

Vanding af kartofler dyrket på kamme og uden kamme Stofproduktion og vandforbrug

Irrigation of potatoes. Effects of the hills. Yield and evapotranspiration

V. Jørgensen

Resumé

Ved Statens Forsøgsstation St. Jynde vad blev der i årene 1972-76 gennemført vandingsforsøg i spise- og industrikartofler.

Det var forsøgenes formål at undersøge kartoffelkammens betydning for planternes vandforsyning samt relationerne mellem vandforbrug og stofproduktion. Det gennemsnitlige merudbytte for vanding har været højt, 194 hkg knolde i spisekartofler og 179 hkg knolde pr. ha i industrikartofler.

Bortset fra uvandede industrikartofler i et enkelt år, hvor det højeste udbyttensniveau blev opnået ved dyrkning på kamme, har der ikke været sikre udbytteforskelle på grund af dyrkningsformen.

I år med et lille vandingsbehov havde vandingen kun lille eller ingen indflydelse på tørstofindholdet. I år med et stort vandingsbehov kunne vandingens indflydelse på tørstofkoncentrationen være positiv eller negativ, afhængig af tørkeperiodens længde og placering i vækstperioden. Der var ikke nogen entydig indflydelse af vandingen på angreb af rodtiltsvamp og skurv.

Der blev fundet tætte korrelationer mellem vandforbrug og stofproduktion og mellem vandingsbehov og merudbytte for vanding. 97 pct. af variationen i knoldudbyttet i de uvandede forsøgsled skyldtes variation i Ea/Ep (Ea = aktuelt vandforbrug, Ep = potentielt vandforbrug).

Nøgleord: Vanding, kartofler

Summary

At the state experimental station St. Jynde vad field experiments were carried out to investigate the influence of the hills on the yield and on the plant - water relations.

The effect of irrigation on the yield of two potatoes, Dianella and Bintje (Octavia) was studied in the field over a 5-year period. The irrigated potatoes were supplied with water whenever soil moisture was depleted to 50 per cent of the available water-holding capacity.

Irrigation increased the yield of Dianella potatoes by 179 hkg per hectare and Bintje (Octavia) potatoes by 194 hkg per hectare. Apart from a single year (no irrigated Dianella 1974), no significant differences were found in yield due to hills.

The effects of irrigation on *Streptomyces scabies* and *Rhizoctonia solani* were very different from year to year.

The potato yield was linearly related to water use over the period from emergence to harvest (or defoliation) and to Ea/Ep (Ea = actual evapotranspiration, Ep = potential evapotranspiration). 97 per cent of the variation in tuber yield can be explained as associated with the variation in Ea/Ep.

Key words: Irrigation, potatoes

Indledning

Under danske klimaforhold vil spiringsprocessen og den indledende vækst i marken i de fleste år ikke hæmmes af vandmangel.

Senere og ofte ved begyndende knolddannelse, kan der indtræde kritiske perioder på grund af vandmangel. Rodmasse og roddybde er på dette tidspunkt forholdsvis ringe og hovedsageligt begrænset til jordkammen, som antagelig kan være en uheldig foranstaltning i vandforsyningsøjemed. Kammen tørrer forholdsvis let ud, og ved små nedbørmængder efter tørkeperioder »skyder« den tørre kam vanddråberne, som kan prelle af og løbe ud mellem kammene (Johansson 1976, Gregersen og Jørgensen 1973).

Det er således sandsynligt, at et forholdsvis lille areal mellem kammene under visse forhold tilføres meget store vandmængder, og dette kan betyde tab af vand og næringsstoffer.

Med det formål at undersøge kammens betydning for kartoffelplantens vandforsyning og stofproduktion samt at måle evapotranspirationen fra vandede og uvandede kartofler, blev der i 1972 anlagt forsøg efter nedenstående plan.

Forsøgsplaner og metodik

Forsøgsplaner

I 1972 og 1973 blev forsøgene gennemført efter plan I og i 1974–76 efter plan II.

PLAN I

1. Ingen vanding, med kam.
No irrigation, with hill.
2. Vanding med 30 mm ved underskud 30 mm, kam.
Irrigation to field capacity whenever the soil moisture deficit reached 30 mm, with hill.

