

Vandingsfrekvensens indflydelse på udbytte og vandforbrug i byg

The effect of irrigation frequency on barley yield and water use

V. Jørgensen

Resumé

I årene 1976–79 gennemførtes forsøg med vanding af byg ved tre forskellige udtørningsgrader. Vækstperioden blev inddelt i tre faser.

Undersøgelsen blev gennemført i et forsøgsanlæg med mobil overdækning, som kun dækkede afgrøden, når der faldt nedbør.

De højeste kerneudbytter blev opnået ved middel udtørring (25–30 mm deficit) i hele vækstperioden, eller svag udtørring (10–15 mm deficit) i en af de tre faser kombineret med middel udtørring i de øvrige.

Stærk udtørring (45 mm deficit) i første fase medførte en relativ stor udbyttenedgang af kerne og halm. Stærk udtørring i en af de sidste to vækstfaser medførte kun udbyttenedgang i det ekstremt tørre år 1976.

Det laveste vandforbrug pr. hkg kerne blev opnået i de forsøgsled, som gav det højeste kerneudbytte.

Der fandtes en linær sammenhæng mellem udbytte og vandforbrug.

Nøgleord: Byg, vandingsfrekvens, kritiske perioder, vandforbrug.

Summary

A mobile automatic roof was used to keep the rain off a barley crop in an irrigation experiment.

The treatments ranged from irrigation to field capacity at 10–15 mm deficit to 45 mm deficit.

The growing season was divided into three subperiods. Maximum yield was obtained when irrigated at 25–30 mm deficit.

Drought conditions (i.e. irrigation at 45 mm deficit) in the first subperiod caused yield decrease of grain and especially of straw.

Drought conditions in the last two sub-periods caused yield decrease in the extremely dry year 1976.

The proportion of water used per hkg of grain was lowest at the highest grain yield.

The grain yields were linearly related to water use.

Key words: Barley, irrigation frequency, critical periods, water use.

Indledning

På grund af jordbrugets stigende krav om en stabil og stor planteproduktion, og de ekstremt tørre år 1975 og 1976, er antallet af vandingsanlæg til markvanding øget betydeligt i de senere år.

I flere amter overstiger jordbrugets vandbehov til markvanding allerede vandforbruget til samtlige øvrige samfundsaktiviteter.

Begrænsninger i tildelingen forekommer allerede lokalt. Stigende driftsomkostninger og resourceproblematikken medfører krav om mere viden vedrørende den optimale indsats af vandingsanlæg, og herunder om der bør benyttes forskellig vandingsstrategi i forskellige faser af vækstperioden. På grundlag af vandingsforsøg i korn, som blev gennemført i årene 1962–66 konkluderedes, at vanding ikke må påbegyndes for tidligt. Alle år, hvor vandingen blev påbegyndt i maj måned, gav mindre udbytte, end hvis vandingen blev udsat til første tredjedel af juni (meddelelse nr. 818 fra Statens Planteavlsvforsøg).

I meddelelse nr. 1117 fra Statens Planteavlsvforsøg konkluderedes, at der er god økonomi i at vande byg ved 30 mm underskud regnet fra 20. maj, samt at det også var økonomisk at vande 2. gang ca. 10 dage senere, hvis der igen var opnået et underskud på ca. 30 mm.

Mogensen (1978) konkluderer, at tørkefølsomheden i en bygafgrøde er større, jo tidligere tørken forekommer, og at udeladelse af vanding, evt. på grund af utilstrækkelige vandingsmuligheder, bør ske sidst på sæsonen.

Dragland (1979) fik størst bygudbytte, når vandtilførslen var god fra såning til 2–3 uger efter begyndende skridning. Tørke i buskningsperioden medførte, at der måtte høstes 2–3 uger senere for at få modnet sideskuddene.

Day et al. (1978) fandt, at en tidlig tørkeperiode havde en kraftig negativ effekt på både udbytte og vandforbrug. Formålet med nærværende forsøg var at undersøge vandingsfrekvensens (udtøringsgraden før vanding) indflydelse på udbytte af kerne og halm, korn og litervægt, samt relationen mellem vandforbrug og udbytte i tre forskellige vækstfaser.

