

Virkning af udtørningsgraden på udbytte og kemisk sammensætning af almindelig rajgræs

The effect of soil water deficit on dry matter yield and chemical composition of perennial ryegrass

Villy Jørgensen

Resumé

Virkningen af forskellig udtørningsgrad på tørstofproduktion og kvalitet i almindelig rajgræs blev undersøgt på grovsandet jord ved Jyndeved og på fin lerblandet sandjord ved Foulum.

I gennemsnit af forsøgsårenes merudbytter blev der ved Jyndeved opnået 1265 FE pr. ha for vanding. Ved Foulum blev der ikke opnået signifikante merudbytter for vanding.

Vurderet på årenes totaludbytter gav det kun et ubetydeligt merudbytte at vande før 70% af den plantetilgængelige vandmængde var optaget.

For at opnå fuld produktion i nedbørsfattige perioder med stor fordampning var det nødvendigt at vande, når 25–50% af den plantetilgængelige vandmængde var optaget.

Vanding sænkede koncentrationen af totalkvælstof og nitratkvælstof i tørstoffet. Derimod steg fosforkoncentrationen, magnesiumkoncentrationen og træstofindholdet i vandede afgrøder.

Vanding medførte en øget optagelse af kvælstof, fosfor, kalium og magnesium.

I forårs- og sensommerperioden blev der fundet en lineær sammenhæng mellem tørstofproduktion og strålingsintensitet.

Variationen i stressdage (SD), som blev beregnet på forholdet mellem aktuel og potentiel fordampning, kunne forklare en relativ stor del af udbyttevariationerne, når afgrøden var udsat for vandmangel af forskellig styrke.

Nøgleord: Vanding, almindelig rajgræs, kemisk sammensætning, indstråling, stressdage.

Summary

The effect of different soil water potential on dry matter production and quality of perennial ryegrass was examined at 2 sites, a sandy soil and a sandy loam.

On average 1265 feed units per ha and year were obtained with irrigation on the sandy soil.

There was no significant increase in yield on sandy loam soil.

Irrigation was not profitable until 70% of the available plant water had been depleted.

To obtain maximum production in dry periods it was necessary to irrigate when 25–50% of the available plant water was depleted.

Irrigation decreased the concentration of nitrogen and nitrate. The concentration of phosphorus, magnesium and crude fibre increased with irrigation.

Irrigation increased the uptake (harvest) of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium. In spring and early autumn a curvilinear relation between dry matter production and radiation was found.

A large part of the variation in yield was explained by stress days (SD). SD was calculated by actual and potential evapotranspiration.

Key words: Irrigation, perennial ryegrass, chemical composition, radiation, stress days.

Indledning

Tidligere danske undersøgelser har vist, at der i visse perioder opnås en lav udnyttelse af tilført vandingsvand (Gregersen, 1980; Jørgensen, 1975).

Ved at vente med vanding til større udtørring vil sandsynligheden for nedbør før vanding stige. Ved at udsætte vandingen til større udtørring må der forventes færre vandinger, lavere vandfor-

brug og derfor et lavere kapacitetskrav. Derfor vil både faste omkostninger og driftsomkostninger falde ved stigende udtørring før vanding.

Det var forsøgenes formål at undersøge udtøringsgradens virkning på tørstofproduktion og kvalitet. Det var endvidere forsøgenes formål at undersøge, om planterne havde særligt tørkefølsomme perioder (faser).

Tabel 1. Forsøgsplan.
Experimental design.

Led <i>Treatment</i>	Fase, Phase			
	1 før 20/5	2 21/5-15/7	3 fra 16/7	
	vandpotentiale i 22 cm dybde ved vanding, bar <i>waterpotential, 22 cm depth at irrigation, bar</i>			
1.	0,825	0,450	0,450	
2.	0,825	0,450	0,850	
3.	0,825	0,450	3,000	
4.	0,825	0,825	0,825	
5.	0,825	0,825	3,000	
6.	0,825	3,000	0,825	
7.	0,825	3,000	3,000	
8. Som led 5, men der vandes yderligere til markkapacitet efter slæt. <i>As treatment 5, but in addition irrigation to field capacity after cut.</i>				
9. Kun nedbør. <i>Unirrigated.</i>				
	Underskud, Deficit			
	Jynde vad		Foulum	
	mm	%*	mm	%*
0,450 bar, svag udtørring, (sv) <i>slight drying</i>	15	25	34	30
0,825 bar, middel udtørring, (m) <i>medium drying</i>	28	47	49	43
3,000 bar, stærk udtørring, (st) <i>strong drying</i>	42	70	68	59
Tekstur	% ler	% silt	% finsand	% grovsand
Jynde vad	3,9	4,1	12,2	76,8
Foulum	7,6	12,2	49,3	30,9

* % af tilgængelig vandmængde.
per cent of available water.

Metodik

Forsøgene blev udført i årene 1978–83 ved Jynde-
vad forsøgsstation og 1979–82 ved Forsøgsanlæg
Foulum.

Der blev benyttet bruttoparceller på 15,60 m²
og nettoparceller på 11,04 m². Der var 4 fælles-
parceller pr. vandingsled i et split plot design med
kvælstof som primærfaktor og vanding som se-
kunderfaktor.

Vandingen blev foretaget med drypdyser mon-
teret i vandingsrammer med 20×20 cm afstand
mellem dyserne. Forsøgsplanen er vist i tabel 1.

