

## Virkninger af saltholdigt vandingsvand til kartofler, gulerødder og hvidkål

*The effect of saline irrigation water in crops of potatoes, carrots and white cabbage*

Villy Jørgensen

### Resumé

Der findes et stigende antal tilfælde med indtrængning af saltvand i brønde og borer. Da saltholdigt vand kan skade afgrøder og jordstruktur, blev der udført forsøg med planter. Afgrøderne var gulerødder, kartofler og vinterhvidkål.

Forsøgene viser, at der under danske forhold ikke bør anvendes vandingsvand med mere end 1000 mg natriumklorid/l til kartofler og 1500–1800 mg/l til vinterhvidkål og gulerødder.

Efterårs og vinternedbøren kunne udvaske ophobede kloridmængder fra pløjelaget, men ikke natrium fra sandblandet ler. Vanding med saltholdigt vand medførte stor stigning i tørstoffets indhold af natrium og klorid, men fald i magnesium- og calciumindholdet. Forsøgsperioden var nedbørsrig. Alligevel blev der opnået store merudbytter for vandning.

Forsøgene blev gennemført med forsøgsleddene uvandet, vandning med grundvand og vandning med henholdsvis 0,15, 0,30 og 0,45% natriumklorid (kogsalt) i vandingsvandet og på 2 jordtyper. Der blev vandet til markkapacitet ved 0,7 bar målt i 17 cm dybde.

**Nøgleord:** Vanding, saltholdigt vand, kartofler, gulerødder, kål.

### Summary

During the period 1977–81 irrigation experiments were carried out with saline water in crops of carrots, potatoes and white cabbage. 4 concentrations of saline water were used, 0.15, 0.30 and 0.45% sodium chloride, and in addition a natural and irrigated treatment with groundwater. A sandy soil and a sandy loam were used.

There was a lot of rain over the experiment period, nevertheless, large increases in yields were obtained from irrigation.

The precipitation during autumn and winter usually leached out chloride, but sodium was leached out more slowly, especially from the sandy loam.

Saline irrigation water caused a large increase in the sodium and chloride content of the dry matter, but a decrease in the magnesium and calcium content.

It was concluded that the limit of the salt content (NaCl) in the irrigation water is 1000 mg/l for potatoes and 1500–1800 mg/l for carrots and white cabbage.

**Key words:** Irrigation, saline water, potatoes, carrots, white cabbage.

## Indledning

I 1972 blev der ved Jyndeved forsøgsstation indledt undersøgelser over anvendelse af saltholdigt vand til vanding af grønsager.

Motiveringen for disse undersøgelser var et stigende antal tilfælde med indtrængning af saltholdigt vand i brønde og borer, hvorfra der opumpedes vand til markvanding.

Saltet kan hidrøre fra forskellige kilder. I kystnære områder opstår saltkoncentrationerne på grund af indtrængning af havvand. Længere inde i landet kan der også findes betydelige saltkoncentrationer, som kan skyldes tilstedeværelse af salthorste eller saltvandslommer, som er indsluttede i undergrunden.

I beretning nr. 1315 fra Statens Planteavlsvforsøg blev der redegjort for forskellige forhold vedrørende saltholdigt vand i grundvandet, saltets effekt på plantevækst og på planternes kemiske sammensætning samt mulig virkning på jordstrukturen (Jørgensen, 1976). Resultaterne fra denne undersøgelse viste stor årsvariation, først og fremmest forårsaget af nedbørsvariationer. I det tørre år 1975 viste det sig, at løg og porre var særlig saltfølsomme. Disse kulturer viste en udbyttenedgang på 10% i forhold til vanding med grundvand ved henholdsvis 400 og 800 mg natriumklorid pr. liter vandingsvand. Selleri og blomkål var middelfølsomme. De viste den samme udbyttereduktion ved 1300–1400 mg natriumklorid pr. liter vandingsvand. Spinat var mest tolerant og accepterede 8400 mg natriumklorid pr. liter vandingsvand, før der kunne påvises en udbyttereduktion på 10%.