3. Vanding som led 2, uden kam.
As for 2, without hill.

PLAN II

- A. Ingen vanding.
No irrigation.
- B. Vanding med 30 mm ved underskud 30 mm.
Irrigation to field capacity whenever the soil moisture deficit reached 30 mm.
 1. Med kam.
With hill.
 2. Uden kam.
Without hill.

Forsøgene blev gennemført med fire fællesparceller à 12 m². Planteafstanden var 60 × 30 cm i 1972–73 og 70 × 33 cm i 1974–76.

Der blev anvendt 1000–1200 kg 0–4–21 m Mg til spisekartofler og 1000–1500 kg til industrikartofler. Til spisekartofler blev der anvendt 112–140 kg kvælstof pr. ha og til industrikartofler 140–165 kg kvælstof pr. ha. I 1974–76 blev der som kvælstofgødning anvendt svovlsur ammoniak. I 1972 og 1973 blev der anvendt kalkammonsalpeter.

Underskud blev beregnet ved hjælp af nedbørs- og fordampningsmålinger. Nedbørsunderskud = fordampning ÷ nedbør. Beregningerne blev startet 1. juni.

For at opnå en god vandfordeling og minimal vinddrift og fordampning under vandingen blev der anvendt vandingsgrammer (Knudsen 1966).

Jordtype

Forsøgene blev gennemført på grovsandet jord ved Jyndeved Forsøgsstation. Arealet er repræsentativt for de fleste danske hedeslettearealer. Forsøgsarealets tekstur ses i tabel 1.

Tabel 1. Teksturanalyser. *Soil Texture*

Dybde Depth cm	Glødetab Humus	Ler Clay <0,002 mm	Silt Silt 0,002–0,02 mm	Finsand Fine sand 0,02–0,2 mm	Grovsand Coarse sand >0,2 mm
0–20	3,4	2,0	4,1	24,1	66,4
20–40	2,1	1,9	2,5	24,7	68,8

Af tabel 1 ses, at grovsandsfraktionen er meget stor (66–68 pct.), hvilket er den væsentligste årsag til en forholdsvis ringe mængde plantetilgængeligt vand i rodzonen (60–70 mm).

Retentionskurverne i fig. 1 viser, at den plante-tilgængelige vandmængde (bestemt som vandindhold ved pF 2,0 ÷ vandindhold ved pF 4,2) i dybden 0–50 cm, kun er ca. 11 volumen pct. I 50–100 cm dybde er vandindholdet endnu lavere, ca. 5,5 volumen pct.

Resultater

Klimaforhold og vandingsbehov

Der har været store årsvariationer i nedbørsforholdene og dermed i vandingsbehovet. Tabel 2 viser den månedlige nedbør i forsøgsperioden i månederne april–september samt vandingsdatoer og den totale tilførte vandmængde i de enkelte år.

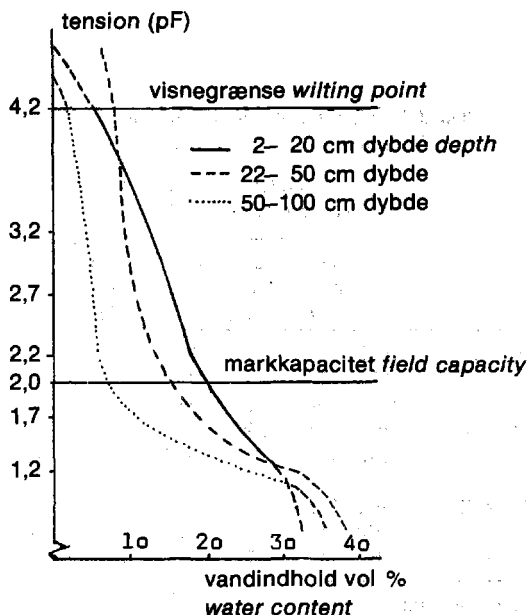


Fig. 1. Retentionskurver.
Soil water retention curves

Tabel 2. Nedbør, vandingsdatoer og tilførte vandmængder (30 mm/vanding).
Precipitation and irrigation