Styring af vandingen ved svag og middel udtør-
ring skete med tensiometre. Målingerne blev fo-
retaget i 22 og 40 cm dybde. Ved stærk udtørring
skete styringen med neutronmetoden, og der
blev målt i 10, 20, 40, 60 og 80 cm dybde. Bereg-
ning af vandindholdet i 10 cm dybde skete efter
en speciel kalibreringskurve, som blev lavet på
Jynde vad forsøgsstation.

Der blev gødet med 450 og 650 kg kvælstof
(kalkammonsalpeter) pr. ha og 2000 kg 0-4-21
(PK-gødning) pr. ha. Gødningen blev tildelt med
30, 30, 25 og 15% til henholdsvis 1., 2., 3. og 4.
slæt.

Resultater

Nedbør og vandmængder

Forsøgsperiodens nedbør og de tildelte vand-
mængder fremgår af tabel 2 og 3. Juni måned er
normalt vandkrævende på grund af små nedbørs-
mængder og stor fordampning. Tabel 2 viser, at i
juni måned faldt der relativt store nedbørsmæng-
der i de fleste år ved både Jynde vad og Foulum.

Ved resultatgennemgangen tages der hensyn
til årsvariationen i vandingsbehovet. Forsøgspe-
riodens gennemsnitsresultater vises for begge lo-
kaliteter. Endvidere vises resultaterne fra 1982
og 1983 ved Jynde vad og 1982 ved Foulum, da
disse år havde relativt store vandingsbehov. Re-
sultaterne fra de nævnte år afviger derfor mest fra
gennemsnittene.

Da der kun i enkelte tilfælde var vekselvirkning
mellem kvælstofmængder og vandingsstrategi vi-
ses resultaterne som gennemsnit af de 2 kvælstof-
mængder.

Udbytter ved Jynde vad

I gennemsnit af forsøgsperioden blev der opnået
signifikante merudbytter for vanding ved alle
vandingsstrategier, tabel 4. Der blev derimod

Tabel 2. Nedbør, mm.
Precipitation, mm.

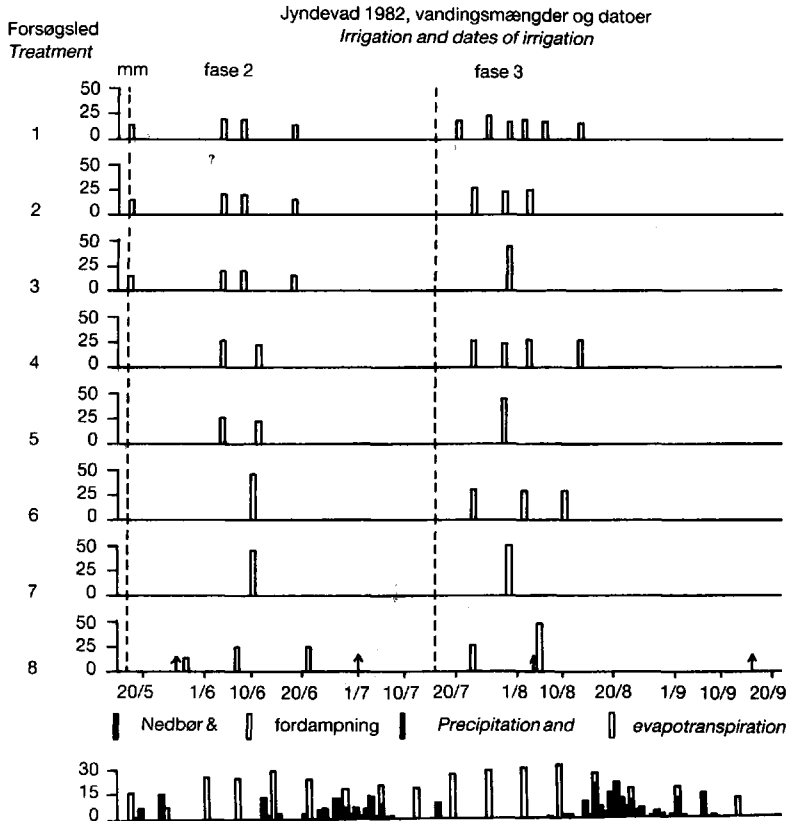
	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober
Jynde vad							
1978	26	25	85	83	70	105	82
1979	54	91	49	57	94	67	45
1980	37	10	163	99	161	73	246
1981	11	109	105	63	87	26	185
1982	32	54	72	44	135	54	86
1983	77	155	36	23	6	122	122
n1	45	45	48	80	92	78	75
Foulum (Stanghede)							
1979	61	89	61	38	95	92	55
1980	27	24	173	105	145	75	178
1981	13	107	138	116	74	52	126
1982	18	68	106	46	110	85	109
n2	39	35	47	77	84	77	77

n1 & n2: Nedbørnormal for Sønderjyllands- og Viborg amter.

Tabel 3. Vanding, mm.
Irrigation, mm.

