

Vandforsyningens indflydelse på udbytte og kvalitet af kartofler

The effect of water stress on potato growth, development, yield and quality

V. Jørgensen

Resumé

I perioden 1977–83 blev der gennemført vandingsforsøg på 2 lokaliteter, Jynde vad med grovsandet jord og Tylstrup med finsandet jord. Endvidere blev forsøgene gennemført i et forsøgsanlæg med mobil overdækning i perioden 1981–1983. Forsøgene blev gennemført med 3 udtørningsgrader, 0,4 bar (svag udtørring), 0,8 bar (middel udtørring) og 2,0 bar (stærk udtørring).

Vækstperioden blev inddelt i 3 faser: Før knolddannelse, knolddannelsesfasen og knoldvækstfasen. I 1. fase blev alle forsøgsled vandet til markkapacitet ved 0,8 bar. I de 2 øvrige faser blev forsøgene gennemført med alle kombinationsmuligheder af de 3 udtørningsgrader, i alt 9 forsøgsled plus uvandet i markforsøgene.

I gennemsnit af forsøgsårene 1977–83 blev der opnået op til 120 hkg knolde pr. ha i merudbytte for vanding af kartofler på grovsandet jord ved Jynde vad. På finsandet jord ved Tylstrup fik man op til 100 hkg pr. ha i merudbytte.

Vanding ved svag udtørring, dvs. hyppig vanding, medførte:

I knolddannelsesfasen

- større udbytte.
- dannelse af flere knolde.
- flere knolde i mellemstørrelsen (30–50 mm).
- 1,2% mere stivelse end ved stærk udtørring.
- markant reduktion af skurvangreb på grovsandet jord.
- den bedste hudkvalitet og mindre skrælsplid.
- mindre udkogning.
- bedre konsistens efter kogning.
- upåvirket tørstofindhold.
- upåvirket mørkfarvning efter kogning.
- upåvirket smag.
- upåvirket chipskvalitet.

I knoldvækstfasen

- betydelig større udbytte.
- mindre mørkfarvning efter kogning.

- upåvirket smag.
- større udkogning.
- lidt dårligere hudkvalitet.
- dårligere chipskvalitet.

Ved »normal læggetid« og anvendelse af let forvarmede læggeknolde bliver op til 50% af den totale kvælstofmængde optaget inden den 15. juni, hvorfor man bør slut- eller eftergøde inden dette tidspunkt.

Koncentrationen af de enkelte aminosyrer steg med stigende udtørring før vanding, men de høstede aminosyremængder var størst, hvor der var det største knoldudbytte.

Det konkluderes, at kartofler bør vandes ved 0,4–0,8 bar, målt i dybden med mest aktiv rodmasse – ca. 18–20 cm dybde. Vandingsstrategien bør planlægges i overensstemmelse med produktionsformålet.

Nøgleord: Vanding, kartofler, skurv, kogekvalitet, chipskvalitet, kemisk sammensætning, tørkestress.

Summary

Over the period 1977–83 irrigation experiments were carried out at 2 sites, coarse sandy soil at Jyndevad and fine sandy soil at Tylstrup. In addition experiments were carried out in an experiment plan with mobile roof.

The experiments were carried out with 3 soil water potentials, 0.4 bar, 0.8 bar and 2.0 bar. The growing period was divided into 3 periods: Before tuber initiation, tuber initiation and tuber growing.

In the first period all treatments were irrigated to field capacity at 0.8 bar. In the 2 remaining periods the experiments were carried out with all possible combinations of the mentioned soil water potentials.

The yield increase by irrigation was up to 120 hkg tubers per ha.

Irrigation at 0.4 bar (frequent irrigation) resulted in:

The tuber initiation period

- higher yield.
- more tubers.
- more tubers of the medium size (30–50 mm).
- 1.2% higher starch content than by irrigation at strong drying.
- reduction in the attack of common scab at coarse sandy soil.
- a better quality of the cork.
- reduction in boiling to a mash.
- better consistency after cooking.
- unaffected dry matter content.
- unaffected dark colouration after cooking.
- unaffected taste.
- unaffected quality of chips.

The tuber growing period

- considerably higher yield.
- reduction in dark colouration after cooling.
- unaffected taste.
- increased tendency of boiling to a mash.

- tendency to a worse quality of cork.
- a worse quality of chips.

At normal planting time nearly 50% of the nitrogen was taken up before 15th June.

The concentrations of the amino acids increased by increasing drying before irrigation, but the harvested amounts of amino acids were highest at the highest tuber yield.

It is concluded that potatoes must be irrigated at 0.4–0.8 bar measured in the depth with the most active root mass, about 18–20 cm depth. The irrigation strategy must be planned in accordance with the aim of the production.

Key words: Irrigation, potatoes, common scab, quality after cooking, quality of chips, chemical composition, water stress.

Indledning

Sammenlignet med andre afgrøder er kartofler relativt tørkefølsomme. Ældre undersøgelser har vist, at der under danske forhold i gennemsnit af en årrække kan opnås et merudbytte for vanding på 50–60 hkg knolde pr. ha (Gregersen & Jørgensen, 1973). Der kan også opnås særdeles gode økonomiske resultater ved vanding af kartofler (Laursen, 1981).

I de ældre forsøg blev vandingsfrekvensens betydning imidlertid ikke undersøgt. Valg af den rigtige vandingsfrekvens har fået stigende betydning i de senere år. Hvis vandingen i en periode kan udsættes til større udtørring, vil sandsynligheden for nedbør før vanding stige, og der bliver brug for færre vandinger. Vandforbruget og det totale kapacitetskrav falder. Derfor vil både faste omkostninger og driftsomkostninger falde ved stigende udtørring før vanding.

Det var forsøgenes formål at undersøge udtøringsgradens virkning på udbytte og en række kvalitetsfaktorer samt, om planterne har særlig tørkefølsomme perioder under udviklingen.

Metodik

Forsøgene blev gennemført som markforsøg ved Jyndeved i perioden 1977–83, ved Tylstrup i perioden 1977–82 og i et specielt forsøgsanlæg ved Jyndeved i perioden 1981–83. Forsøgsplan, forsøgsbetingelser, vanding og klimaforhold fremgår af tabel 1–5. Sorten Bintje blev anvendt i alle forsøg.

Vanding af markforsøgene blev foretaget med plastrør placeret på kammene. I rørene var monteret drypdyser med 20 cm afstand. I forsøgsanlægget blev vandingen foretaget med vandingsrammer. I vandingsrammerne var monteret drypdyser med 15 × 15 cm afstand mellem dyserne. Under vandingen befandt drypstederne sig ca. 50 cm over planterne.

Forsøgsanlægget var forsynet med automatisk, mobil overdækning, som kun dækkede parcellerne, når der faldt nedbør. I forsøgsanlægget var der derfor fuldstændig kontrol med vandfaktoren.

Tabel 1. Tekstur og underskud, mm ved tre jordvandspotentialer, bar.
Texture and deficit, mm, at three soil water potentials, bar.