I litteraturen findes en række resultater med tolerancegrænser, som varierer en del bl.a. afhængig af de klimaforhold, som undersøgelsen er udført under, men også jordens struktur, tekstur samt ionkoncentration og sammensætning før vanding spiller en stor rolle.

Hollandske klimaforhold afviger ikke særlig meget fra danske, hvorfor resultater fra hollandske undersøgelser er relevante for danske forhold. *Hellings* (1971) anfører, at grænsen for kloridindhold i jordvæsken er 300–400 mg/l for grønsager med ringe salttolerance som salat, bønner, ærter og jordbær, 600–700 mg/l for arter med mo-

derat tolerance som kartofler, porre og løg og 2000–3000 mg/l for arter med god tolerance som spinat, radiser og bederoer. Ved et gennemsnitligt nedbørsdeficit (underskud) på 150 mm og tildelelse af 30 mm pr. vanding kan grænserne for natriumklorid i vandingsvand til sprinklervanding efter *Hellings* (1971) anslås til henholdsvis 600, 1000 og 1500 mg/l natriumklorid til kulturer med moderat, mellem og stor salttolerance.

Den anvendte vandingsteknik kan spille en rolle for resultaterne. Ved sprinklervanding opnås primært en nedadgående vandbevægelse med mulighed for saltudvaskning. Ved drypvanding opstår dels udvaskningszoner og zoner, hvor der kan ophobes salt, da vandet ved drypvanding også har horisontal komponent (*Shmueli & Goldberg*, 1971). I denne undersøgelse blev der anvendt et bevægeligt drypvandingssystem, hvor dråberne spredes mere end ved drypvanding.

For at undersøge salttolerancen af kartofler, gulerødder og vinterhvidkål blev der i perioden 1977–81 gennemført vandingsforsøg med disse kulturer ved Jyndeved forsøgsstation.

## Forsøgsplan og metodik

Forsøgene blev gennemført i rammeforsøg med 2 jordtyper på Jyndeved forsøgsstation efter følgende forsøgsplan:

1. Ingen vanding.
2. Vanding med grundvand.
3. Saltvand med 0,15% natriumklorid (NaCl) (1500 mg/l).
4. Saltvand med 0,30% natriumklorid (3000 mg/l).
5. Saltvand med 0,45% natriumklorid (4500 mg/l).

*Gentagelse:* 4 fællesparceller à 2 m<sup>2</sup>, 2 på hver jordtype.

*Afgrøder:* Kartofler »Bintje«, gulerødder »Nantes Scarletta« og vinterhvidkål (Amager, høj grøn, »Grami«).

*Jord:* Grovsandet jord og sandblandet lerjord.

*Vanding:* Koncentrationerne blev opnået ved at opløse natriumklorid i grundvand. Der

blev vandet til markkapacitet ved tension 0,7 bar målt med tensiometer i 17 cm dybde. Vandingen blev foretaget med et bevægeligt vandingsssystem, hvormed vandet tilførtes gennem drypdyser, som giver en moderat vandingsintensitet på 4 mm pr. time. Jørgensen (1976) har beskrevet anlægget mere detaljeret.

**Sortering:** Ved høst blev udbytterne sorteret efter GASA's sorteringsregler.

**Afgrødeanalyser:** Natrium, klorid, kalium, magnesium, calcium, nitratkvælstof og totalkvælstof.

**Jordanalyser:** Natriumtal, kloridtal, kaliumtal, magnesiumtal, calciumtal, fosforsyre, ledningstal og reaktionstal om foråret, i juli og sidst i oktober.

### Resultater

*Forsøgsperiodens klimaforhold, vanding og saltophobning i jorden.*

Forsøgsperiodens nedbørsforhold, fordampning og de tildelte vandmængder er vist i fig. 1. Resultaterne fra jordanalyserne er vist i fig. 2. Forsøgsperiodens nedbørsforhold må som helhed karakteriseres som gode for plantevækst.