Led Treatment	1978				1979				1980				1981				1982				1983			
	1	2	3	sum	1	2	3	sum	1	2	3	sum	1	2	3	sum	1	2	3	sum	1	2	3	sum
Jydevad																								
1	m	sv	sv	25 103 45 173 0	52	16	68	58 43 10	111	50	15	75 140 0	71	116	187	0	115	162	277					
2	»	»	m	25 103 35 163 0	59	0	59	58 43 0	101	50	15	78 143 0	71	77	148	0	115	129	244					
3	»	»	st	25 103 0 128 0	59	0	59	58 43 0	101	50	15	45 110 0	71	45	116	0	115	145	260					
4	»	m	m	25 110 35 170 0	46	0	46	58 30 0	88	50	21	67 138 0	49	104	153	0	80	166	246					
5	»	»	st	25 110 0 135 0	46	0	46	58 30 0	88	50	21	0 71 0	49	45	94	0	80	185	265					
6	»	st	m	25 100 35 160 0	50	37	87	58 0 0	58	50	0	85 135 0	45	88	133	0	95	155	250					
7	»	»	st	25 100 0 125 0	50	0	50	58 0 0	58	50	0	50 100 0	45	51	96	0	95	145	240					
8	»	m	st	25 125 35 185 0	51	0	51	58 22 10	90	50	43	20 113 0	63	75	138	0	80	174	254					
Foulum																								
1	m	sv	sv		0	45	45	90 0 115 0	115	41	31	26 98 0	105	123	228									
2	»	»	m		0	45	0	45 0 115 0	115	41	31	0 72 0	105	81	186									
3	»	»	st		0	45	0	45 0 115 0	115	41	31	0 72 0	105	70	175									
4	»	m	m		0	0	55	55 0 93 0	93	41	0	0 41 0	84	85	169									
5	»	»	st		0	0	65	65 0 93 0	93	41	0	0 41 0	84	75	159									
6	»	st	m		0	0	55	55 0 74 0	74	41	0	0 41 0	72	81	153									
7	»	»	st		0	0	65	65 0 74 0	74	41	0	0 41 0	72	80	152									
8	»	m	st		0	27	75	102 0 103 10	103	41	22	10 73 0	101	72	173									

1: før 20/5, 2: 21/5 – 15/7, 3: fra 16/7.



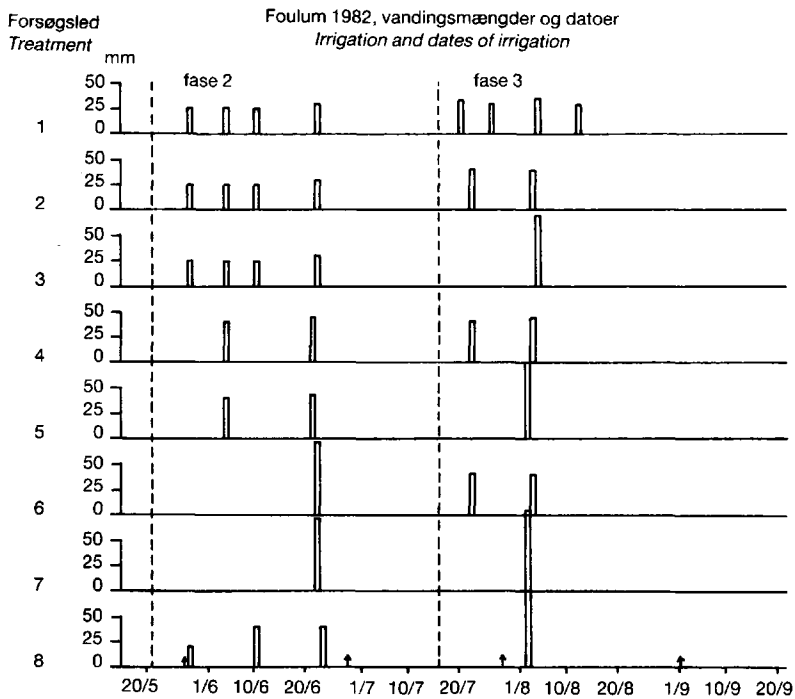
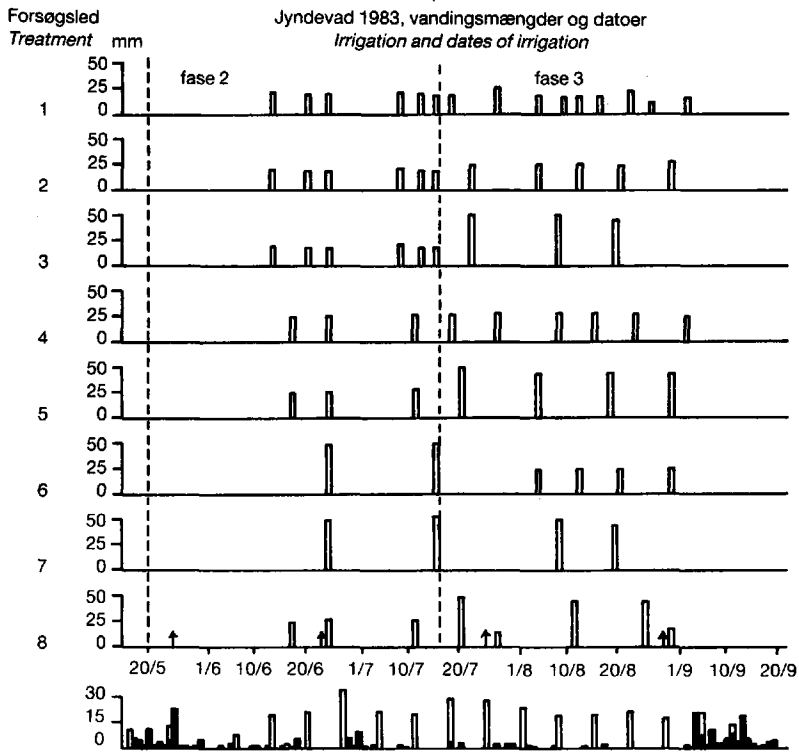


Fig. 1. Nedbør, vandning og fordampning.
Precipitation, irrigation and evapotranspiration.
↑ : slæt, cut.