Ler <i>Clay</i>	Tekstur, vægtprocent <i>Texture, per cent by weight</i>		Grovsand <i>Coarse sand</i>	Underskud, mm <i>Deficit, mm</i>		
	Silt <i>Silt</i>	Finsand <i>Fine sand</i>		0,4 bar Svag udtørring <i>Slight drying</i> (sv)	0,8 bar Middel udtørring <i>Medium drying</i> (m)	2,0 bar Stærk udtørring <i>Strong drying</i> (st)
Jyndeved	3,9	4,1	76,8	15	28	40
Tylstrup	3,7	6,2	12,0	20	35	50

Tabel 2. Forsøgsplan, jordvandspotentialer ved vanding, bar.
Experiment plan, soil water potentials at irrigation, bar.

Led <i>Treatment</i>	Fase Phase		
	1	2	3
	Indtil begyndende knolddannelse <i>Before tuber initiation</i>	Knolddannelses- fasen <i>Tuber initiation</i>	Knoldvækst- fasen <i>Tuber growing</i>
1	0,8	0,4	0,4
2	0,8	0,4	0,8
3	0,8	0,4	2,0
4	0,8	0,8	0,4
5	0,8	0,8	0,8
6	0,8	0,8	2,0
7	0,8	2,0	0,4
8	0,8	2,0	0,8
9	0,8	2,0	2,0
10	ingen vanding <i>no irrigation</i>		

Tabel 3. Gødskning og planteafstand.
Fertilization and distance between plants.

	Markforsøg <i>Field experiments</i>		Forsøgsanlæg <i>Experiment plan</i>
	Jyndeved	Tylstrup	
Parcelstørrelse, m ² <i>Plot size, m²</i>	13,0	13,0	3,4
Rækkeafstand, cm <i>Distance between rows, cm</i>	75,0	75,0	60,0
Planteafstand, cm <i>Distance between plants, cm</i>	33,3	33,3	28,0
PK, kg pr. ha (0-4-21)	1200	700	1380
N1 kg kvælstof pr. ha i kas.	120	120	130
N2 kg kvælstof pr. ha i kas.	160	160	155
N3 kg kvælstof pr. ha i kas.			180

Tabel 4. Vanding, gns., mm.
Irrigation, average, mm.

Led	Fase		Jy			Ty			F			Jy 1982		
	2	3	2	3	Total	2	3	Total	2	3	Total	2	3	Total
1	sv	sv	40	71	111	41	64	105	127	149	276	37	142	179
2	sv	m	40	58	98	41	42	83	127	84	211	37	88	125
3	sv	st	39	46	85	41	38	79	127	68	195	37	97	134
4	m	sv	30	73	103	23	66	89	81	176	257	36	126	162
5	m	m	30	59	89	23	43	66	81	102	183	36	111	147
6	m	st	30	44	74	23	38	61	81	95	176	36	121	157
7	st	sv	24	64	88	23	68	91	41	184	225	42	121	163
8	st	m	23	56	79	23	43	66	41	118	159	35	108	143
9	st	st	18	49	67	23	45	68	41	77	118	0	122	122
10	uvandet													

Symboler. Symbols

Jy: Markforsøg, Jyndeved, 1977-83.
Field experiment, Jyndeved, 1977-83.
 Ty: Markforsøg, Tylstrup, 1977-82.
Field experiment, Tylstrup, 1977-82.
 F: Forsøgsanlæg, Jyndeved, 1981-83.
Experiment plan, Jyndeved, 1981-83.

sv: svag udtørring.
slight drying.
 m: middel udtørring.
medium drying.
 st: stærk udtørring.
strong drying.

Tabel 5. Gns. nedbør og fordampning i juni og juli.
Average precipitation and evaporation, June and July.

	Jy		Ty		F		Jy 1982	
	juni	juli	juni	juli	juni	juli	juni	juli
Nedbør, gns. forsøgsårene	82	59	78	53			72	45
<i>Precipitation, average experiment years</i>								
»nedbørsnormal«	45	84	51	76			45	84
<i>»precipitation, average«</i>								
Fordampning, gns. forsøgsårene ¹⁾	82	90	87	95	89	106	100	110
<i>Evaporation, average experiment years²⁾</i>								
»fordampningsnormal« ¹⁾	92	96	88	97	92	96	92	96
<i>»evaporation, average«²⁾</i>								

¹⁾ Potentiel.

²⁾ Potential.

Resultater

I tabel 6 er vist de gennemsnitlige totaludbytter af knolde fra alle forsøg, led 10, og merudbytter for vanding i led 1-9. Desuden er vist resultaterne fra markforsøget ved Jyndeved i 1982, som eksempel på et tørt år. I resultaterne fra forsøgsanlægget er merudbyttet beregnet i forhold til led 9, stærk udtørring i hele vækstperioden, da der ikke var et uvandet forsøgsled i forsøgsanlægget.

I markforsøget ved Jyndeved blev der i gennemsnit af hele forsøgsperioden opnået fra 76-119 hkg knolde pr. ha i merudbytte for vanding. Ved Tylstrup var merudbyttet for vanding mindre, 58-97 hkg knolde pr. ha. I det tørre år 1982 blev der ved Jyndeved opnået 36-166 hkg knolde i merudbytte for vanding. I forsøgsanlægget blev der opnået 71-244 hkg knolde mere pr. ha i for-

Tabel 6. Gns. udbytte af knolde, hkg pr. ha, knoldantal pr. 100 m², aktuel fordampning og vandudnyttelse af vandingsvand.

Yield of tubers, hkg per ha, number of tubers per 100 m², actual evapotranspiration and utilization of irrigation water.

Led	Fase		Udbytte Yield				Knoldantal Number of tubers				Aktuel for- dampning, mm Actual evapo- transpiration, mm		Vandudnyttelse, hkg knolde/mm Water utiliza- tion, hkg tubers/mm	
	2	3	Jy	Ty	Jy 1982	F	Jy 1982	Jy og Ty	F	Jy	F	Jy	F	
1	sv	sv	117	84	166	244	8087	7993	11660	218	277	2,46	2,41	
2	sv	m	102	73	114	155	7998	7899	11810		219		2,64	
3	sv	st	86	58	101	109	8169	7874	11510		210		2,53	
4	m	sv	119	97	157	218	7848	7844	9690		256		2,50	
5	m	m	100	72	151	108	6931	7556	9800	205	193	2,54	2,75	
6	m	st	78	71	64	75	7490	7629	9880		185		2,69	
7	st	sv	109	93	154	155	6975	7759	9470		219		2,64	
8	st	m	93	79	122	71	7060	7591	9280		166		2,98	
9	st	st	76	62	36	422	7079	7663	9380	203	144	2,44	2,93	
10	uvandet		420	442	428		7154	7386		Fordampning fra				
LSD			12	15	40	12	422		470	fordampningsmåler		225	256	

Udbytte: Jy og Ty i led 10, F i led 9. Øvrige forsøgsled er merudbytter.

Yield: Jy and Ty in treatment 10, F in treatment 9. Remaining treatments are yield increase.

hold til vanding ved stærk udtørring i begge faser, led 9 (gns. 1981–83).