Nedbør. Precipitation					
	1972	1973	1974	1975	1976
April	79	101	5	64	19
Maj	73	69	16	32	70
Juni	84	41	78	17	15
Juli	90	127	102	44	17
August	101	64	82	45	16
Sept.	46	127	155	134	46

Vandingsdatoer og tilførte vandmængder. Dates of irrigation

1972	Bintje, 18/7	= 30 mm
1972	Dianella, 18/7 og 1/9	= 60 mm
1973	Bintje, 15/6, 22/6, 4/7 og 13/7	= 120 mm
1974	Dianella, 30/8 – Bintje ikke vandet	= 30 mm
1975	Octavia, 12/6, 23/6, 30/6, 9/7, 6/8 og 11/8	= 180 mm
1976	Octavia og Dianella, 14/6, 25/6, 2/7, 8/7, 16/7, 26/7, 6/8, 16/8 og 26/8	= 270 mm

Udbytter af spisekartofler

Udbyttet uden vanding varierede fra 123 hkg pr. ha i 1976 til 570 hkg pr. ha i 1972, tabel 3.

I alle forsøgsårene blev der opnået signifikante

merudbytter for vanding. I 1974 opstod der ikke vandingsbehov.

I intet tilfælde har der været signifikante forskelle på udbyttene mellem dyrkning på

ved dyrkning uden kam. I 1976 var det omvendt. Forskellene var ikke signifikante. I 1974 var udbyttet det samme ved dyrkning med og uden kam. Det gennemsnitlige merudbytte for vanding blev 179 hkg knolde pr. ha.

Knoldstørrelsesfordelingen er vist i tabel 4. I konsumkartoflerne, vandet afdeling, var der flest store knolde, når planterne blev dyrket uden kam. I de øvrige forsøg var der ikke væsentlige forskelle.

Tørstofindhold

SPISEKARTOFLER

I de uvandede forsøgsled varierede tørstofindholdet fra 13,2 i 1975 til 24,1 i 1976. I de vandede forsøgsled var variationen betydelig mindre, fra 18,7 i 1975 til 20,8 i 1976. I 1972 og 1973 havde såvel vanding som dyrkningsform ingen indflydelse på tørstofindholdet. I 1975 medførte vanding en stigning, og i 1976 et fald i tørstofindholdet, tabel 5.

Tabel 5. Tørstofindhold i knolde, pct., og tørstofudbytte af Dianella, hkg pr. ha.

Dry matter content of tubers, per cent, and dry matter yield, hkg per hectare

		uvandet <i>no irrigation</i>		vandet <i>irrigation</i>	
		med kam + hill	uden kam ÷ hill	med kam + hill	uden kam ÷ hill
Binthe	1972	21,0	-	21,1	21,1
»	1973	19,1	-	20,1	20,0
»	1974	18,5	18,8	18,7	18,8
Octavia	1975	14,3	13,2	18,7	19,1
»	1976	23,8	24,1	20,6	20,8
Dianella	1972	25,2	-	25,6	25,1
»	1974	23,6	23,4	23,2	22,9
»	1976	17,7	18,3	25,1	25,1
Hkg tørstof pr. ha. Hkg dry matter per hectare					
Dianella	1972	179	-	211	211
»	1974	142	137	145	143
»	1976	49	50	170	163

Gns. merudbytte af tørstof for vanding (Dianella) 51 hkg pr. ha.

INDUSTRIKARTOFLER

I de uvandede forsøgsled var der en variation i tørstofindholdet fra 17,7 pct. i 1976 til 25,2 pct. i 1972. I de vandede forsøgsled var variationen fra 22,9 pct. i 1974 til 25,1 pct. i 1972 og 1976. I 1974 medførte vandingen et mindre fald i tørstofindholdet. I 1976 medførte vandingen, at tørstofindholdet steg fra ca. 18,0 til 25,1 pct. Dyrkningsformen (kam -ikke kam) havde ikke nogen entydig indflydelse på tørstofindholdet.

Merudbyttet af tørstof for vanding varierede fra 3 hkg pr. ha i 1974 til 121 hkg pr. ha i 1976. Det gennemsnitlige merudbytte for vanding var 51 hkg tørstof pr. ha. I 1976 var merudbyttet i den vandede afdeling 7 hkg tørstof pr. ha for dyrkning på kam. I 1972 og 1974 var der kun små eller ingen forskelle mellem de to dyrkningsformer, tabel 5.