Table 4. Udbytte, FE pr. ha i led 9, merudbytte for vanding led 1-8, Jynde vad.
Yield, feed units per ha, treatment 9, responses to irrigation, treatment 1-8, Jynde vad.

Led Treatment	1978/83		1. slæt 1st cut	2. slæt 2nd cut	3. slæt 3rd cut	4. slæt 4th cut	5. slæt 5th cut	Sum 1.-5. slæt 1st-5th cut	
	1	2							3
1	m	sv	sv	558	197	173	547	-116	1359
2	»	»	m	531	207	139	506	-80	1303
3	»	»	st	544	149	52	524	-126	1143
4	»	m	m	435	161	188	610	-113	1281
5	»	»	st	474	154	101	467	-42	1154
6	»	st	m	506	-56	459	543	-59	1393
7	»	»	st	434	-116	358	495	-93	1078
8	»	m	»	524	148	200	578	-38	1412
9	uvandet			3663	2887	2692	1817	1434	12493
LSD				109	113	119	86	-	654
1982									
1	m	sv	sv	83	1441	-120	376	-251	1529
2	»	»	m	127	1531	-398	370	-192	1438
3	»	»	st	35	1415	-767	335	-121	897
4	»	m	m	8	1374	-377	408	-252	1161
5	»	»	st	32	1147	-668	113	-194	430
6	»	st	m	-3	772	409	197	-247	1128
7	»	»	st	29	494	10	191	-140	584
8	»	m	»	-20	1312	-557	751	-204	1282
9	uvandet			4439	1851	2397	2089	743	11519
LSD				n.s.	237	217	214	82	340
1983									
1	m	sv	sv	-55	237	2649	2654	-238	5247
2	»	»	m	-18	241	2849	2424	25	5521
3	»	»	st	67	258	2649	2543	-245	5272
4	»	m	m	43	248	2945	2855	-193	5898
5	»	»	st	14	154	3130	2478	30	5806
6	»	st	m	58	-173	2948	2781	149	5763
7	»	»	st	131	-44	2932	2720	-118	5621
8	»	m	»	-59	194	2816	2652	36	5639
9	uvandet			3832	2847	1109	0	1962	9750
LSD				n.s.	215	353	231	-	1021

ikke fundet sikre forskelle mellem vandingsstrategierne. Der blev i gennemsnit opnået 1265 FE pr. ha for vanding.

I 1. slæt blev der fundet sikre merudbytter for vanding ved alle udtørningsgrader, men der var kun mindre udbytteforskelle mellem de forskellige udtørningsgrader. Beregnet som gennemsnit af de vandede forsøgsled blev der i 1. slæt opnået 500 FE pr. ha for vanding.

I 2. slæt fik man ikke merudbytte for vanding ved stærk udtørring, men i gennemsnit af de øvrige forsøgsled gav det et merudbytte på 170 FE pr. ha. Der blev ikke fundet sikre forskelle på vanding ved svag og middel udtørring i 2. slæt.

I 3. slæt blev der opnået større merudbytte for vanding ved stærk udtørring, led 7, end efter vanding ved svag eller middel udtørring, led 1 og 4.

I 4. slæt blev der i gennemsnit opnået 534 FE pr. ha for vanding, og der blev ikke fundet principielle forskelle mellem de enkelte vandingsstrategier.

I 5. slæt blev der ikke fundet signifikante udslag for vanding.

I 1982 blev der kun vandet en gang i led 1-3 til 1. slæt. I vækstperioden for 2. slæt var der en lang tørkeperiode, og der blev opnået store merudbytter for vanding, op til 1500 FE pr. ha. Der var en mindre udbyttenedgang efter vanding ved middel udtørring sammenlignet med vanding ved svag udtørring, led 4 og 5 sammenlignet med led 1-3. Blev vandingen udsat til stærk udtørring, blev merudbytterne ca. halveret, led 6 og 7. Disse led blev kun vandet én gang, fig. 1.

Vækstperioden for 3. slæt var nedbørsfattig og med stor fordampning. I forsøgsleddene med svag og middel udtørring i 2. fase, hvor der blev opnået store merudbytter for vanding i 2. slæt, blev der fundet negative merudbytter for vanding. Stærk udtørring i 3. fase forstærkede det negative udslag.

Den første del af vækstperioden for 4. slæt var tør med stor fordampning. Det største merudbytte for vanding blev opnået efter vanding ved stærk udtørring i 3. fase kombineret med vanding efter slæt, 751 FE pr. ha.

I 5. slæt var udbyttene lavt. Det uvan-

dede forsøgsled gav et højere udbytte end samtlige vandede forsøgsled.

I 1982 blev der kun fundet en mindre nedgang i totaludbyttet ved stigende udtørningsgrad før vanding i 2. fase, sammenlign led 2, 4 og 6. Vanding ved stærk udtørring i 3. fase medførte en relativ stor udbyttenedgang i forhold til vanding ved middel udtørring, sammenlign led 4 og 5.