I markforsøgene medførte stigende udtørring i knolddannelsesfasen kun en mindre eller ingen merudbyttenedgang, hvorimod merudbyttet i forsøgsanlægget blev halveret ved at gå fra svag til stærk udtørring i knolddannelsesfasen, sammenlign led 2, 5 og 8. Stigende udtørring i knoldvækstfasen medførte derimod en betydelig nedgang i merudbyttet såvel i markforsøgene som i forsøgsanlægget. De principielle udslag var de samme i forsøgsanlægget som i markforsøgene, men de kvantitative udslag var større i forsøgsanlægget. Resultaterne fra 1982 og fra forsøgsanlægget viste, at nedgangen i merudbyttet som følge af stigende udtørring i knoldvækstfasen blev forstærket af stigende udtørring i koldannelsesfasen.

Af tabel 6 ses, at det totale knoldantal blev stærkt påvirket af vandingsstrategien. Ved hyppig vanding i knolddannelsesfasen ansattes flest knolde, hvilket især ses af resultaterne fra det tørre år 1982 og fra forsøgsanlægget. I gns. af markforsøgene var forskellen betydelig mindre. Tabel 6 viser, at den aktuelle fordampning faldt med stigende udtøringsgrad før vanding. Faldet var stærkest i forsøgsanlægget. Under markfor-

hold var den aktuelle fordampning nær fordampningen målt med fordampningsmåler. I markforsøget var der kun en lille forskel på vandudnyttelsen ved de 3 anførte forsøgsbehandlinger. Resultaterne fra forsøgsanlægget viste stigende vandudnyttelse med stigende udtørring i knolddannelsesfasen. I knoldvækstfasen fandtes den bedste vandudnyttelse ved middel udtørring.

Af tabel 7 ses, at forsøgsbehandlingerne påvirkede udbyttet i de forskellige størrelsesgrupper. Resultaterne fra markforsøgene viste, at stigende udtørring i knolddannelsesfasen medførte mindre udbytte i fraktionen 30–50 mm og større udbytte i de store fraktioner.

Forsøgsbehandling 2 og 8 er sandsynligvis begge meget anvendte i praksis. Udbyttetallene i tabel 6 viser, at der ikke var stor forskel på totaludbyttet i markforsøgene mellem disse forsøgsbehandlinger, men ved stærk udtørring i knolddannelsesfasen blev der høstet mindre i gruppen 30–50 mm (tabel 7). Dette var især udtalt i det tørre år 1982, hvor der pr. ha blev høstet 44 hkg knolde pr. ha mindre i gruppen 30–50 mm ved stærk udtørring i knolddannelsesfasen og 45 hkg knolde pr. ha mere i gruppen 50–60 mm, sammenlign led 2 og 8.

Resultaterne fra forsøgsanlægget ses ligeledes i

Tabel 7. Udbytte af knolde i forskellige størrelser, hkg pr. ha.
Yield of tubers in different sizes, hkg per ha.

Led	Fase		Markforsøg, <i>Field experiments</i>								Forsøgsanlæg, <i>Experiment plan</i>		
	2	3	<30 mm		30–50 mm		50–60 mm		>60 mm		30–40 mm	40–50 mm	50–60 mm
			Jy	Jy 1982	Jy	Jy 1982	Jy	Jy 1982	Jy	Jy 1982	F	F	F
1	sv	sv	15	14	328	292	160	257	35	54	129	281	202
2	sv	m	16	16	331	290	146	208	29	41	156	273	113
3	sv	st	15	15	330	306	137	190	29	30	157	236	106
4	m	sv	14	14	324	284	165	242	37	52	91	239	250
5	m	m	13	13	316	286	158	233	33	51	109	222	162
6	m	st	14	12	325	300	135	165	25	22	113	216	138
7	st	sv	13	11	317	232	160	277	40	82	87	222	228
8	st	m	13	10	309	246	156	253	36	53	101	199	164
9	st	st	13	12	318	259	138	202	27	36	120	193	85
10	uvandet		15	13	299	309	89	83	17	6			
LSD			1	2	11	25	12	31	7	26	13	15	20

tabel 7. Størrelserne indtil 30 mm blev kun påvirket ubetydeligt af forsøgsbehandlingerne. I de næste 2 størrelsesgrupper betød stigende udtørring i knolddannelsesfasen et markant faldende udbytte. Stigende udtørring i knoldvækstfasen medførte et stigende udbytte i gruppen 30–40 mm, men et faldende udbytte i gruppen 40–50 mm.

Udbyttet i gruppen 50–60 mm faldt stærkt med stigende udtørring i knoldvækstfasen. Stigende udtørring fra svag til middel udtørring før vanding i knolddannelsesfasen gav i denne gruppe (modsat de 2 forrige størrelsesgrupper) et stigende udbytte. Det vil sige, at med stigende udtørring før vanding i 2. fase blev der dannet færre knolde i alt, og disse knolde blev relativt store. Endvidere viser tabel 7, at stigende udtørring i knoldvækstfasen efter stærk udtørring i knolddannelsesfasen medfører en stor udbyttenedgang i gruppen 50–60 mm.

Totaludbyttet viser vekselvirkning mellem vandingsstrategien i 2. og 3. fase således, at stærk udtørring i 2. fase medfører en relativ stor udbyttenedgang for stigende udtørring i 3. fase.

Tørstof, stivelse og sukkerindhold

I tabel 8 er vist indholdet af tørstof, stivelse og sukker. I markforsøgene havde de forskellige for-

søgsbehandlinger kun ubetydelig indflydelse på tørstofindholdet. I forsøgsanlægget fandtes det højeste tørstofindhold ved stærk udtørring i begge faser. I de vandede forsøgsled var stivelsesindholdet derimod størst, når der blev vandet ved svag udtørring i knolddannelsesfasen.

I gns. af alle forsøg med svag udtørring i knolddannelsesfasen var tørstofprocenten 20,9 og ved stærk udtørring i knolddannelsesfasen var den 21,1. De tilsvarende tal for stivelse var 14,2 og 13,0. Stigende udtørring i knoldvækstfasen havde ikke nogen entydig indflydelse på stivelsesindholdet.

Sucroseindholdet varierede modsat stivelsesindholdet, og indholdet af reducerende sukker bestemt som glykose, var størst efter hyppig vanding i knolddannelsesfasen, led 1, 2 og 3.

Chipskvalitet

Udtøringsgraden i knolddannelsesfasen havde ingen eller kun ubetydelig indflydelse på farve, smag og ensartethed (tabel 9) sammenlign f.eks. led 2, 5 og 8. Derimod blev kvaliteten forbedret med stigende udtørring i knoldvækstfasen, sammenlign f.eks. led 1, 2 og 3. De nævnte udslag var størst i forsøgsanlægget.

Tabel 8. Tørstof, stivelse og sukkerindhold.
Dry matter, starch and sugar content.