Metodik

Undersøgelsen blev gennemført ved Jyndevad forsøgsstation i et forsøgsanlæg forsynet med en mobil tagkonstruktion, som automatisk rullede hen over forsøgsarealet, når der faldt nedbør.

Dyrkningen foregik i rammer, som adskilte naboparceller til 50 cm dybde og med frit afløb til undergrunden. Jorden blev blandet før nedlægning i rammerne. Der blev anvendt en grovkornet sandjord med 3,0 pct. ler, 4,0 pct. silt, 15 pct. finsand og 76 pct. grovsand. Jorden har en plantetilgængelig vandmængde på 11 vol. pct. i 0–50 cm dybde og 5,5 vol. pct. i 50–80 cm dybde. Jørgensen (1975) har vist retentionsforholdene i området fra markkapacitet (pF 2,0) til visnegrænsen (pF 4,2) i tre forskellige dybder.

Såning og gødskning blev foretaget med forsøgssåmaskine.

Kontrol af jordvandspotentialer og styring af vanding foregik ved hjælp af tensiometer i de forsøgsled, som skulle styres inden for tensiometrets måleområde (svag og middel udtørring). I forsøgsled med stærk udtørring blev neutronmetoden anvendt.

Vandingen skete med drypdyser monteret i PEL rammer udlagt i hveranden sårække (26 cm afstand) og med 21 cm afstand mellem dyserne på slangen. Høstning foretoges med le. Tærskning blev udført på forsøgstærskemaskine.

Forsøgsplan

Led	Vækstfaser		
	1	2	3
vanding til markkapacitet ved følgende tension			
1	800 (m)	800 (m)	800 (m)
2	2200 (st)	2200 (st)	2200 (st)
3	300 (sv)	800 (m)	800 (m)
4	800 (m)	300 (sv)	800 (m)
5	800 (m)	800 (m)	300 (sv)
6	2200 (st)	800 (m)	800 (m)
7	800 (m)	2200 (st)	800 (m)
8	800 (m)	800 (m)	2200 (st)

Vækstfaser

- 1: Afsluttende buskning – begyndende skridning.
- 2: Begyndende skridning – gulmodenhed.
- 3: Gulmodenhed – høstmodenhed.

(sv): Svag udtørring.

(m): Middel udtørring.

(st): Stærk udtørring.

Resultater

Kerne

Når benævnelsen »udbyttenedgang« anvendes, og andet ikke anføres, menes udbyttenedgang i forhold til middel udtørring i alle tre faser (led 1).

Resultaterne fra 1977 blev kasseret på grund af fugleskade. Ved gennemgangen benyttes betegnelserne svag, middel og stærk udtørring, som svarer til 300, 800 og 2200 cm tension eller ca. 10–15, 25–30 og 45 mm deficit (underskud) i jorden.

Vandingsdatoer og tildelte vandmængder ses i fig. 1. I alle tre år blev de højeste udbytter opnået ved vanding til markkapacitet ved middel udtørring i hele vækstperioden, middel udtørring kombineret med svag udtørring i en af de tre faser, eller middel udtørring kombineret med stærk udtørring i fase 2 eller 3 i 1978 og 1979.

I 1976 fandtes en signifikant udbyttenedgang ved stærk udtørring i fase 2 eller 3, medens der overhovedet ikke var udbyttenedgang i 1978 og 1979 under de samme forhold.

Stærk udtørring i fase 1 medførte i alle år næsten lige så stor en udbyttenedgang, som stærk udtørring i alle tre faser (tabel 1).

F-test viste, at der ikke var signifikant forskel på gennemsnitsresultaterne.

Halm

I 1976 og 1978 blev de højeste udbytter af halm opnået ved svag udtørring i fase 1 og middel udtørring i fase 2 og 3. I 1979 blev det højeste udbytte opnået, når der blev vandet ved svag udtørring i en af de tre faser. Halmudbyttet var det samme uanset i hvilken af de tre faser, der blev vandet ved svag udtørring. De laveste halmudbytter fandtes i alle tre år i det forsøgsled, hvor der blev anvendt stærk udtørring i alle tre vækstfaser.