I 1983 opstod der først vandingsbehov i sidste del af 2. slæts vækstperiode, fig. 1. Der blev opnået merudbytter på op til 250 FE pr. ha for vanding. Der var ikke forskel på merudbytterne, enten der var vandet 2 gange, som ved svag udtørring, eller 1 gang, som ved middel udtørring.

Vækstperioden for 3. slæt var nedbørsfattig med periodisk meget høj fordampning, fig. 1. Der blev i dette slæt opnået op til 3000 FE pr. ha for vanding.

I 4. slæt blev der intet høstet under uvandede forhold, da der kun faldt ubetydelige nedbørsmængder i begyndelsen af slætperioden. I de vandede forsøgsled blev der høstet mellem 2420 og 2855 FE pr. ha.

Udbytter ved Foulum

Tabel 5 viser gennemsnitsudbytterne for forsøgsperioden 1979-82.

I 1. slæt blev der ikke fundet sikre udslag for vanding.

I 2. slæt blev der ikke opnået merudbytter for vanding ved stærk udtørring, led 6 og 7. Ved alle øvrige forsøgsbehandlinger blev der opnået sikre udslag for vanding. Der blev derimod ikke fundet sikre forskelle på de enkelte vandingsstrategier. Forsøgsled 8, hvor der blev vandet efter slæt, gav et relativt stort merudbytte for vanding.

I 3. slæt blev der fundet negative merudbytter for vanding i de fleste forsøgsled. Der var en tendens til, at forsøgsbehandlinger, som gav det største merudbytte i 2. slæt, gav det største negative udslag i 3. slæt.

I 4. slæt blev der opnået sikre udslag for vanding i de fleste forsøgsled. Der blev ikke fundet nogen klar sammenhæng mellem forsøgsudslag og vandingsstrategi.

Beregnet på forsøgsperiodens gennemsnitlige

Tabel 5. Udbytte, FE pr. ha i led 9, merudbytte for vanding led 1-8, Foulum.
Yield, feed units per ha, treatment 9, responses to irrigation, treatment 1-8, Foulum.

Led Treatment	1979/82			1. slæt 1st cut	2. slæt 2nd cut	3. slæt 3rd cut	4. slæt 4th cut	5. slæt 5th cut	Sum 1.-5. slæt 1st-5th cut
	1	2	3						
1	m	sv	sv	60	267	-326	213	-77	137
2	»	»	m	124	277	-260	163	-49	255
3	»	»	st	12	326	-396	65	-35	-28
4	»	m	m	63	179	-106	118	-69	185
5	»	»	st	41	239	-215	254	-83	236
6	»	st	m	-10	-33	25	60	-55	-13
7	»	»	st	28	83	-147	140	-53	51
8	»	m	»	-17	349	-278	275	-74	255
9	uvandet			3299	3584	3607	2144	395	13029
LSD				n.s.	157	162	136	n.s.	n.s.
Led Treatment	1982			1. slæt 1st cut	2. slæt 2nd cut	3. slæt 3rd cut	4. slæt 4th cut	5. slæt 5th cut	Sum 1.-5. slæt 1st-5th cut
	1	2	3						
1	m	sv	sv	244	715	-864	1041	-308	828
2	»	»	m	145	887	-699	1044	-194	1183
3	»	»	st	-158	938	-1109	1006	-140	537
4	»	m	m	211	745	-291	928	-273	1320
5	»	»	st	137	566	-751	1160	-332	780
6	»	st	m	-17	-119	364	722	-217	733
7	»	»	st	-34	-4	211	815	-209	779
8	»	m	»	-24	841	-758	1214	-295	978
9	uvandet			3456	3306	3699	1304	1578	13343
LSD				n.s.	300	298	154	n.s.	n.s.

årlige udbytter blev der ikke fundet signifikante udslag.

Resultaterne fra Foulum 1982 er vist i nederste del af tabel 5.

I 2. slæt blev der opnået fra 566 til 938 FE pr. ha for vanding og der blev opnået større udslag for vanding ved svag end ved middel udtørring, led 1-3 sammenlignet med led 4-5. Vanding ved stærk udtørring, led 6-7, gav intet merudbytte. Linien i forsøgsudslagene for 1982 i 2. og 3. slæt var den samme som for forsøgsperiodens gennemsnitsresultater, idet de største udslag i 2. slæt blev efterfulgt af negative udslag for vanding i 3. slæt.

I 4. slæt blev der opnået op til 1214 FE pr. ha for vanding. Der blev ikke fundet nogen klar

sammenhæng mellem forsøgsudslag og vandingstrategi.

Beregnet på årets totaludbytte blev der ikke fundet sikre forskelle. Det største merudbytte blev fundet ved vanding ved middel udtørring gennem hele vækstperioden, 1320 FE pr. ha i led 4. Vanding ved stærk udtørring gennem hele vækstperioden, led 7, gav et merudbytte for vanding på 779 FE pr. ha.