Led	Fase		Tørstof, % Dry matter, %			Stivelse, % Starch, %		Sukkerindhold, % af tørstof Sugar content, % of dry matter	
	2	3	Ty	Jy	F	Jy	F	Sucrose Sucrose	Reducerende sukker Reducing sugar
								F	F
1	sv	sv	22,4	21,2	20,7	14,1	14,2	0,57	0,22
2	sv	m	22,0	21,1	20,8	14,3	14,5	0,62	0,21
3	sv	st	22,2	21,0	20,8	13,8	14,4	0,71	0,21
4	m	sv	22,2	21,1	20,8	13,5	13,8	0,65	0,13
5	m	m	22,3	21,0	21,4	12,9	13,6	0,69	0,12
6	m	st	21,9	20,8	20,7	13,1	12,6	0,66	0,15
7	st	sv	22,2	20,8	20,8	12,8	12,4	0,66	0,16
8	st	m	22,1	20,7	21,1	13,0	13,0	0,70	0,11
9	st	st	22,0	20,8	22,4	12,7	14,1	0,75	0,09
10	uvandet		22,0	20,9		14,9			
LSD			n.s.	n.s.	0,6	1,1	0,4		

Tabel 9. Chipskvalitet.
Quality of chips.

Led	Fase		F	Farve Colour			Smag Taste			Eensartethed Uniformity		
	2	3		Jy	Ty	F	Jy	Ty	F	Jy	Ty	
1	sv	sv	6,3	5,6	5,1	7,1	6,8	6,6	7,1	5,6	4,9	
2	sv	m	7,3	5,9	5,4	7,4	6,9	6,9	7,7	5,6	4,9	
3	sv	st	8,1	6,3	5,3	7,8	7,2	7,1	8,1	5,7	5,1	
4	m	sv	6,0	5,7	5,1	7,2	6,5	7,1	6,5	5,6	5,6	
5	m	m	8,1	6,0	5,5	7,6	6,8	7,0	8,2	5,7	5,1	
6	m	st	8,0	6,1	5,4	8,1	7,3	6,9	8,6	6,0	5,3	
7	st	sv	6,3	5,7	5,0	7,3	6,8	6,9	6,2	5,6	5,0	
8	st	m	7,9	5,7	5,6	7,8	6,7	7,1	8,0	5,7	5,1	
9	st	st	8,7	5,8	5,6	8,1	6,7	7,1	9,1	5,6	5,0	
10	uvandet			6,8	6,5		7,4	7,4		6,6	5,9	
LSD			1,3	0,5			0,5		1,4			

0-10: 10 højeste grad af egenskaben.
10 highest level of the parameter.

Kogekvalitet

Resultaterne fra forsøgsanlægget viste stigende udkogning med stigende udtøringsgrad i knolddannelsesfasen, hvorimod stigende udtøringsgrad i knoldvækstfasen medførte mindre udkogning. Resultaterne fra markforsøgene viste kun ubetydelige forskelle.

Knoldenes tendens til mørkfarvning blev ikke påvirket af udtøringsgraden i knolddannelsesfa-

sen medens stigende udtørring i knoldvækstfasen øgede mørkfarvningen. I markforsøgene blev der ikke målt signifikante forskelle. Knoldenes konsistens blev bedst ved svag udtørring i knolddannelsesfasen. Stigende udtørring i knoldvækstfasen medførte derimod en forbedret konsistens. Knoldenes smag blev ikke påvirket af vandingstrategien.

Tabel 10. Kogekvalitet.
Quality after cooking.

Led	Fase		Udkogning Boiling to a mash			Mørkfarvning Dark colour			Konsistens Consistency			Smag Taste		
	2	3	F	Jy	Ty	F	Jy	Ty	F	Jy	Ty	F	Jy	Ty
1	sv	sv	1,0	1,3	0,6	2,4	3,1	2,7	5,9	6,6	4,2	8,0	7,7	8,0
2	sv	m	0,3	1,3	0,1	2,6	3,1	2,6	7,1	6,4	5,6	8,0	7,9	8,0
3	sv	st	0,4	1,3	0,2	2,8	2,9	2,6	7,5	6,7	4,7	8,0	7,7	8,0
4	m	sv	2,3	1,4	0,3	2,5	2,9	2,6	4,5	6,1	5,4	8,0	7,8	8,0
5	m	m	1,0	1,4	0,4	2,5	2,9	2,7	5,1	6,2	4,6	8,0	7,7	8,0
6	m	st	0,6	1,2	0,2	2,7	2,8	2,8	6,1	6,7	4,4	8,0	7,4	8,0
7	st	sv	2,1	0,9	0,2	2,5	2,9	2,8	4,6	6,8	3,6	8,0	7,7	8,0
8	st	m	1,6	0,8	0,4	2,5	3,1	2,6	5,3	7,3	4,0	8,0	7,5	8,0
9	st	st	1,6	1,1	0,4	2,6	3,1	2,8	4,8	6,7	3,5	8,0	7,6	8,0
10	uvandet			0,6	0,2		3,1	2,8		7,1	3,3		7,7	8,0
LSD			0,6			0,1			1,0					

Tablet 11. Skurv og rodfiletsvamp, % af overfladen.
Scab and black scurf, % of the surface.

Led	Fase			Skurv <i>Scab</i>			Rodfiletsvamp <i>Black scurf</i>		
	2	3	F	Jy	Ty	F	Jy	Ty	
1	sv	sv	8,2	16,3	2,2	4,5	3,4	2,2	
2	sv	m	8,3	15,8	2,5	6,7	3,7	2,6	
3	sv	st	7,7	15,7	2,8	6,8	3,5	2,7	
4	m	sv	21,4	20,0	3,2	4,9	3,5	2,4	
5	m	m	22,1	20,2	3,9	6,0	3,3	2,7	
6	m	st	21,4	19,1	3,6	5,6	3,3	2,6	
7	st	sv	27,1	22,5	3,6	4,1	3,2	2,6	
8	st	m	28,1	22,0	3,5	5,3	3,3	2,5	
9	st	st	29,4	23,3	3,5	5,6	3,3	2,5	
10	uvandet			21,5	3,2		3,6	2,6	
LSD			2,3	4,5	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

Skurv og rodfiletsvamp

Ved Jynde vad var der et stærkt skurvangreb (tabel 11). Angrebet blev reduceret markant, især i forsøgsanlægget, ved hjælp af hyppige vandinger i knolddannelsesfasen.

Forsøgsbehandlingen i knoldvækstfasen var uden betydning for skurvangrebet.

Angrebet af rodfiletsvamp blev ikke påvirket signifikant af forsøgsbehandlingerne, men der var en tendens til, at stigende udtørningsgrad i knolddannelsesfasen sænkede angrebet, medens stigende udtørningsgrad i knoldvækstfasen øgede angrebsgraden.

Hudkvalitet

Resultater fra undersøgelser af hudkvaliteten på knolde fra forsøgsanlægget er vist i tabel 12. Der

er kun medtaget resultater fra de 3 første forsøgsbehandlinger samt led 9. Stigende udtørring i knoldvækstfasen medførte et stigende antal forkorkede cellelag og et faldende antal skræl for at fjerne misfarvningen efter slagpåvirkning. Det bedste resultat i hele forsøgs materialet blev opnået i led 3.