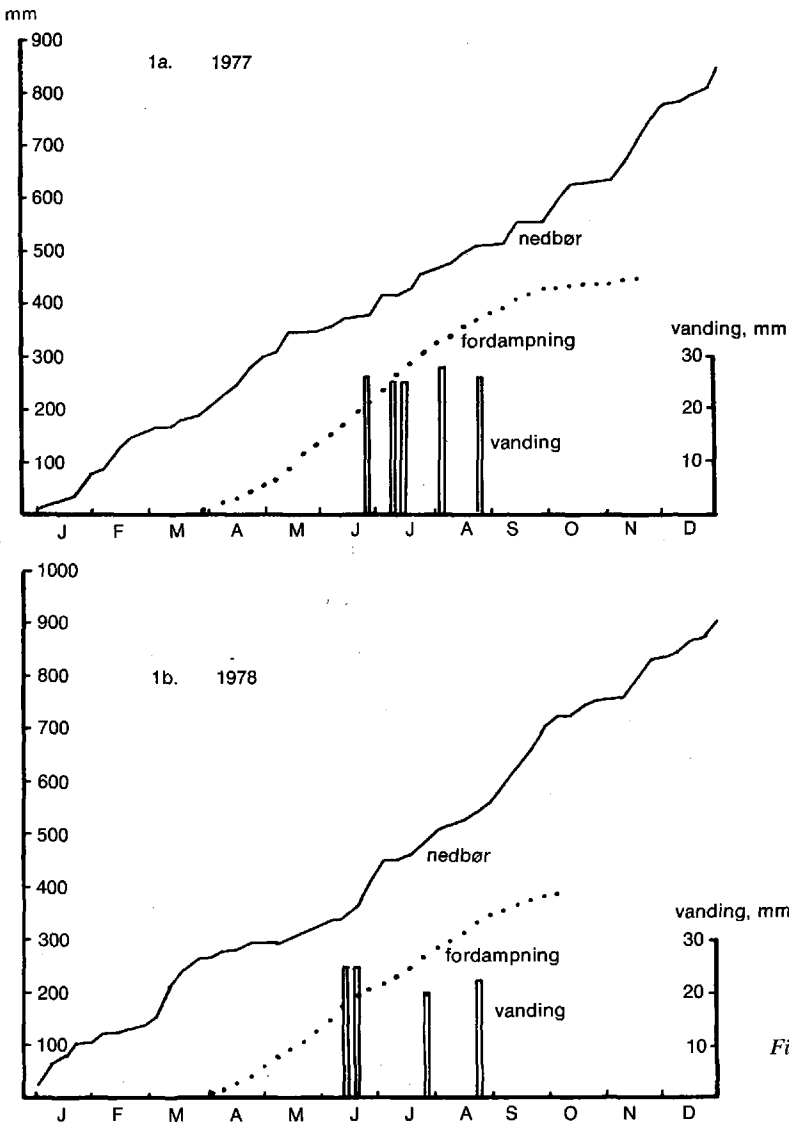


Fig. 1 (fortsættes)