Næringsstoffoptagelse og koncentrationer i tørstof

I tabel 6 er vist næringsstoffoptagelse og koncentrationer i tørstof som gennemsnit af hele forsøgsperioden ved Jyndevad. I de fleste tilfælde var der kun små forskelle på de enkelte vandingstrategier. Der er derfor beregnet gennem-

Tabel 6. Næringsstofoptagelse, kg pr. ha. Koncentration i tørstof, %, Jynde vad.
Recovery of nutrients, kg per ha. Concentration of nutrients in dry matter, %, Jynde vad.

	kg pr. ha				%					
	N	P	K	Mg	N	NO ₃ -N	P	K	Mg	træstof
Vandet, gns. <i>Irrigated, mean</i>	448	64	548	32	2,99	0,16	0,43	3,67	0,22	23,63
Uvandet, gns. <i>Unirrigated, mean</i>	408	56	487	28	3,07	0,19	0,42	3,67	0,21	22,34
LSD	12,3	1,6	14,1	1,0	0,04	0,01	0,01	–	0,01	0,02

snit af alle vandede led. Tabel 6 viser, at vanding har forøget optagelsen af de viste næringsstoffer. Meroptagelsen var især markant for kvælstof og kalium.

Vanding medførte en koncentrationsnedgang for kvælstof og nitratkvælstof, medens koncentrationen af fosfor og magnesium steg, kaliumkoncentrationen var uændret og træstofindholdet var størst efter vanding.

Afgrødens nitratindhold har særlig interesse for kvaliteten. Fig. 2 viser, at når udbyttet var lavt i det uvandede forsøgsled, var nitratindholdet højt.

Vandudnyttelse

Tabel 7 viser, at forbruget af vandingsvand og den aktuelle fordampning faldt med stigende ud-

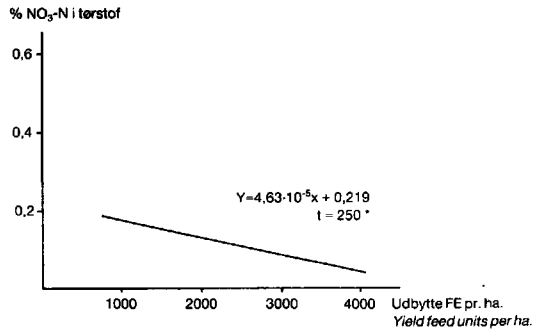


Fig. 2. Koncentration af NO₃-N i tørstof som funktion af udbyttet. Uvandet, N1 1.–3. slæt 1981–83.
Nitrate nitrogen in dry matter as a function of the yield. Unirrigated N1 1st–3rd cut 1981–83.

tørringsgrad før vanding. Vandudnyttelsen steg med stigende udtørringsgrad i 2. fase.

Tabel 7. Vanding, mm, aktuel fordampning (Ea), mm og vandudnyttelse, FE pr. mm, Jynde vad.
Irrigation, mm, actual evapotranspiration (Ea), mm, and water utilization, feed units per mm.

Led <i>Treatment</i>	Vanding, gns. 1978/83, mm <i>Irrigation</i> 1978/83, mm	Aktuel fordampning Ea, gns. 1980/83 <i>Actual evapotranspiration, average</i> 1980/83, mm	Vandudnyttelse. <i>Water utilization</i>				
			af Ea gns. 1980/83	af vandingsvand			
				gns. 1978/83	1983		
			FE pr. mm				
1	m	sv	159	398	34,7	8,5	19,0
2	»	»	143			9,1	22,6
3	»	»	129			8,9	20,3
4	»	m	140	392	35,4	9,1	24,0
5	»	»	111			10,4	21,9
6	»	st	130			10,7	27,4
7	»	»	105	374	36,4	10,3	28,1
8	»	m	140			10,1	22,2
9	uvandet			311	38,0		

I det tørre år 1983 var udnyttelsen af vandingsvand 2-3 gange større end forsøgsperiodens gennemsnitlige vandudnyttelse.

Tørstofproduktion og indstråling

Tabel 8 viser tørstofproduktionen som funktion af indstråling. Ved høj indstråling i den midterste del af vækstsæsonen, slæt 2 og 3, blev der ikke fundet nogen sammenhæng. Dette er vist med data fra 3. slæt.

I 1. og 4. slæt blev der fundet tættere, og i flere tilfælde signifikante, sammenhænge.

Den største stigning i tørstofproduktionen med stigende indstråling blev i alle tilfælde fundet ved den største kvælstofmængde.

Tørkestress og stressdage

Et mål for en tørkeperiodes styrke er søgt beregnet ved hjælp af stressdage, SD (Hiler & Clark, 1971; Mogensen, 1978):

$$SD = \left(1 - \frac{E_a}{E_p} \right) D$$

Ea: *Aktuel evapotranspiration*
Actual evapotranspiration

Ep: *Potentiel evapotranspiration*
Potential evapotranspiration

D: *Dage i vækstperioden*
(slætperioden)
Days in the growing period

Tabel 8. Tørstofproduktion som funktion af indstråling ved to kvælstofniveauer, Jynde vad.
Yield of dry matter as a function of radiation and nitrogen, Jynde vad.

		\bar{x}	\bar{y}	b	a	r ²	t
<i>1. slæt</i>							
1978, 80, 81, 82 og 83							
led 1	N1	46,8	50,5	0,389	32,3	0,63	2,25
	N2	46,8	56,0	0,642	25,9	0,67	2,45
led 4	N1	46,8	48,8	0,314	34,1	0,81	3,57*
	N2	46,8	53,4	0,338	37,5	0,75	2,97*
<i>3. slæt</i>							
1978-83							
led 1	N1	57,1	30,3	-0,005	30,6	-	0,02
	N2	57,1	32,5	0,180	22,0	-	0,55
<i>4. slæt</i>							
1978-83							
led 1	N1	43,0	23,5	0,335	9,1	0,29	1,29
	N2	43,0	28,2	0,702	-1,9	0,56	2,24
led 4	N1	43,0	24,0	0,411	6,3	0,54	2,18
	N2	43,0	29,1	0,832	-6,6	0,76	3,59*

\bar{x} : gns. indstråling, megajoule (MJ) pr. cm² og slæt.
average radiation, megajoule per cm² and cut.