Stærk udtørring før vanding i hele vækstperioden (led 9) medførte det største antal skræl for at fjerne misfarvningen efter slagpåvirkning og relativt få forkorkede cellelag. Materialet viser, at forbedret hudkvalitet var fulgt af stigende tilbageslagsvinkel (større elasticitet) fra led 1 til led 2.

Næringsstofoptagelse og stofproduktion

Tablet 13 viser, at koncentrationerne af kvælstof og kalium i knolde var lavest efter vanding. Alli-

Tablet 12. Dybde af misfarvning efter slag (skræl), forkorkede cellelag, elasticitet (tilbageslagsvinkel).
Depth of discolouration after injury (peel), cork, elasticity (backstroke).

Led	Fase			Skræl <i>Peel</i>	Forkorkede cellelag <i>Cork, cells number</i>	Tilbageslag ^o <i>Backstroke^o</i>
	2	3	F			
1	sv	sv		1,31	8,52	18,75
2	sv	m		1,33	9,13	19,07
3	sv	st		1,23	9,25	18,80
9	st	st		1,38	8,74	
LSD				0,08	0,32	0,28

Tabel 13. Kvælstof, kalium og fosfor. Koncentrationer i % af tørstof og optagelse i knolde, kg pr. ha.
Nitrogen, potassium and phosphorus. Concentrations in % of dry matter and uptake in tubers, kg per ha.

Kvælstof-niveau Nitrogen-level		% N	kg N	N optaget i % af tilført N uptake in % of applied	% K	kg K	% P	kg P
Jy	Vandet	1,12	118	98	2,12	225		
	<i>Irrigated</i>							
	Uvandet	1,30	107	89	2,18	186		
N1	<i>Unirrigated</i>							
	Vandet	1,26	138	86	2,10	232		
N2	<i>Irrigated</i>							
	Uvandet	1,47	121	75	2,18	191		
F	<i>Unirrigated</i>							
	Gns. led 1-8	1,25	139	107	2,27	259	0,20	24
N1	<i>Average treatment 1-8</i>							
	Led 9 (st)	1,38	124	95	2,30	208	0,19	18
N2	<i>Treatment 9 (st)</i>							
	Gns. led 1-8	1,32	155	100	2,25	266	0,20	24
N3	<i>Average treatment 1-8</i>							
	Led 9 (st)	1,51	137	88	2,36	214	0,20	18
N3	<i>Treatment 9 (st)</i>							
	Gns. led 1-8	1,37	163	91	2,25	269	0,20	24
N3	<i>Average treatment 1-8</i>							
	Led 9 (st)	1,57	161	89	2,31	236	0,19	20
N3	<i>Treatment 9 (st)</i>							

gevel blev der optaget større kvælstof- og kaliummængder under vandede forhold, hvor der i flere tilfælde blev optaget lige så meget kvælstof, som der var tilført. Optagelsen i % af tilført var faldende med stigende gødningsmængde. Der var tendens til stigende fosforkoncentration under vandede forhold og vanding medførte en relativ stor meroptagelse af fosfor.

Fig. 1 og 2 viser tørstofproduktion og kvælstofoptagelse gennem vækstperioden, gennemsnit af 1982 og 1983 fra forsøgsanlægget ved 155 kg kvælstof pr. ha.

I begyndelsen af juni steg tørstofproduktionen og især kvælstofoptagelsen meget stærkt. Allerede midt i juni var over 50% af den totale kvælstofmængde optaget. I begyndelsen blev næsten hele kvælstofmængden indlejret i toppen, men fra den sidste del af juni skete en omlejring af

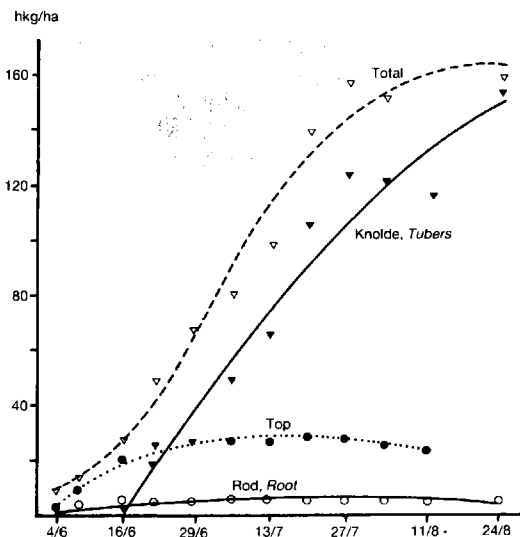


Fig. 1. Tørstofproduktion gennem vækstperioden, gennemsnit 1982-83, hkg pr. ha.
Production of dry matter during the growing period, average 1982-83, hkg per ha.

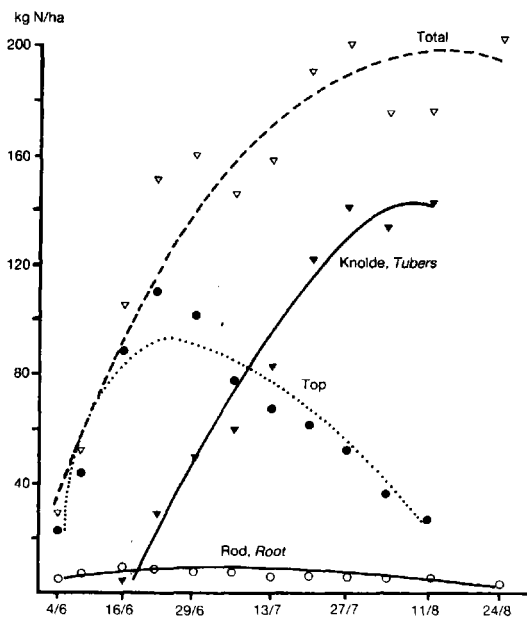


Fig. 2. Kvælstofoptagelse gennem vækstperioden, gennemsnit 1982-83, kg pr. ha.
Nitrogen recovery during the growing period, average 1982-83, kg per ha.

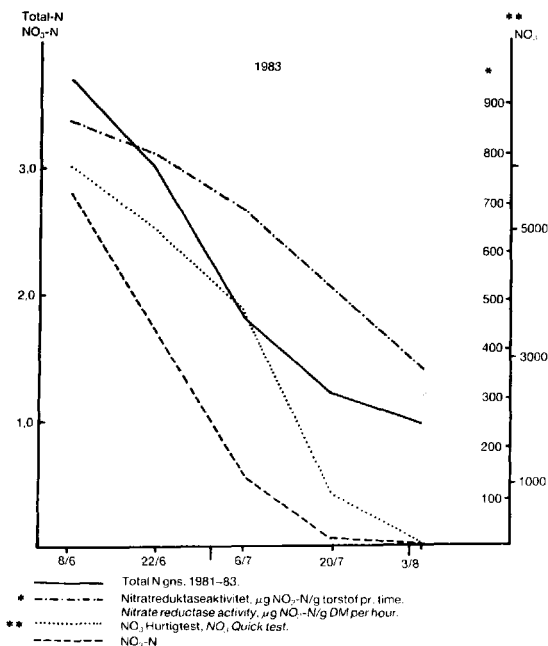


Fig. 3. Kvælstofindhold i tørstof, hurtigttest på plantesaft og nitratreduktaseaktivitet.
Nitrogen content of dry matter, quick test of sap and nitrate reductase activity.

kvælstof fra top til knolde. Der blev kun fundet en meget lille del af den samlede tørstof- og kvælstofmængde i roden.