I 1976 og 1978 var der kun små udbytteforskelle uanset i hvilken fase, der blev benyttet stærk udtørring.

I 1979 var der en signifikant nedgang i halmudbyttet ved stærk udtørring i 1. fase set i forhold til stærk udtørring i en af de følgende to faser.

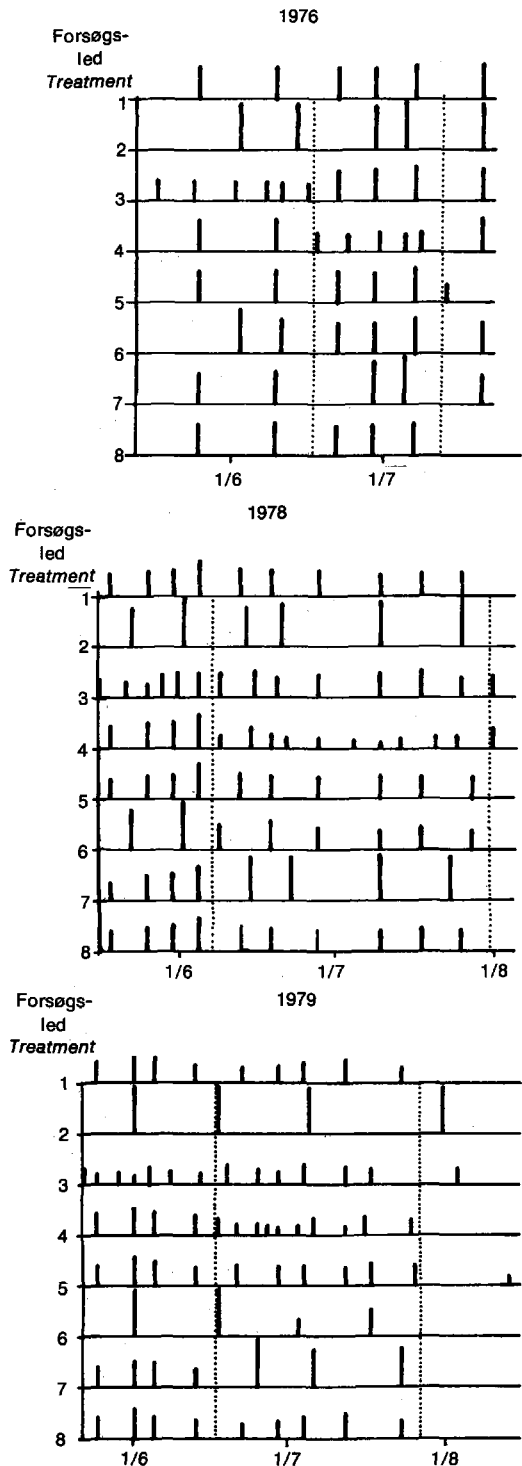


Fig. 1. Vanding og vandforbrug.
Irrigation and water use.

50
25
0 mm

Tabel 1. Udbytte, kerne og halm, hkg pr. ha
Yield of grain and straw, hkg per hectare

Forsøgsled <i>Treatment</i>	Faser			Kerne (85% tørstof) <i>Grain (85 per cent of dry matter)</i>				Halm (100% tørstof) <i>Straw (100 per cent of dry matter)</i>			
	1	2	3	1976	1978	1979	Gns.	1976	1978	1979	Gns.
1	m	m	m	56,0	65,5	62,6	61,4	55,1	49,3	47,0	50,5
2	st	st	st	53,6	61,4	52,4	55,8	48,9	46,7	39,9	45,2
3	sv	m	m	56,7	67,3	61,6	61,9	61,1	55,0	51,1	55,7
4	m	sv	m	55,6	63,3	61,6	60,2	56,5	50,1	51,2	52,6
5	m	m	sv	53,6	64,7	63,6	60,6	55,9	51,2	51,3	52,8
6	st	m	m	53,5	62,9	53,3	56,6	53,9	48,7	41,8	48,1
7	m	st	m	48,2	65,6	62,0	58,6	51,3	49,0	46,2	48,8
8	m	m	st	48,3	65,6	61,7	58,5	53,7	49,7	45,8	49,7
LSD ₉₅				4,4	4,9	4,2	n.s.	3,4	n.s.	4,2	2,2

