is de berekende droge stof produktie op alle objecten vrijwel gelijk. De gemeten produktie daarentegen is op de beregende objecten, B_1F_0 en in mindere mate op B_1F_2 lager dan de berekende produktie. Deze lagere gemeten produktie is toe te schrijven aan het optreden van bladvergelting op deze objecten. Deze objecten zijn in de periode van 22 juni tot 6 juli waarschijnlijk te nat geweest. Enerzijds door beregening op 22 juni (30 mm) en anderzijds door overvloedige regen (80.5 mm) in deze periode. Het object B_1F_0 is begin juli ook sterk aangetast door meeldauw. Het fotosynthesemechanisme stagneert hierdoor en dit resulteert in een lagere droge stof produktie. Bij de berekende produktie is hiermee onvoldoende rekening gehouden.

Opmerkelijk is de toename van de gemeten droge stof produktie op het object B_0F_2 van 3 juni tot 20 juli.

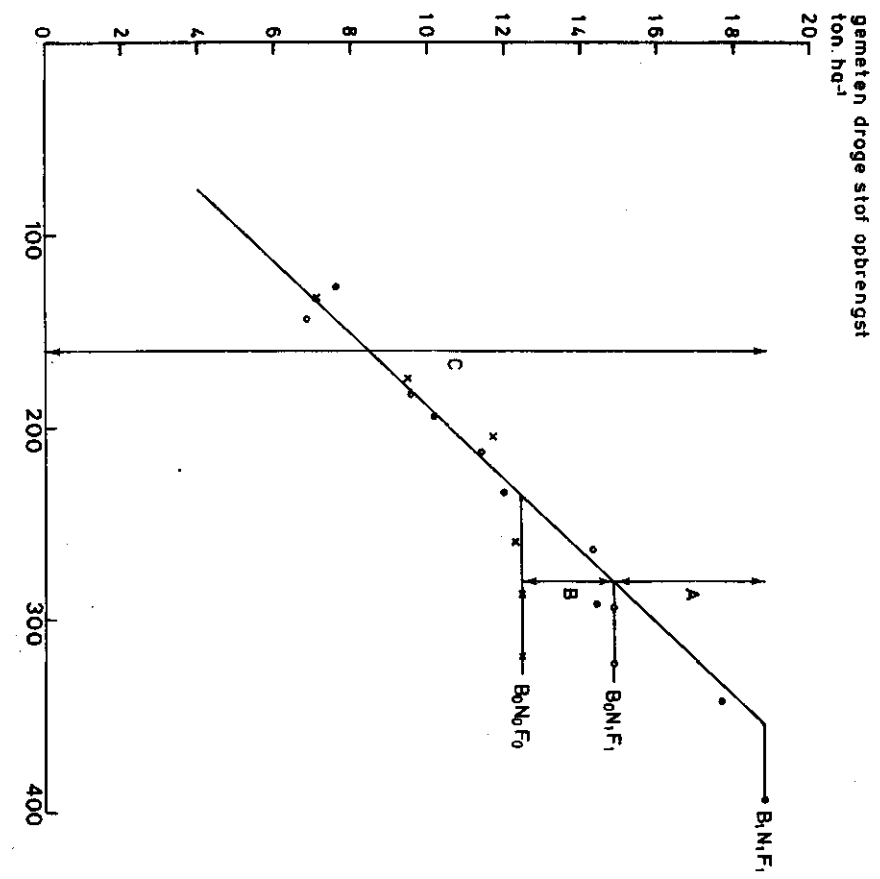
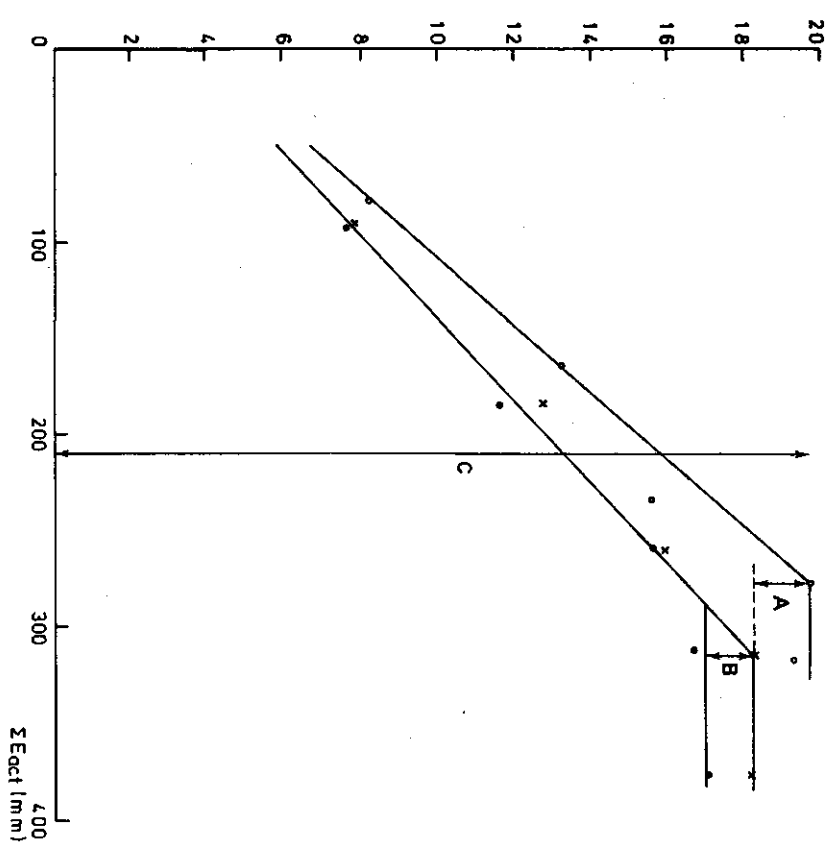