Skurv og rodfiletsvamp

Ved optagningen blev knoldene bedømt for angreb af skurv og rodfiletsvamp. Resultaterne ses i tabel 6.

Der har været meget store årsvariationer i skurvprocenten. Effekten af vanding har været meget varierende. I 1972 var der kun små forskel-

Tabel 6. Angreb af skurv og rodfiletsvamp, pct. af overfladen og reaktionstal.

Attach of Streptomyces scabies and Rhizoctonia solani, per cent of surface and pH

Skurv, Streptomyces scabies

		uvandet <i>no irrigation</i>		vandet <i>irrigation</i>		reaktions- tal
		med kam + hill	uden kam ÷ hill	med kam + hill	uden kam ÷ hill	
Binthe	1972	8,6	-	9,4	6,9	6,4
»	1973	19,1	-	29,0	42,0	6,2
Octavia	1975	4,1	5,7	6,8	9,9	5,9
»	1976	24,2	38,8	27,7	28,1	6,3

Rodfiletsvamp, Rhizoctonia solani

Binthe	1972	1,2	-	0,9	1,2
»	1973	3,6	-	3,9	4,7
Octavia	1975	0,4	1,5	2,2	1,3
»	1976	0,1	0,4	0,9	0,8

le mellem forsøgsleddene. I 1973 og 1975 var skurvprocenten højest i de vandede forsøgsled. Dette var også tilfældet i 1976, når kartoflerne blev dyrket på kam. Ved dyrkning på flad jord bevirkede vandingen i 1976 en mindre nedgang i skurvprocenten. Der var i alle forsøg kun svage angreb af rodfiltsvamp og ingen sikre udslag.

Planternes vandforbrug

Planternes vandforbrug fremgår af tabel 7. Vandforbruget er målt ved hjælp af neutronmetoden. Vandforbruget er beregnet efter formlen:

$$W = \Delta sv + P + I$$

W: Vandforbrug mellem to målinger, mm.
(Evapotranspiration between two measurements, mm)

Δsv : Ændringen i jordens vandindhold, mm.
(Variation in the water content of the soil, mm)

P: Nedbør, mm. (Precipitation, mm)

I: Vanding, mm. (Irrigation, mm)

Tabel 7. Vandforbrug, mm.
Evapotranspiration, mm

	uvandet no irrigation	vandet irrigation	Ea/Ep
1972	348	376	0,93
1973	228	348	0,66
1974	232	230	1,01
1975	158	322	0,49
1976	124	362	0,34

Fig. 2 viser måleresultaterne fra 1976.

Uden vanding har vandforbruget varieret fra 124 mm i det ekstremt tørre år 1976 til 348 mm i 1972, med et gennemsnit på 218 mm for alle fem år. Med vanding har vandforbruget varieret fra 322 mm i 1975 til 376 mm i 1973, med et gennemsnit på 328 mm for alle fem år. Merforbruget i den vandede afdeling har i gennemsnit været på 110 mm. Der er tilført gennemsnitlig 150 mm ved vanding.

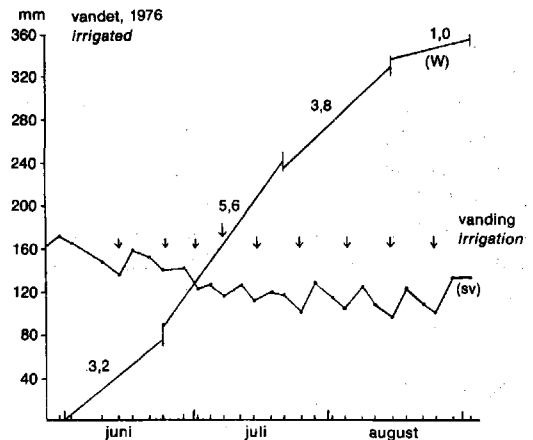
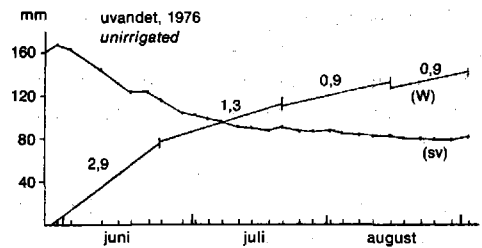