Faser: 1. Afsluttende buskning – begyndende skridning.
2. Begyndende skridning – gulmodenhed.
3. Gulmodenhed – høstmodenhed.

Korn og litervægt

Svag udtørring i første fase reducerede kornvægten i 1976 og 1978. Stærk udtørring i 1. fase reducerede kornvægten. Ved stærk udtørring i alle tre faser fandtes kun en mindre reduktion i kornvægten. Lille kornvægt medførte samtidig en forholdsvis lav rumvægt. Der fandtes ingen reduktion i kerne eller rumvægt ved stærk udtørring i 3. vækstfase (tabel 2 og 3).

Vandforbrug og udbytterelationer

I gennemsnit fandtes det laveste vandforbrug, hvor der blev vandet ved stærk udtørring i 1. fase (led 6 med 223 mm), og hvor der blev vandet ved middel udtørring i 1. og 2. fase (led 1, 5 og 8 med henholdsvis 239, 242 og 240 mm).

Det laveste vandforbrug pr. hkg kerne fandtes ved de samme forsøgsbehandlinger (1 mm = 10 m³ vand pr. ha).

Det laveste kerneudbytte og højeste vandforbrug pr. hkg kerne fandtes, hvor der blev vandet ved stærk udtørring (forsøgsled 2, tabel 4).

Fig. 2 viser, at der fandtes god sammenhæng mellem udbytte og vandforbrug. Resultaterne fra 1979 og forsøgsbehandlinger med stærk udtørring i 2. fase (led 2 og 7) er ikke medtaget i beregningen. I 1979 var vandforbruget pr. hkg kerne meget lavt på grund af lille potentiel fordampning. Ved

Tabel 2. Kornvægt, g pr. 1000 kerner
Weight of grains, g per 1000

Forsøgsled <i>Treatment</i>	Faser			1976	1978	1979	Gns.
	1	2	3				
1	m	m	m	35	42	44	40
2	st	st	st	35	39	43	39
3	sv	m	m	32	38	44	38
4	m	sv	m	35	39	45	40
5	m	m	sv	35	41	44	40
6	st	m	m	33	38	41	37
7	m	st	m	34	39	44	39
8	m	m	st	35	40	45	40
LSD ₉₅							1,3

Tabel 3. Litervægt, g
Weight of 1 liter grains, g

Forsøgsled <i>Treatment</i>	Faser			1976	1978	1979	Gns.
	1	2	3				
1	m	m	m	733	749	779	754
2	st	st	st	724	746	770	747
3	sv	m	m	710	745	770	742
4	m	sv	m	729	745	779	751
5	m	m	sv	729	740	779	749
6	st	m	m	713	738	759	737
7	m	st	m	723	742	779	748
8	m	m	st	731	743	780	751
LSD ₉₅							8

Tabel 4. Samlet vandforbrug, fremspiring – høst, mm
Water use, mm

Forsøgsled Treatment	Faser			1976	1978	1979	Gns.
	1	2	3				
1	m	m	m	226	288	202	239
2	st	st	st	234	319	196	250
3	sv	m	m	271	324	204	266
4	m	sv	m	220	296	227	248
5	m	m	sv	225	283	217	242
6	st	m	m	232	246	190	223
7	m	st	m	225	321	220	255
8	m	m	st	226	287	207	240