Fig. 3 viser kvælstofkoncentrationen, nitratkoncentrationen og nitratreduktaseaktiviteten gennem vækstperioden.

Figuren viser, at indholdet af totalkvælstof og nitratkvælstof falder stærkt og parallelt gennem vækstperioden. Hurtigttestmetoden, som kan anvendes i marken, gav et godt billede af planternes kvælstofstatus.

Til sammenligning med koncentrationerne af kvælstofkomponenterne er vist nitratreduktaseaktiviteten gennem vækstperioden. Nitratassimilationen involverer enzymatisk reduktion. Det første trin i denne reduktion katalyseres af nitratreduktase, hvorfor det må forventes, at aktiviteten også giver et udtryk for det øjeblikkelige potentiel for stofproduktion.

Aminosyrer

Aminosyrekoncentrationen blev bestemt i alle forsøgsled. Tabel 14 viser resultater fra udvalgte aminosyrer. Forsøgsudslagene var principielt ensartet for alle aminosyrer.

Aminosyrekoncentrationen blev ikke påvirket af udtøringsgraden i knolddannelsesfasen med undtagelse af prolin, hvor koncentrationen steg med stigende udtørring. Stigende udtørring i knoldvækstfasen medførte stigende aminosyrekoncentration.

De høstede aminosyremængder blev ikke påvirket, eller kun svagt påvirket i nedadgående retning med stigende udtørring i knolddannelsesfasen. Stigende udtørring i knoldvækstfasen medførte derimod et fald i de høstede aminosyremængder. Stigende kvælstofmængde medførte i alle tilfælde stigende aminosyrekoncentration og stigende høstet aminosyremængde.

Tabel 14. Aminosyreindhold, % af tørstof og udbytte, kg pr. ha.
Content of amino acids, % of dry matter and yield, kg per ha.

Led	Fase		Lysin		Histidin		Arginin		Threonin		Prolin		Methionin	
	2	3	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha
1	sv	sv	4,4	60	1,3	18	3,4	47	2,8	38	2,5	34	1,3	18
2	sv	m	4,9	58	1,5	18	3,8	46	3,0	36	2,8	33	1,4	17
3	sv	st	5,1	56	1,6	17	4,1	44	3,2	34	2,9	31	1,5	16
4	m	sv	4,6	62	1,4	18	3,7	49	3,0	40	2,8	37	1,3	18
5	m	m	5,0	56	1,5	17	3,9	45	3,2	36	2,9	33	1,4	16
6	m	st	5,2	54	1,6	16	4,2	43	3,3	34	3,1	32	1,5	16
7	st	sv	4,8	58	1,4	17	3,8	46	3,1	37	2,9	35	1,3	17
8	st	m	5,2	54	1,5	16	4,1	43	3,4	35	3,2	34	1,5	16
9	st	st	5,3	50	1,6	15	4,2	40	3,4	32	3,5	33	1,5	14
LSD			0,1	2,1	0,1	0,7	0,1	2,0	0,1	1,5	0,1	1,6	0,1	0,8
N1			4,7	52	1,4	16	3,7	41	3,0	33	2,8	31	1,4	15
N2			4,9	56	1,5	17	3,9	45	3,2	36	3,0	34	1,4	16
N3			5,2	61	1,6	18	4,2	49	3,3	39	3,1	36	1,5	18
LSD			0,1	1,2	0,1	0,4	0,1	1,2	0,1	0,9	0,1	0,9	0,1	0,5

Jordtemperatur

Fig. 4 viser vandingens indflydelse på jordtemperaturen gennem vækstsæsonen i 1981. Hyppig vanding, led 1, sænkede jordtemperaturen op mod 2,5°C. Vandingens temperatursænkende effekt var størst i den første del af vækstperioden, hvor planterne ikke dækkede jordoverfladen.

Tørkestress

Fig. 5 viser ubytet i forsøgsanlægget som funktion af stressdage (SD). SD er i dette tilfælde et udtryk for, hvor meget den aktuelle fordamning falder under den potentielle som følge af vandmangel. Beregningsmetoden er nærmere omtalt af Jørgensen (1984). Resultaterne fra led 1, hyppig vanding, er ikke medtaget, da der ikke opstod stressdage ved denne forsøgsbehandling. Det ses af figuren, at 92% af udbyttevariationerne kunne forklares med variationen i stressdage.

Fig. 6 viser stomatamodstanden som funktion af underskuddet i jorden. Der var en meget stærk forøgelse af stomatamodstanden, når underskuddet overstiger ca. 25 mm.

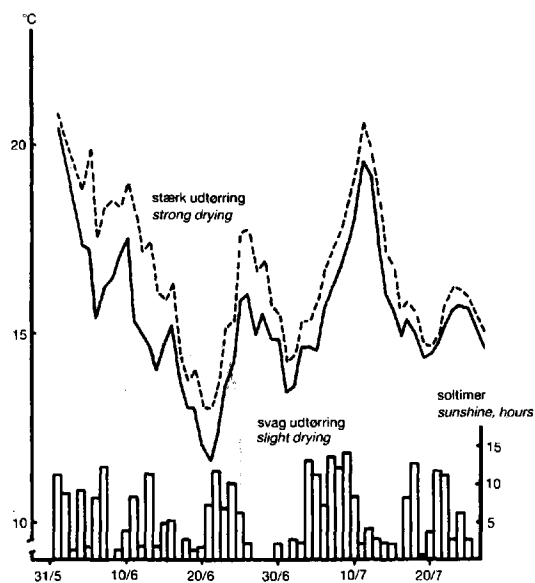


Fig. 4. Jordtemperatur og soltimer gennem vækstperioden 1981.
Soil temperature and sunshine (hours) during the growing period 1981.

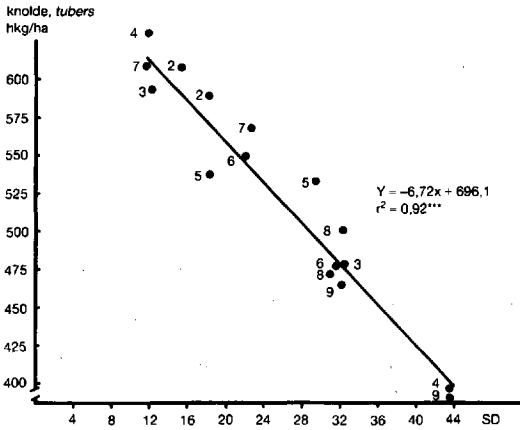


Fig. 5. Udbytte som funktion af stressdage (SD) gennem vækstperioden, gns. 1982-83.