Fig. 2. Vækstperiodens vandforbrug (W) og jordens vandindhold i 0-1 m dybde (sv). Tallene, som er anført på kurverne, viser det gennemsnitlige daglige vandforbrug i den pågældende periode.
Evapotranspiration (W). Water content in 0-1 m depth (sv). At the curves is indicated daily mean evapotranspiration for the period

Ved en retliniet beskrivelse af udbyttet som funktion af vandingsbehov (1) og merudbyttet som funktion af tilført vand (2) ses af fig. 3, at der er tale om ret tætte korrelationer, r^2 henholdsvis 0,99 og 0,93. Af hældningskoefficienterne ses, at i det område, som fig. 3 dækker, blev der i gennemsnit opnået 1,7 hkg knolde pr. mm vandingsvand. Hvis der derimod var tale om stigende nedbør, blev der opnået 1,9 hkg knolde pr. mm nedbør.

Fig. 4 viser udbyttet af knolde som funktion af Ea/Ep beregnet som middelværdi for hele vækstopperioden.

Der ses at være opnået en meget tæt korrelation ($r^2 = 0,97***$).

udbytte eller merudbytte af knolde, hkg pr. ha
yield or yield increase in tubers, hkg per hectare

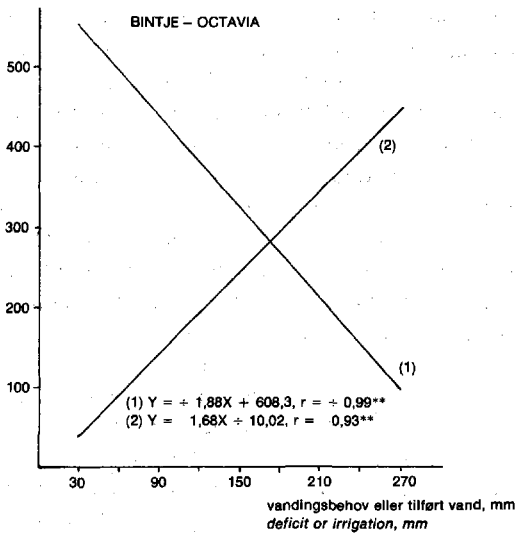


Fig. 3. Udbytte af uvandet som funktion af vandingsbehov (1). Merudbyttet som funktion af vandmængde (2). Yield of unirrigated treatments as a function of deficit (1). Yield increase as a function of irrigation (2)

udbytte af knolde, hkg pr. ha
yield in tubers, hkg per hectare

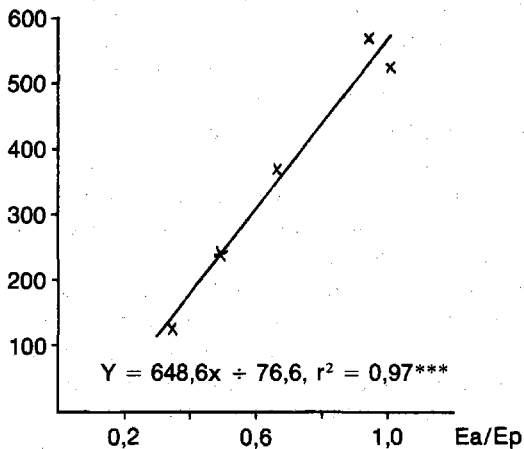


Fig. 4. Udbytte som funktion af Ea/Ep. Yield as a function of Ea/Ep

Diskussion

Merudbyttet for vanding har i tidligere danske vandingsforsøg med kartofler gennemsnitlig været på omkring 50-60 hkg knolde pr. ha (Heick 1952, Knudsen 1964, Gregersen og Jørgensen 1973).

Udbyttene og merudbytte for vanding har været betydelig højere i disse forsøg end i tidligere gennemførte vandingsforsøg. Når merudbyttet for vanding har været højt, skyldes det fortrinsvis de to meget tørre år 1975 og 1976, hvor der blev vandet med henholdsvis 180 og 270 mm. Sandsynligheden for to så tørre år ud af en kort årrække, som forsøget er gennemført i, er lille.