Vandforbrug, mm pr. hkg kerne
Water use, mm per hkg of grain

Forsøgsled Treatment	Faser			1976	1978	1979	Gns.
	1	2	3				
1	m	m	m	4,0	4,4	3,2	3,9
2	st	st	st	4,4	5,2	3,7	4,4
3	sv	m	m	4,8	4,8	3,3	4,3
4	m	sv	m	4,0	4,7	3,7	4,1
5	m	m	sv	4,2	4,4	3,4	4,0
6	st	m	m	4,3	3,9	3,6	3,9
7	m	st	m	4,7	4,9	3,5	4,4
8	m	m	st	4,7	4,4	3,4	4,2

stærk udtørring i 2. fase blev vandforbruget pr. hkg kerne højt, hvorfor der tilsyneladende gælder særlige relationer i disse tilfælde.

Fig. 3 og 4 viser, at ved lille nedgang i Ea/Ep, faldt det relative udbytte mindre end den relative fordampning.

Den aktuelle fordampning (Ea) er de enkelte forsøgsleds vandforbrug. Som potentiel fordampning (Ep) er anvendt vandforbruget fra det forsøgsled, som havde det største vandforbrug. Den aktuelle stofproduktion (Pa) er de enkelte forsøgsleds kerneudbytte. Som »potentiel stofproduktion« (Pp) blev anvendt kerneudbyttet fra forsøgsleddet med det største kerneudbytte.

Diskussion

Kerne

Der blev i intet tilfælde opnået merudbytter for vanding ved svag udtørring set i forhold til middel udtørring – uanset i hvilken del af vækstperioden der blev benyttet svag udtørring. Der var dog i

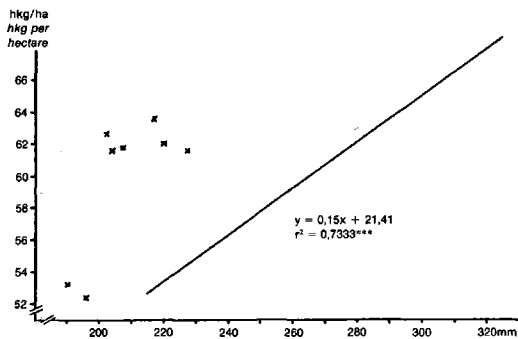


Fig. 2. Udbytte af kerne som funktion af vandforbruget, x = 1979.

Yield of grain as a function of water use, x = 1979.

1978 tendens til, at svag udtørring i 1. fase gav større udbytte end tilsvarende vandingsstrategi i de to følgende faser.

Når der i 1976, og kun i 1976, fandtes en signifikant udbyttenedgang ved stærk udtørring i fase 2 eller 3, skyldtes det formentlig, at der i både fase 2 og 3 var en ekstrem høj potentiel fordampning (se tabel 5). Ved høj potentiel fordampning accepterer planter et relativt mindre underskud af vand i jorden, før der opstår en nedgang i forholdet aktuel fordampning/potentiel fordampning (Denmead & Shaw, 1962) og dermed en nedgang i planteproduktionen (Jørgensen, 1979).

Ved stærk udtørring i sidste vækstfase har der været tilstrækkelig god vandforsyning til, at der har kunnet foregå uhindret stofindlejring i kernen. Dette kan bl.a. også skyldes, at sidste vækstfase i denne undersøgelse har været forholdsvist kort. I det ekstremt tørre år er den eneste forskel på vandingen af forsøgsled 1 og 8, at forsøgsled 1 blev vandet i sidste vækstfase. Denne vanding medførte ikke større kerner. Når flere forfattere finder, at tørke i den sidste del af vækstperioden kan medføre mindre kerner, skyldes det formentlig, at tørkeperioden har været længere og/eller udtørringen kraftigere end i denne undersøgelse (Mogensen, 1978).

I overensstemmelse med Dragland (1979) fandtes her også en reduktion i kornvægten ved tidlig tørke (buskningsperioden).