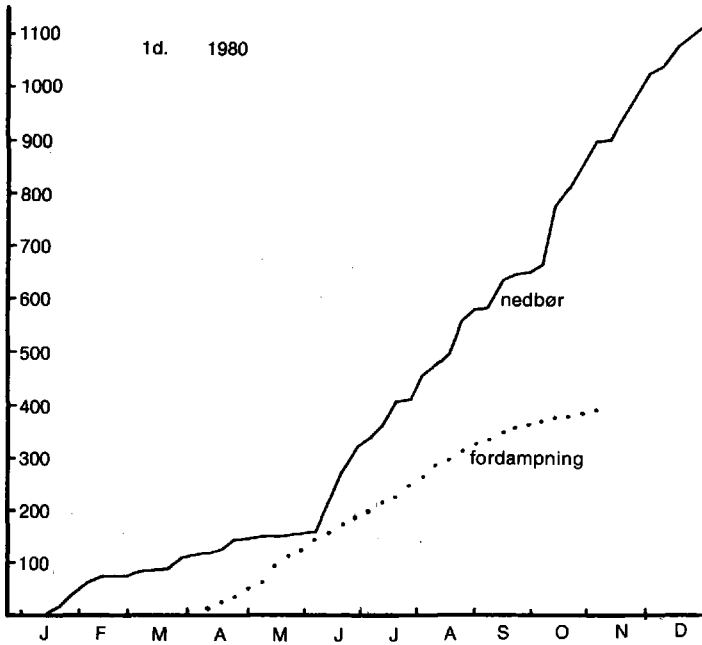
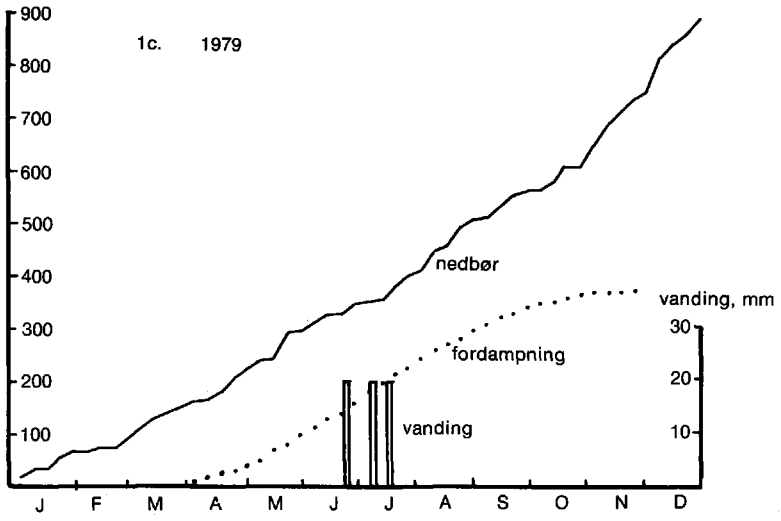


Fig. 1 (fortsættes)

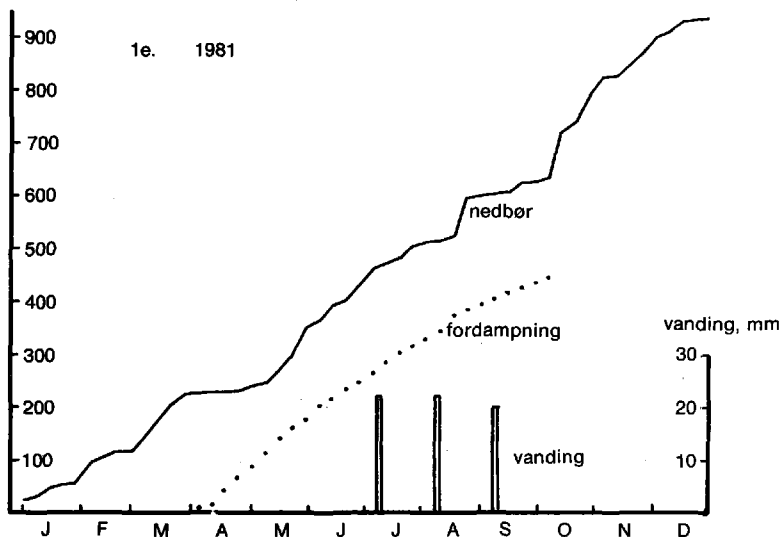


Fig. 1. Nedbør, fordampning og vanding, 1977-81.

*Precipitation, evapotranspiration (pan evaporation) and irrigation, 1977-81.*

*Kartofler ikke vandet d. 26/8 1977, 22/8 1978 og 8/9 1981.*

*No irrigation of potatoes 26/8 1977, 22/8 1978 and 8/9 1981.*

*Gulerødder og hvidkål ikke vandet d. 14 og 19/6 1978.*

*No irrigation of carrots and white cabbage 14 and 19/6 1978.*

I 1977 blev der tilført 130 mm, dog kun 104 mm for kartofler. Natrium- og klorid tallene steg til 35-40 i lerjorden ved de højeste saltkoncentrationer i vandingsvandet, men kun til 15-25 i sandjord. Tallene viser, at betydelige saltmængder blev vasket ud fra pløjelaget. Ved den højeste saltkoncentration blev der tilført de mængder, som er vist i tabel 1.