\bar{y} : gns. tørstofproduktion, hkg pr. ha og slæt.
average dry matter yield, hkg per ha and cut.

b: regressionskoefficient.
regression coefficient.

r²: korrelationskoefficient.
correlation coefficient.

t: t-test.

Ep blev bestemt med fordampningsmåler. Ea blev bestemt ved hjælp af direkte målinger i marken (Jørgensen, 1979).

Tørstofproduktionen som funktion af SD i alle slæt, hvor der var tørkeperioder i årene 1980–83, er vist i tabel 9. Endvidere er vist resultater fra 2 enkeltslæt i 1983. Udbytter, som var stærkt påvirket af forholdene i det foregående slæt, er ikke medtaget i beregningerne. Beregningerne er i de fleste tilfælde baseret på led 4, 7 og 9. I enkelte tilfælde er andre led, som viste tørkestress, inddraget.

Der blev fundet signifikante sammenhænge i alle 3 tilfælde, men tabel 9 viser, at sammenhængen mellem tørstofudbytte og SD, udtrykt ved hældningen b, ikke var entydig fra slæt til slæt.

Diskussion

På grovsandet jord ved Jydevad forsøgsstation blev der opnået et gennemsnitligt merudbytte på 1265 FE pr. ha for vanding. På sandblandet lerjord ved Foulum blev der ikke opnået merudbytter på de gennemsnitlige årlige totaludbytter. Gregersen (1980) fandt et merudbytte for vanding af græs på 2890 FE pr. ha på sandjord og 2420 FE pr. ha på lerjord. Jørgensen (1975) fandt et merudbytte på 1400 FE pr. ha for vanding. En del af årsagen til disse forskelle kan være forskelle i nedbøren i vækstperioden, som kan slå ret stærkt igennem i korte forsøgsperioder.

Forsøgene viste, at store merudbytter for vanding i et slæt ofte blev efterfulgt af en negativ eftervirkning i det følgende slæt. Dette er et fænomen, som flere forskere har fundet (Garwood *et al.*, 1980; Ennik *et al.*, 1980; Prins, 1983; Søegaard, 1984 c). Hovedårsagerne angives at være, at efter høst af et stort slæt findes der kun få plantedele, som kan assimilere kulstof. Endvidere findes der kun lidt letopløseligt kulhydrat i rod og stub. Disse forhold i forening vanskeliggør genvækst og kan føre til plantedød.

Forsøgene viste, at kun i tørkeperioder med høj fordampning blev tørstofproduktionen øget efter vanding ved svag udtørring i forhold til vanding ved middel udtørring, f.eks. Jydevad 1983, led 4 og 5 sammenlignet med led 1–3. Dette er i overensstemmelse med Denmead og Shaw (1962) og Søegaard (1984 a), som fandt, at faldet i tørstofproduktionen som funktion af faldende vandpotentiale i jorden var størst ved høj fordampningsintensitet.

I tørre perioder var det en fordel at vande straks efter slæt for at få gødningen opløst og væksten startet. Dette er i overensstemmelse med Garwood og Tyson (1973).

Vanding medførte en faldende kvælstofkoncentration og et stigende fosfor-, magnesium- og træstofindhold. Dette er i overensstemmelse med Søegaard (1984 b). I en græsblanding fandt Johnston *et al.* (1978) en meroptagelse af kvælstof, fosfor og kalium på henholdsvis 22, 28 og 25%.

Tabel 9. Tørstofproduktion som funktion af stressdage (SD).
Yield of dry matter as a function of stress days (SD).

	\bar{x}	\bar{y}	b	a	r^2	t
1980–83	8,4	28,9	-1,35	40,3	0,55	4,53***
1983 3. slæt	10,9	36,5	-1,86	56,8	0,76	3,10*
1983 4. slæt	7,3	19,2	-0,96	26,2	0,94	6,78**

- \bar{x} : gns. stressdage.
average stress days.
- \bar{y} : gns. tørstofproduktion, hkg pr. ha og slæt.
average yield of dry matter, hkg per ha and cut.
- b: regressionskoefficient.
regression coefficient.
- r^2 : korrelationskoefficient.
correlation coefficient.
- t: t-test.

Der blev fundet en retliniet sammenhæng mellem tørstofproduktion og indstråling i perioder med lav indstråling. *Alcock og Al-Juboury* (1981) fandt også en retliniet sammenhæng, men denne blev væsentligt forbedret, når alle plantedele inkl. rødder blev inddraget i beregningerne.

Aktuel fordampning/potentiel fordampning (Ea/Ep) benævnes ofte som relativ fordampning. Når planterne har svært ved at optage vand, vil den aktuelle fordampning falde (*Denmead & Shaw*, 1962), og dermed vil tørstofproduktionen også falde.

Det må derfor forventes, at den relative fordampning kan anvendes i et kvantitativt udtryk for planternes stresssituation. *Hiler og Clark* (1971) anvendte den relative fordampning til beregning af en stressdagsfaktor. *Mogensen* (1978) anvendte samme princip, men med beregning over en længere periode. *Hiler og Clark* (1971) beregnede stressdage på enkelt døgn. Der blev fundet en tæt negativ sammenhæng mellem tørstofproduktion og stressdage beregnet ved hjælp af den relative fordampning.