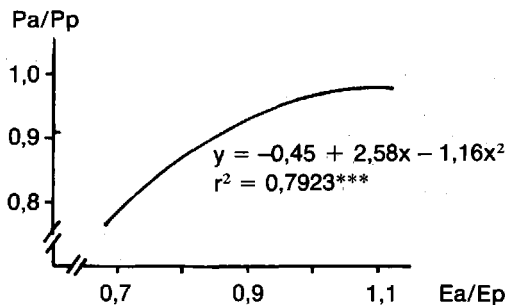


Fig. 3. P_a/P_p som funktion af E_a/E_p .
 P_a/P_p as a function of E_a/E_p .

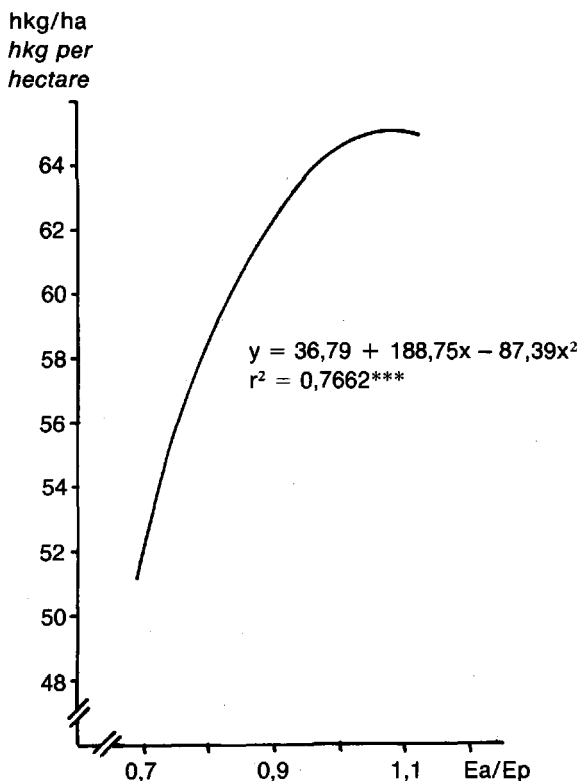


Fig. 4. Kerneudbytte som funktion af E_a/E_p .
Yield of grain as a function of E_a/E_p .

Halm

Vanding ved svag udtørring i 1. fase medførte et større halmudbytte end middel udtørring i hele vækstperioden, i gennemsnit ca. 10 pct. Sammenlignes på gennemsnitsresultaterne svag udtørring med stærk udtørring i 1. fase og middel udtørring i de følgende 2 faser, blev der høstet 16

Tabel 5. Potentiel fordampning, gennemsnit pr. dag, mm
Potential evapotranspiration, average per day, mm

	Fase 1	Fase 2	Fase 3
1976	13/5-17/6 3,0	17/6-12/7 3,8	12/7-26/7 3,6
1978	17/5- 7/6 2,4	7/6-31/7 2,5	31/7- 8/8 2,0
1979	22/5-17/6 2,2	17/6-27/7 2,4	27/7-17/8 2,1

pct. mere halm efter svag end efter stærk udtørring i 1. fase. For kerne var det tilsvarende tal 8 pct.

Udtøringsgraden i de to følgende faser havde mindre indflydelse på halmudbyttet. Vandforsyningen i den første del af vækstperioden synes således at have relativ stor betydning for halmudbyttets størrelse. Denne iagttagelse er i overensstemmelse med meddelelse nr. 818.

Økonomi

Tabel 6 viser, at i gennemsnit af de tre forsøgsår blev det bedste økonomiske resultat opnået ved middel udtørring i hele vækstperioden.

Dette var også den forsøgsbehandling, hvor vandforbruget pr. hkg kerne var lavest.

Ved udeladelse af det tørre år 1976 af økonomiberegningen ses endvidere af tabel 6, at i år med mere »normale« nedbørsforhold, kan det bedste økonomiske resultat opnås, hvis der først vandes ved stærk udtørring i perioden efter skridning.

Konklusion

Der blev ikke opnået merudbytte af kerne for at vande hyppigere end ved 25-30 mm underskud, hvilket svarer til 800 cm tension i 17 cm dybde.

Vanding ved 10-15 mm underskud indtil begyndende skridning medførte det største halmudbytte.