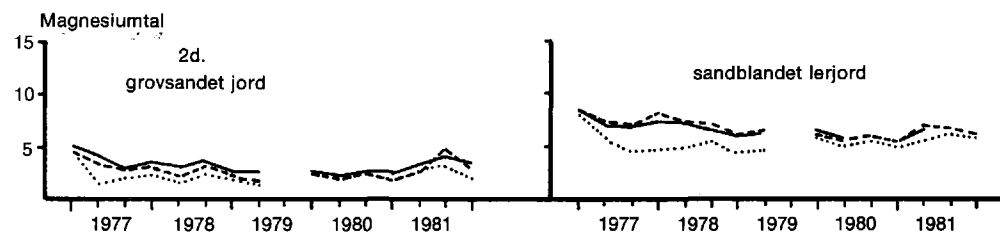
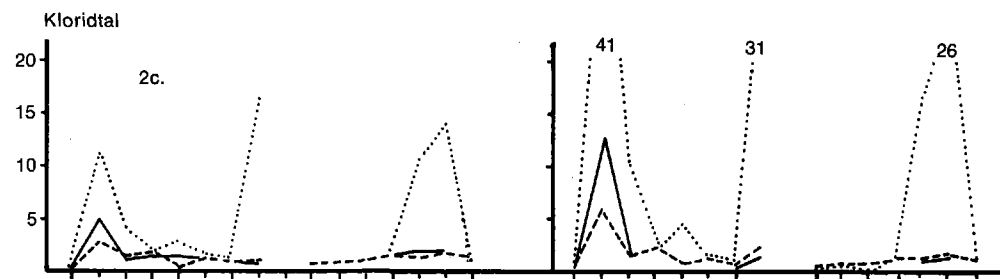
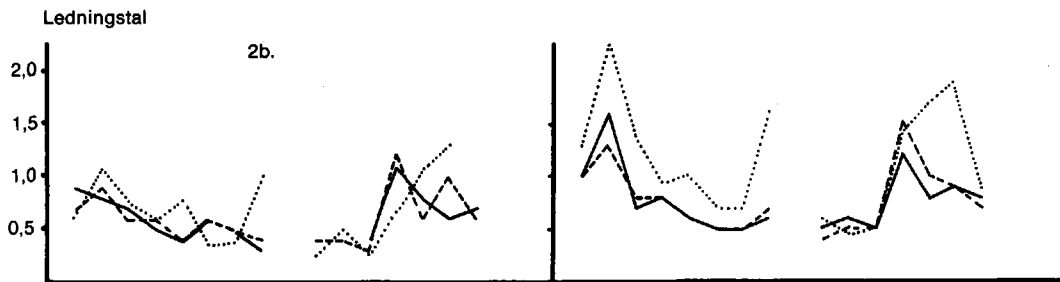
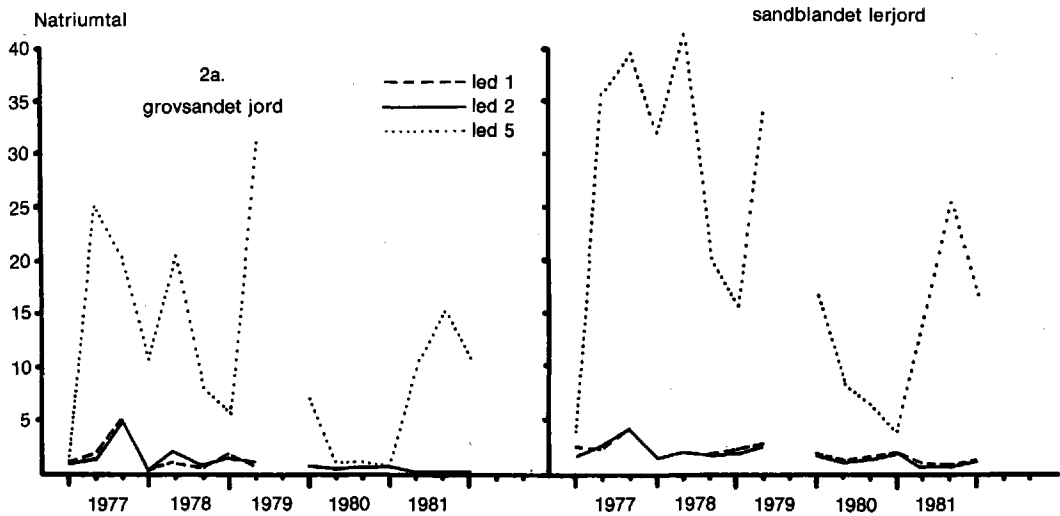
Af fig. 2 ses, at efterårs- og vinter nedbøren såvel 1977/78 som alle de øvrige forsøgsår var i stand til at udvaske de ophobede kloridmængder