Fig. 11 Verband tussen de gesommeerde verdamping (mm) en Fig. 12 Verband tussen de gesommeerde verdamping (mm) en gemeten droge stof opbrengst van winterlarve in 1977 te Vredepeel op enkele objecten.
 \bullet B₀N₀F₀ ; \circ B₀N₁F₁ ; \times B₁N₁F₁



Verband tussen de gesommeerde verdamping (mm) en gemeten droge stof opbrengst van winterlarve in 1978 te Vredepeel op enkele objecten.
 \bullet B₁F₀ ; \times B₁F₂ ; \circ B₀F₂

5.3. G e m e t e n g e w a s p r o d u k t i e e n v e r d a m - p i n g

In de figuren 11 en 12 wordt het verband weergegeven tussen de gesommeerde verdamping en de gemeten produktie.

Wanneer de potentiële produktie bij de maximale verdamping als maatgevend wordt beschouwd (= 100%), dan kan voor elke behandeling of niet toegepaste behandeling de opbrengstreductie worden berekend die het gevolg is van een verdampingstekort en de aantasting door ziekten en plagen. In figuur 11 (1977) is C de potentiële, maatgeven- de opbrengst. Voor het object $B \cdot N \cdot F$ is $\frac{B}{C} \times 100\%$ de opbrengstreductie door het optreden van ziekten en $\frac{A}{C} \times 100\%$ de opbrengstreductie door vochttekort of met andere woorden A is het berekeningseffekt.

In 1978 (fig. 12) is $\frac{B}{C} \times 100\%$ de opbrengstreductie door het niet toepassen van ziektebestrijding en $\frac{A}{C} \times 100\%$ is de opbrengstreductie door berekening.

6. SAMENVATTING EN CONCLUSIE

De opzet van de proeven is in beide jaren niet gelijk geweest. In 1977 is geen praktijkbestrijding toegepast maar wel stikstofdeling. In 1977 hebben stikstofdeling in mindere mate, maar berekening en volledige ziektebestrijding een hoog positief resultaat gegeven.

In 1978 is het effect van berekening nihil, maar wel een positief effect van de praktijk ziektebestrijding en een nog groter effect van de volledige bestrijding. De E_{act} is in beide jaren op de beregende objecten ongeveer gelijk, onafhankelijk van de ziektebestrijding. Zo is ook de E_{act} op de niet beregende objecten gelijk, maar wel aanmer- kelijk lager dan de E_{act} op de beregende.

Op de lichte gronden komen ieder jaar wel één à twee perioden voor met een vochttekort. Meestal is er geen sprake van aanvulling van dit vochttekort, vanuit het grondwater door capillaire opstijging. Enerzijds door een te ondiepe beworteling en anderzijds door een te lage grondwaterstand of beide. Daardoor wordt de afstand tussen on- derkant beworteling en grondwaterspiegel te groot. Door deze perioden met neerslag tekorten zal bij wintertarwe op deze lichte gronden vrij-

wel ieder jaar een groeiremming optreden, met als gevolg een reductie in de eindopbrengst. De opbrengstdepressie is ook nog afhankelijk van de grootte van het neerslagtekort en ook afhankelijk van het ontwikkelingsstadium van het gewas, waarin dit vochttekort optreedt.

Vaak sterft het gewas op deze gronden op het einde van het groeiseizoen te vroeg af.

Behoudens in enkele gevallen blijken, de met behulp van meetgegevens aan grond en gewas en waarnemingscijfers met betrekking tot de weersgesteldheid, de berekende opbrengsten relatief goed overeen te komen met de gemeten opbrengsten.

7. LITERATUUR

- FEDDES, R.A. 1971. Water, heat and crop growth. Med.Landbouwhogeschool 71,12:184 p.p.
- HAG, B.A. TEN, 1979. Oorzaken lage tarweopbrengsten op lichte gronden. Proefveldverslag. Teeltgegevens en opbrengsten proefveld Vredepeel. (P.A.G.V. 58, 1977; P.A.G.V. 191, 1978).
- RIJTEMA, P.E., 1969. The calculation of non-parallelism of gamma access tubes, using soil sampling data. J. Hydrol 9:206-212. Techn. Bull. I.C.W. 67.
- RIJTEMA, P.E., 1974. Produktie en verdamping in de moderne bodemkunde. Nota I.C.W. 794.
- RIJTEMA, P.E. and G. ENDRODI, 1970. Calculation of production of potatoes, Neth. J. Agric. Sci. 18:26-36. Techn. Bull. I.C.W. 70.
- RYHINER, A.H. and J. PANKOW, 1969. Soil moisture measurements by the gamma transmission method. J. Hydrol. 9:194-205. Techn. Bull. I.C.W. 66.
- SPIERTZ, J.H.J., 1979. Het produktieproces bij wintertarwe. Hoe krijgen we een stabiele korrelopbrengst. Boerderij 4-4-'79.
- VERHAEGH, W.B. en R. WIEBING, 1978. Verbetering veldpodzolen. De vocht-huishouding in 1975 t/m 1977. Nota I.C.W. 1041.
- WIEBING, R. en W.B. VERHAEGH, 1978. Resultaten van grondverbeteringsproeven op zandgrond. Nota I.C.W. 1040.
- WIT, C.T. DE, 1965. Photosynthesis of leaf canopies. Agric. Res. Rep. 663.