Det bedste økonomiske resultat kunne opnås, når der blev vandet ved 25-30 mm underskud indtil skridning, og ved 46 mm underskud i perioden efter skridning, når det tørre år 1976 blev udeladt af beregningen. Vanding ved dette rela-

Tabel 6. Vandingsøkonomi
Economy of irrigation

For- søgs- led <i>Treat- ment</i>	Faser			Vanding, mm <i>Irriga- tion, mm</i>	Totale vandings- omkost. kr./ha <i>Total cost of irrigation, kr. per hectare</i>	1976, 1978 og 1979		1978 og 1979	
	1	2	3			Udbytte kr./ha <i>Yield kr. per hectare</i>	Udbytte ÷ van- dingsomkostn. <i>Yield ÷ cost of irrigation</i>	Udbytte kr./ha <i>Yield kr. per hectare</i>	Udbytte ÷ van- dingsomkostn. <i>Yield ÷ cost of irrigation</i>
1	m	m	m	142	1664	7368	5704	7686	6022
2	st	st	st	127	1560	6696	5136	6828	5268
3	sv	m	m	149	1780	7428	5648	7734	5954
4	m	sv	m	149	1808	7224	5416	7494	5686
5	m	m	sv	154	1748	7272	5524	7698	5950
6	st	m	m	142	1648	6792	5144	6972	5324
7	m	st	m	122	1554	7032	5478	7656	6102
8	m	m	st	147	1684	7020	5336	7638	5954

udsætninger:

kun vandingsomkostningerne ændres med forsøgsbehandlingen.
de samme udbytterelationer opnås under markforhold.
omkostningsberegningerne er baseret på gennemsnitsomkostninger i efteråret 1979.
kornpris 120 kr. pr. hkg.
prisen på vand er nul.
vandingsbehovet er beregnet under markforhold (med naturlig nedbør) over perioden 1969-75.
der er ikke taget hensyn til halmudbyttet.

tivt store underskud medførte ikke nedgang i kornvægt og kernernes rumvægt.

Hvis resultaterne fra 1976 blev inkluderet, blev det bedste økonomiske resultat opnået, når der blev vandet ved 25-30 mm underskud i hele vækstperioden. Dette var samtidig den forsøgsbehandling, som gav den bedste vandudnyttelse.

Vandforbruget var i gennemsnit 4,2 mm pr. hkg kerne pr. ha.

Erkendtlighed

Arbejdet med opførelse af forsøgsanlægget med tilhørende styresystemer samt den daglige pasning af projektet er forestået og til dels udført af landbrugstekniker Erik Damgård.

Erik Damgård takkes for aktiv og omhyggelig indsats.

Litteratur

- Day, W. Legg, B. J., French, B. K., Johnston, A. E., Lawlor, D. W. & Jeffers, W. De C. (1978): A drought experiment using mobile shelters: The effect of drought on barley yield, water use and nutrient uptake. *J. Agric. Sci., Camb.*, 91, 599-623.
- Denmead, O. T. & Shaw, R. H. (1962): Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. *Agron. J.* 54, 385-90.
- Dragland, S. (1979): Virkninger av forskjellig vasstilgang til bygg. *Nordisk Jordbrugsforskning* 61, 473-74.
- Jørgensen, V. (1975): Vanding af græs og kløvergræs. *Tidsskr. Planteavl* 79, 545-560.
- Jørgensen, V. (1979): Planternes vandforbrug, klimaforhold og planteproduktion. *Tidsskr. Planteavl* 83, 287-304.
- Mogensen, V. O. (1978): Optimale vandingstidspunkter for byg ved tilførsel af begrænsede vandmængder. *Hydroteknisk Lab. KVL*, 44 s.
- Statens Planteavlsvforsøg (1967): Forskellig tidspunkt for påbegyndelse af vanding til byg, havre, rug og hvede. (Meddelelse nr. 818).
- Statens Planteavlsvforsøg (1974): Vanding af byg 1968-73. Meddelelse nr. 1117.
- Manuskript modtaget den 8. januar 1980.