Relationen, som blev fundet for perioden 1980–83, viste sig imidlertid mindre egnet på enkeltslæt. Dette kan bl.a. skyldes, at afgrødens reaktion kan være forskellig fra slæt til slæt på grund af fysiologiske eller biokemiske årsager. Endvidere kan det ikke udelukkes, at tørkestress kan have forskellig effekt på forskellige udviklingstrin i planternes vækstperiode.

Konklusion

I gennemsnit af forsøgsårenes totaludbytter blev der på grovsandet jord ved Jyndeved forsøgsstation opnået 1265 FE pr. ha for vanding. Merudbyttet er relativt lavt, set i forhold til merudbytterne i tidligere forsøg. Dette skyldes primært, at maj og juni var nedbørsrige i de fleste forsøgsår.

På fin lerblandet sandjord ved Foulum blev der ikke opnået sikre merudbytter i gennemsnit af forsøgsårene, men i det tørre år 1982 blev der opnået op til 1300 FE pr. ha for vanding.

Beregnet på årenes totaludbytter gav det intet merudbytte at vande på grovsandet jord før 70% af den plantetilgængelige vandmængde var opta-

get. Vanding, når 70% af den plantetilgængelige vandmængde var optaget, medførte et gennemsnitligt vandforbrug på 105 mm pr. år, medens vanding ved 50% medførte et vandforbrug på 140 mm.

I tørre perioder med stor fordampning var det derimod nødvendigt at vande, når 25–50% af den plantetilgængelige vandmængde var optaget, hvis tørstofproduktionen skulle opretholdes. Et stort udbytte i en slæt kunne medføre negative merudbytter for vanding i den følgende slæt.

Forsøgene viste, at i tørre perioder var det nødvendigt at vande straks efter slæt for at få gødningsopløst og væksten startet.

Vanding sænkede koncentrationen af totalkvælstof og nitratkvælstof i tørstoffet. Fosforkoncentrationen, magnesiumkoncentrationen og træstofindholdet steg efter vanding. Vanding medførte følgende meroptagelser af næringsstoffer i kg pr. ha: Kvælstof 40, fosfor 8, kalium 61, magnesium 4.

I forårs- og sensommerperioden kunne strålingsintensiteten være begrænsende for tørstofproduktionen.

I praksis bør hovedreglen være, at alm. rajgræs vandes til markkapacitet, når 60–70% af den plantetilgængelige vandmængde er optaget. I længerevarende tørkeperioder med stor fordampning skal der vandes, når 25–50% af den plantetilgængelige vandmængde er optaget, hvis tørstofproduktionen skal opretholdes. Der bør tilføres vand efter slæt og gødningsudbringning.

Litteratur

- Alcock, M. B. & Al-Joboury, H. H.* (1981): The effect of solar radiation and water stress on the growth of grass. Proc. symp. British Grassland Soc. 13, 225–230.
- 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, 385–390.
- Ennik, G. C., Gillet, M. & Sibma, L.* (1980): Effect of high nitrogen supply on sward deterioration and root mass. Proc. Int. Symp. Eur. Grassland Fed., 67–76.
- Garwood, E. A., Salette, J. & Lemaire, G.* (1980): The influence of water supply to grass on the response to fertilizer nitrogen and nitrogen recovery. Proc. Int. Symp. Eur. Grassland Fed., 59–65.

- Garwood, E. A. & Tyson, K. C.* (1973): The response of S 24 perennial ryegrass swards to irrigation. I. Effects of partial irrigation on DM yield and on the utilization of applied nitrogen. *J. Br. Grassld. Soc.* 28, 223–233.
- Gregersen, A. K.* (1980): Vand og kvælstofgødning til flerårigt græs og kløvergræs. *Tidsskr. Planteavl* 84, 191–208.
- Hiler, E. A. & Clark, R. N.* (1971): Stress day index to characterize effects of water stress on crop yields. *Trans. ASAE* 14, 757–761.
- Johnston, A. E., Poulton, P. R. & Williams, R. J. B.* (1978): Results from an experiment on all-grass and grass-clover leys at Saxmundham, 1969–76, and changes in soil pH, nitrogen, phosphorus and potassium due to cropping and manuring. *Rothamsted Rep.*, 1978, part 2, 99–117.
- 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 Laboratorium, KVL*, 44 pp.
- Prins, W. H.* (1983): Limits to nitrogen fertilizer on grassland. Doctoral thesis, Wageningen.
- Søgaard, K.* (1984a): Vand og kvælstof til almindelig rajgræs. I. Planteproduktion, vandudnyttelse, jordtemperatur og morfologisk udvikling ved kontrolleret vandtilførsel. *Tidsskr. Planteavl* 88, 140–141.
- Søgaard, K.* (1984b): Vand og kvælstof til almindelig rajgræs. II. Planternes kemiske sammensætning ved kontrolleret vandtilførsel. *Tidsskr. Planteavl* 88, 142–143.
- Søgaard, K.* (1984c): Vand og kvælstof til almindelig rajgræs. IV. Markforsøg med græs i renbestand og iblandet kløver. *Tidsskr. Planteavl* 88, 146.

Manuskript modtaget den 8. marts 1984.