inden foråret. Dette var imidlertid ikke tilfældet for natrium, især i sandblandet lerjord, hvor fig. 2 viser, at vækstperioden 1978 startede med meget høje natriumtal, hvor der i 1977 var vandet med de højeste saltkoncentrationer. Det bemærkes, at der ikke fandtes lignende forskelle i ledningstallet.

I 1978 blev der kun vandet med 42 mm til hvidkål og gulerødder og 70 mm til kartofler. Klorid tallene var lave og natrium- og ledningstal faldt stærkt gennem vækstperioden, især i lerjord.

Tabel 1. Tilførsel af natriumklorid og natriumklorid i jorden efter vandingsæson, 1977  
*Supply of sodium and chloride during 1977*

	Tilført med vandingsvand, kg pr. ha	Na <sub>t</sub> & Cl <sub>t</sub>	kg pr. ha i jorden	Optaget af afgrøden (anslået)
Natrium .....	2300	30	750	100
Klorid .....	3500	30	750	100



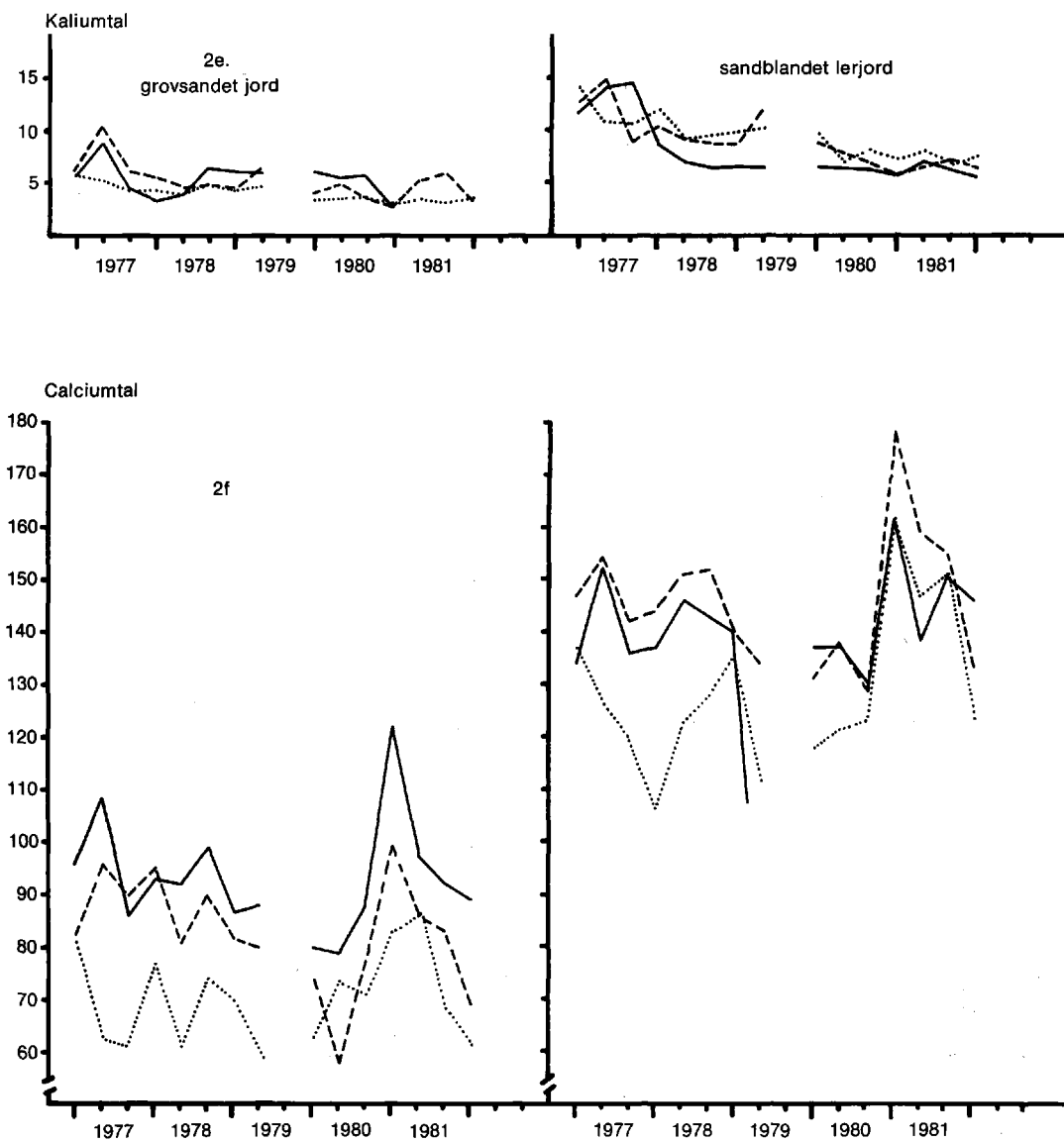


Fig. 2. Jordanalyser.  
Analyses of the soil.

Året 1979 havde også gode nedbørsforhold, alligevel blev der behov for 3 vandinge i en forholdsvis kort periode.

I 1980 faldt der kun lidt nedbør indtil begyndelsen af juni. Derefter var nedbøren betydelig større end fordampningen i den resterende del af vækstperioden. Det medførte, at der ikke blev vandingsbehov i 1980. I foråret 1980 var der stadig høje natriumtal, især i lerjorden. De store nedbørsmængder i den sidste del af 1980 og ingen ny tilførsel af salt bevirkede, at natriumtallene i lerjorden i løbet af vækstperioden faldt til det »normale« niveau.