Yield as a function of stress days (SD) during the growing period, aver. 1982-83.

Aktuel og potentiel fordampning

Fig. 7 viser, at den aktuelle fordampning i begyndelsen af vækstperioden, bestemt ved hjælp af tensiometer, var lavere end den potentielle fordampning, bestemt med fordampningsmåler. Ved et bladarealindeks på 2,0, som blev fundet ca. 20 dage efter fremspiring, var den aktuelle fordampning helt på højde med den potentielle. Hvis underskudsberegningen efter fordampningsmåler var startet ca. 10 dage efter fremspiringen, ville første vanding være udløst på det rigtige tidspunkt.

Diskussion

I tidligere danske vandingsforsøg blev der opnået et gennemsnitligt merudbytte for vanding på ca. 60 hkg knolde pr. ha efter vanding ved ca. 30 mm underskud (Gregersen & Jørgensen, 1973). I nærværende undersøgelse blev der opnået op mod det dobbelte merudbytte, selv om perioden var forholdsvis nedbørsrig. Det større merudbytte skyldes sandsynligvis såvel bedre styring af vandingen samt bedre læggemateriale.

Når der blev opnået et betydeligt merudbytte for hyppig vanding, 15-18 mm underskud, skyldes det, at kartoffelplanten er relativ tørkeføl-

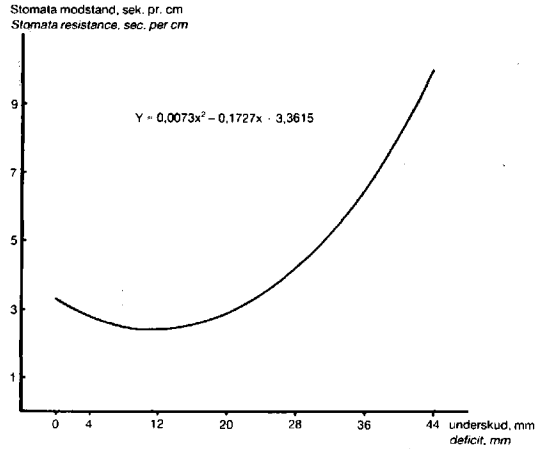


Fig. 6. Stomatamodstand som funktion af vandunderskud i jord.

Stomata resistance as a function of soil water deficit.

som, hvilket bl.a. kan skyldes lille rodudvikling (Corey & Blake, 1953; Loon, 1981).

Endvidere lukker kartofler spalteåbningerne ved et forholdsvis lille vandstress (Loon, 1981; Rijtema & Aboukhaled, 1973; Shepherd, 1972). Der er sandsynligvis sortsforskelle med hensyn til tørkeresistens. Bintje, som blev anvendt i nærværende undersøgelse, er relativ tørkeresistent, måske fordi den lukker stomata tidligere end visse andre sorter, f.eks. Saturna (Loon, 1981). Endvidere kan der være ret store forskelle mellem sorters osmotiske potentiale i cellesaften. Højere osmotisk potentiale kan medvirke til at opretholde produktionen under vandstress (Necas, 1974).

Forsøgene viste, at hvis der ikke findes et højt vandindhold i jorden under knolddannelsen, dannes der relativt få knolde, som bliver store. Dette resultat er i overensstemmelse med Llewellyn, (1963), Salter og Goode (1967), Steckel og Grey, (1979) og Linnér (1975). Udtørningsgradens betydning blev først undersøgt fra begyndende knolddannelse. I perioden før dette tidspunkt vil der normalt ikke opstå vandmangel (Dragland, 1978).

Resultaterne viste, at stigende udtørring i knoldvækstfasen gav den største nedgang i totaludbyttet. Dette er i overensstemmelse med Drag-

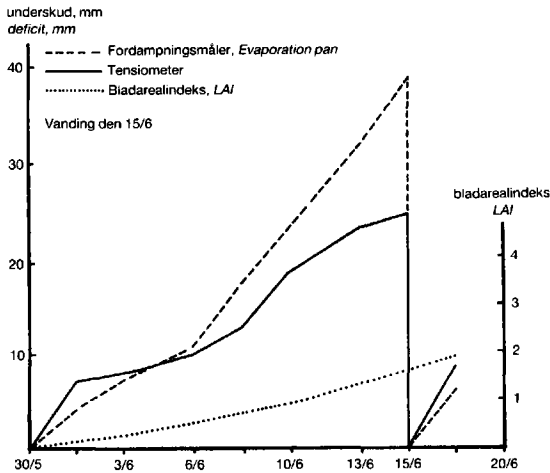


Fig. 7. Potentielt underskud (fordampningsmåler), aktuelt underskud (tensiometer) og bladarealindeks, fremspiring den 28. maj.

Potential soil water deficit (evaporation pan), actual deficit (tensiometer) and leaf area index, emergence 28 May.

land (1978) og Myhr (1970), som i øvrigt også fandt, at en periode på 3 uger uden vandtilførsel før høst ikke medførte udbyttenedgang.

Det tyder imidlertid på, at sorterens genetiske forudsætninger for knoldantal kan få betydning for resultatet. I en litteraturoversigt viser Salter og Goode (1967), at sorter, som sædvanligvis danner få knolde, sandsynligvis vil give det største udbytte efter hyppig vanding tidligt i vækstperioden. Sorter med et stort knoldantal kan reagere modsat.

Det er bemærkelsesværdigt, at vandingsstrategien ikke påvirkede tørstofindholdet, men hyppig vanding i knoldannelsesfasen hævede stivelsesindholdet signifikant. Dette resultat er i overensstemmelse med Kirkerød (1978).

Resultaterne viste det største stivelsesindhold og det mindste sukkerindhold ved hyppig vanding. Reducerende sukker, bestemt som glykose, udgjorde 12–39% af sukkerindholdet med det største indhold efter hyppig vanding, hvilket evt. kan skyldes den lavere jordtemperatur efter hyppig vanding.

Dragland (1978) fandt, at sukkerindholdet ved høst varierede mellem 0,10–0,27% af knoldvægten. Reducerende sukker, beregnet som glykose, udgjorde 35–89% af sukkerindholdet. Hverken kvælstof eller vandforsyningen havde indflydelse på andelen af reducerende sukker.

Stigende udtørring i knoldvækstfasen medførte stigende aminosyrekoncentration. De høstede mængder var dog størst ved de forsøgsbehandlinger, hvor det største knoldudbytte blev opnået.

I modsætning til de øvrige aminosyrer steg koncentrationen af prolin også med stigende udtørring i knoldannelsesfasen. Det er velkendt, at prolinkoncentrationen kan stige uforholdsmæssigt meget som følge af tørkestress, men betydningen af den stigende koncentration er noget usikker (Levy, 1983).

Kartoffelskurv kunne begrænses stærkt med hyppig vanding i knoldannelsesperioden. Dette er i overensstemmelse med Lapwood et al. (1973), Davis (1973) og Labruyere (1971).