Det vil derfor ikke være muligt at opnå et merudbytte af denne størrelsesorden som gennemsnit af en længere årrække.

Indflydelsen af dyrkningsformen (kam - uden kam) har været ubetydelig i de fleste år. I de uvandede industrikartofler i 1974 var der dog signifikant merudbytte for dyrkning på kamme. På jordtyper med et tyndt muldlag, hvor det underliggende jordlag har en forholdsvis lille vandkapacitet, kan sammenskrabningen af muldjord til en kam evt. medføre, at den plantetilgængelige vandmængde i planternes rodzone stiger.

I 1974 og 1975 blev der i Sverige gennemført vandingsforsøg med forskellig kamform og uden kam på forskellige lokaliteter. I 1974 blev de største udbytter opnået med en bred kamform. Uden kam blev der opnået betydeligt større udbytter end ved dyrkning på spids kam. I 1975 var resultaterne mere spredte (Johansson 1976).

Når der i de svenske forsøg, ihvertfald et enkelt år, blev opnået et betydeligt merudbytte ved dyrkning uden kam kan det skyldes, at der har været en forholdsvis stærk udtørring af jorden før vanding. En sådan udtørring kan eventuelt bevirke, at kammen har meget vanskeligt ved at optage vand, især i begyndelsen af vandingen.

Vandingens indflydelse på tørstofindholdet har været meget varierende. I år med et lille vandingsbehov har vandingen kun haft lille eller ingen indflydelse på tørstofindholdet (1972, 1973 og 1974).

I år med en meget tør periode i forsommeren

efterfulgt af nedbør på et så tidligt tidspunkt, at det gav mulighed for fornyet vækst, eventuel genvækst, blev tørstofindholdet betydelig lavere i de uvandede forsøgsled (Octavia 1975 og Dianella 1976).

Hvis tørkeperioden derimod varede så længe, at kartoflerne ikke nåede at komme i vækst igen, blev tørstofindholdet betydeligt højere i de uvandede kartofler (Octavia 1976).

Angrebene af rodfiltsvamp har i de fleste tilfælde været små. Angrebsgraden af skurv har været meget forskellig fra år til år. Vandingsens indflydelse på skurvprocenten har været meget varierende fra år til år. Vandingen har i flere tilfælde påvirket skurvprocenten i opadgående retning. Dette er ikke i overensstemmelse med tidligere forsøg (Gregersen og Jørgensen 1973).

Flere udenlandske undersøgelser har også vist, at vandingen kan påvirke skurvprocenten stærkt i nedadgående retning (Labruyere 1965, Lapwood et al. 1973, Davis 1973).

Vandingsens indflydelse på skurvprocenten skyldes sandsynligvis flere indirekte og direkte faktorer f.eks. påvirkning fra jordens mikroorganismer, herunder eventuelle antagonistiske til *Streptomyces scabies* (Labruyere 1965), og påvirkning fra luftskifte og jordtemperatur.

Endelig er der mulighed for, at effekten kan skyldes en indirekte virkning via vandingens virkning på visse næringsstoffers tilgængelighed. Mc Gregor og Wilson (1966) konkluderede, at faktorer, som bevirkede en skurvreduktion, ofte var forbundet med en større manganoptagelse.

Der blev i forsøgene fundet ret tætte korrelationer mellem vandingsbehov og udbytte af uvandet og mellem tilført vand og merudbytte for vanding, selv om det må forventes, at effekten af tørkeperioder og af vanding er afhængig af tidspunktet i vækstperioden. Når der alligevel blev fundet tætte korrelationer skyldes det formentlig, at tørkeperioden i de fleste år startede på et ret veldefineret tidspunkt, (medio juni).

I de år, hvor der har været meget store vandingsbehov, f.eks. 1976 tyder det på, at vandmængderne ikke har været helt tilstrækkelige til at fylde jorden op til markkapacitet, fig. 2.