Året 1981 var også præget af gode nedbørsforhold. Dog blev der vandet 3 gange i gulerødder og hvidkål og 2 gange i kartofler. Vandingerne blev oftest efterfulgt af nedbør efter få dages forløb. Alligevel steg natriumtallene til 15 i sandjorden og 25 i den sandblandede lerjord. Forløbene i såvel natrium- som ledningstal var stærkt stigende efter tilførsel af 130 mm saltholdigt vand i 1977. Derefter var hovedforløbet faldende med store korttidsvariationer. Det »normale« lave niveau blev først nået efter året 1980, hvor der overhovedet ikke blev vandet.

For nærmere at undersøge årsagerne til eftervirkningseffekten i 1980 blev muldlagets volumenvægt og aggregatsstabiliteten bestemt. Tabel 2 viser, at volumenvægten på sandjord var påvirket af forsøgsbehandlingen, medens saltholdigt vandingsvand i lerjorden medførte en betydelig tættere jord og en mindre aggregatstabilitet.

## Udbytter

### Gulerødder

Udbyttresultaterne af salgsvare ses i tabel 3. Forskelle i udbytteneiveau af uvandet og vandet samt reaktionsmønsteret for saltholdigt vand viste sig at være forskelligt på de 2 jordtyper, hvorfor resultaterne er anført hver for sig. Der fandtes kun signifikante udbyttforskelle på sandjord.

På lerjord var det gennemsnitlige udbytteneiveau af uvandet 67 hkg pr. ha højere end på sandjord. Vanding med grundvand medførte, at udbyttet af salgsvare blev 150 hkg pr. ha større på sandjord end på sandblandet lerjord.

Kun i 1977 og 1981 var der store merudbytter på sandblandet lerjord for vanding med grundvand.

På sandjord fandtes en sammenhæng mellem vandingsbehov og merudbytte for vanding med grundvand, der kan beskrives ved (1):

$$(1) Y = 2,1x + 88,6, r^2 = 0,65^*$$

I 1978 og 1979 blev der kun tilført henholdsvis 42 og 66 mm vand. Af tabel 3 ses, at dette medførte stigende udbytte på sandjord ved de 2 laveste saltkoncentrationer og først udbyttenedgang ved 0,45% natriumklorid i vandingsvandet.