Når reduktionen i skurvangrebet efter hyppig vanding var mindre i markforsøgene end i forsøgsanlægget, kan det skyldes, at vandingsteknikken i markforsøgene bevirkede, at den allerøverste jordoverflade ikke blev opfugtet ved vanding. Der blev ikke konstateret afgørende indflydelse af vandingsstrategien på angreb af andre patogener, og lagringsevnen var i alle tilfælde god. Skimmel blev bekæmpet ved systematisk plantebeskyttelse, og derfor vil vanding ikke øve indflydelse på angrebene. Ved særlige makroklimatiske betingelser kan vanding dog påvirke grænsebetingelserne og dermed optimere betingelserne for angreb i kort tid (Lang, 1981).

Når der ikke kunne påvises indflydelse af vandingsstrategien på hudkvaliteten ved middel og stærk udtørring i knoldannelsesfasen kan det bl.a. skyldes, at skurvangrebene ved disse udtøringsgrader vanskeliggjorde undersøgelserne og evt. påvirkede resultaterne.

I overensstemmelse med tidligere undersøgelser havde vandingsstrategien ingen større indflydelse på køkkentekniske og organoleptiske parametre (Gregersen & Jørgensen, 1973).

Konklusion

I gennemsnit af forsøgsårene 1977–83 blev der opnået op til 120 hkg knolde pr. ha i merudbytte for vanding af kartofler på grovsandet jord ved Jyndeved. På finsandet jord ved Tylstrup fik man op til 100 hkg pr. ha i merudbytte.

Vanding ved svag udtørring, dvs. hyppig vanding, medførte:

I knolddannelsesfasen:

- større udbytte.
- dannelse af flere knolde.
- flere knolde i mellemstørrelsen (30–50 mm).
- 1,2% mere stivelse end ved stærk udtørring.
- markant reduktion af skurvangreb på grovsandet jord.
- den bedste hudkvalitet og mindre skrælsild.
- mindre udkogning.
- bedre konsistens efter kogning.
- upåvirket tørstofindhold.
- upåvirket mørkfarvning efter kogning.
- upåvirket smag.
- upåvirket chipskvalitet.

I knoldvækstfasen:

- betydelig større udbytte.
- mindre mørkfarvning efter kogning.
- upåvirket smag.
- større udkogning.
- lidt dårligere hudkvalitet.
- dårligere chipskvalitet.

Ved »normal læggetid« og anvendelse af let forvarmede læggeknoles bliver op til 50% af den totale kvælstofmængde optaget inden den 15. juni, hvorfor man bør slut- eller eftergøde inden dette tidspunkt.

Koncentrationen af de enkelte aminosyrer steg med stigende udtørring før vanding, men de høstede aminosyremængder var størst, hvor der var det største knoldudbytte.

Hvis underskuddet er 12–15 mm ca. 14 dage efter fremspiring, bør der vandes til markkapacitet. I knolddannelsesfasen bør der i øvrigt vandes til markkapacitet, når 30% af den plantetilgængelige vandmængde er optaget, dvs. ved underskud

18 og 24 mm på henholdsvis grov- og finsandet jord.

Hvis en relativ stor del af udbyttet må/skal være store knolde, og der ikke er risiko for skurvangreb, kan vandingerne i knolddannelsesfasen udsættes til 40% af den plantetilgængelige vandmængde er optaget, dvs. ved underskud 24 og 32 mm på henholdsvis grov- og finsandet jord. Stivelsesindholdet kan dog falde ved den større udtørring før vanding.

For at opnå et stort masseudbytte må der i alle tilfælde vandes hyppigt i knoldvækstfasen, dvs. når 30–50% af den plantetilgængelige vandmængde er optaget, eller ved 18–30 mm underskud på grovsandet jord og 24–40 mm på finsandet jord. I tørre perioder med stor fordampning bør man nærme sig de laveste værdier i intervallerne.

Litteratur

- Corey, A. T. & Blake, G. R. (1953): Moisture available to various crops in some New Jersey soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 17, 314–317.
- Davis, J. R. (1973): Effects of moisture level and chemical treatment on potato scab control. Fifth Annual Idaho Potato School Proceedings, 197–209.
- Dragland, S. (1978): Virkninger av tørkeperioder og to nitrogenmengder på potetsorten »Saphir«. Forskning og Forsøk i Landbruget 29, 277–299.
- Gregersen, A. K. & Jørgensen, V. (1973): Vanding af kartofler 1965–71. Tidsskr. Planteavl 77, 611–620.
- Jørgensen, V. (1984): Virkning af udtøringsgraden på udbytte og kemisk sammensætning af almindelig rajgræs. Tidsskr. Planteavl 88, 365–377.
- Kirkerød, T. (1978): Vanning til poteter. Forskning og Forsøk i Landbruget 29, 499–518.
- Labruyere, R. E. (1971): Common scab and its control in seed-potato crops. Versl. landbouwk. Onderz. Ned. 767, 71 pp.
- Lang, H. (1981): Beregnung im Kartoffelanbau. II Einfluss der Beregnung auf Qualität und Ertrag. Kartoffelbau 32, 132–136.
- Lapwood, D. H., Weelings, L. W. & Hawkins, J. H. (1973): Irrigation as a practical means to control Potato Common Scab, final field experiment and conclusions. Pl. Path. 22, 35–41.
- Laursen, B. (1981): Økonomien ved markvanding. Rapport nr. 2 fra Jordbrugsøkonomisk Institut, 84 pp.

- Levy, D.* (1983): Water deficit enhancement of proline and alfa amino nitrogen accumulation in potato plants and its association with susceptibility to drought. *Physiol. Plant.* 57, 169-173.
- Linnér, H.* (1975): Studier av tillväxt och avkastning hos potatis under kontrollerade fuktighetsbetingelser. *Nordisk Jordbruksforskning* 57, 748-749.
- Llewelyn, J. C.* (1963): Irrigation of potatoes. Rep. of School of Agric. Sutton Bonington. Loughborough, Leicestershire, 47-51.
- Loon, C. D. van* (1981): The effect of water stress on potato growth, development, and yield. *Am. Potato J.* 58, 51-69.
- Myhr, E.* (1970): Virkninger av tørkeperioder til ulik tid i poteter, bygg og eng. *Meld. Norges Landbrukshøgskole* 49, 11 pp.
- Necas, J.* (1974): Physiological approach to the analysis of some complex characters of potatoes. *Potato Res.* 17, 3-23.
- Rijtema, P. E. & Aboukhaled, A.* (1973): Crop water use in the Arab Republic of Egypt. *FAO report.* RNEA Cairo, 61 pp.
- Salter, P. J. & Goode, J. E.* (1967): Crop responses to water at different stages of growth. *Res. Rev. Commonw. Bur. Hort East Malling* 2, 93-100.
- Shepherd, W.* (1972): Some evidence of stomatal restriction of evaporation from well-watered plant canopies. *Water Resources Res.* 8, 1092-1095.
- Steckel, J. R. A. & Gray, D.* (1979): Drought tolerance in potatoes. *J. Agric. Sci. Camb.* 92, 375-381.

Manuskript modtaget den 10. maj 1984.