I gennemsnit af forsøgsperioden blev der opnået ca. 1,7 hkg knolde pr. mm tilført vand. For stigende nedbørsmængder blev der opnået 1,9 hkg knolde pr. mm. Når effekten af nedbør har været større end effekten af vandingsvand, kan det skyldes flere faktorer. Det er sandsynligt, at der findes en negativ sammenhæng mellem vækstsæsonens nedbørsmængde og temperaturen således, at i år med et stort vandingsbehov kan temperaturen eventuelt ligge mere eller mindre over optimumstemperaturen for stofproduktion.

Der er en nær sammenhæng mellem vegetativ tilvækst i en periode og Ea/Ep (Ea = aktuel fordampning, Ep = potentiel fordampning). Man kan også forvente en nær sammenhæng mellem knoldudbytte af kartofler og Ea/Ep (Johansson 1974). I fig. 4 er Ea og Ep beregnet som hele vækstperiodens vandforbrug i henholdsvis uvandede og vandede kartofler. 97 pct. af udbyttevariationen i de uvandede forsøgsled skyldtes variation i Ea/Ep.

Konklusion

Formålene med de gennemførte forsøg var at undersøge effekten af vanding af kartofler dyrket med og uden kamme samt at undersøge relationerne mellem vandforbrug og stofproduktion.

Det gennemsnitlige merudbytte for vanding har været højt, 194 hkg knolde pr. ha i spisekartofler og 179 hkg knolde pr. ha i industrikartofler. Det store merudbytte skyldes de to ekstremt tørre år 1975 og 1976. Der var kun små udbytteforskelle på grund af dyrkningsformen.

I år med et lille vandingsbehov har vandingen kun haft lille eller ingen indflydelse på knoldenes tørstofindhold. I år, hvor der sandsynligvis har været tale om genvækst efter tørkeperioder, påvirkede vandingen tørstofindholdet i opadgående retning. I et enkelt år, hvor der ikke opstod genvækst efter en lang tørkeperiode, fandtes de højeste tørstofindhold i de uvandede forsøgsled. Der var ikke nogen entydig indflydelse af vandingen på angreb af rodfiltsvamp og skurv.

Der blev fundet tætte korrelationer mellem vandingsbehov og udbytte af uvandet og mellem tilført vand og merudbytte for vanding. Der blev

ligeledes fundet en tæt korrelation mellem udbyttet og E_a/E_p , (E_a = aktuel fordampning, E_p = potentiel fordampning). 97 pct. af variationen i knoldudbyttet i de uvandede forsøgsled skyldtes variation i E_a/E_p .

Litteraturliste

- Davis, J.R. 1973: *Effects of moisture level and chemical treatment on potato scab control. Fifth Annual Idaho Potato School Proceedings*: 107-109.
- Gregersen, A. og V. Jørgensen 1973: Vanding af kartofler 1965-71. *Tidsskrift for Planteavl* 77, 5: 611-620.
- Heick, Fr. 1952: Enårige forsøg med kunstig vanding af markafgrøder. *Tidsskrift for Planteavl* 55: 433-48.
- Johansson, W. 1976: *Lantbrukshögskolans försöksledarmöte* 1976. Uppsala.
- Johansson, W. 1974: Beräkning av vatteninnehåll och vattenomsättning i odlad jord med ledning av meteorologiska data. Särtryck ur *Grundförbättring* 1970 och 1973/74: 153 sider.
- Knudsen, K.H. 1966: Vanding af kløvergræs under forskellige jordbunds- og klimaforhold. *Tidsskrift for Planteavl*, 70: 1-12.
- Knudsen, K.H. 1964: Fastliggende forsøg med vanding og gødskning 1950-60. *Tidsskrift for Planteavl* 67: 652-678.
- Lapwood, D.H. et al. 1973: *Irrigation as a Practical Means to Control Potato Common Scab. Plant Path.* 22: 35-41.
- Labruyere, R.E. 1965: Aardappelschurftbestridning dooe beregning. *Meded. Land. Hogesch. Opzoekstns Gent* 30: 1670-1682.
- Mc Gregor, A.J., and G.C.S. Wilson 1966: *The influence of manganese on the development of potato scab. Plant and Soil* 25: 3-16.

Manuskript modtaget den 4. februar 1977.