I 1977 og tildels 1981, hvor der tilførtes henholdsvis 130 og 64 mm vand, blev udbyttereduktionen større. Resultaterne fra 1980 viste en betydelig eftervirkning efter vanding i tidligere år. Forsøgsperiodens gennemsnitsresultater viste først udbyttenedgang ved den højeste saltkoncentration.

I sandblandet lerjord var udbyttet mere ensar-

Tabel 2. Jordens vægtfylde og aggregatstabilitet, efterår 1980  
Specific gravity of the soil and stability of soil aggregates, autumn 1980

	Grovsandet jord	Sandblandet lerjord	% stabile aggregater i sandblandet lerjord
Uvandet .....	1,41	1,32	49,2
Grundvand .....	1,39	1,40	48,5
0,15% NaCl .....	1,39	1,41	41,6
0,30% NaCl .....	1,38	1,50	29,8
0,45% NaCl .....	1,39	1,51	33,8



**Tabel 3. Udbytter af salgsvare, hkg pr. ha**  
*Yield of marketable products, hkg per hectare*

	Grovsandet jord						Sandblandet lerjord					
	1977	1978	1979	1980	1981	gns.	1977	1978	1979	1980	1981	gns.
<i>Gulerødder</i>												
Uvandet	629,0	712,8	731,2	719,7	577,1	674,0	748,3	942,7	789,8	578,2	645,5	740,9
Grundvand	925,0	935,7	1013,9	847,3	843,5	913,1	809,8	913,7	788,2	536,2	768,1	763,2
0,15% NaCl	940,0	1058,3	1063,1	784,6	883,1	945,8	798,5	942,8	642,5	660,9	851,6	779,3
0,30% NaCl	877,1	1188,1	1097,0	774,4	816,4	950,6	841,8	942,1	657,8	609,5	804,1	771,1
0,45% NaCl	763,5	1124,4	993,4	677,0	872,7	886,2	666,0	853,3	723,8	658,7	596,8	699,7
LSD						59						59
<i>Kartofler</i>												
Uvandet	440,0	617,5	495,0	486,3	475,9	502,9	520,0	660,0	522,5	616,3	631,6	590,1
Grundvand	585,0	590,0	570,0	503,8	544,3	558,6	652,5	665,0	546,3	571,3	619,0	610,8
0,15% NaCl	632,5	562,5	525,0	566,3	474,9	552,2	597,5	606,3	505,0	551,3	585,9	569,2
0,30% NaCl	622,5	577,5	481,3	581,3	527,1	557,9	635,0	637,5	503,8	561,3	617,4	591,0
0,45% NaCl	522,5	560,0	493,8	571,3	541,5	537,8	592,5	657,5	510,0	552,5	596,2	581,7
LSD						22						22
<i>Vinterhvidkål</i>												
Uvandet	436,3	625,2	751,6	494,2	458,0	553,1	563,3	675,2	621,9	251,0	520,2	526,3
Grundvand	727,6	795,2	807,2	537,2	547,3	682,9	652,6	836,8	617,7	253,5	564,7	585,1
0,15% NaCl	605,1	835,2	781,0	495,1	638,8	671,0	671,9	755,6	684,4	254,0	524,5	578,1
0,30% NaCl	651,5	871,9	902,5	595,9	643,5	733,1	760,5	841,9	845,0	316,3	486,5	650,0
0,45% NaCl	570,5	855,5	734,9	582,4	473,6	643,4	699,0	837,9	791,3	232,0	488,4	609,7
LSD						77						77

tet uanset vandkvalitet. Kun i år med relativ stort vandingsbehov fandtes begyndende udbyttereduktion ved den høje saltkoncentration (1977 og 1981).

Vanding medførte lidt flere revnede og færre grenede gulerødder. Totalt medførte vanding

med såvel grundvand som saltholdigt vand færre kasserede gulerødder på sandjord, se tabel 4. Udbyttenedgang som følge af vanding med saltholdigt vand skyldtes mindre gulerødder, samt en stigende kassationsprocent i en del tilfælde, og ikke nedgang i planteantallet pr. arealenhed.

**Tabel 4. Revnede, grenede og frasorterede gulerødder, hkg pr. ha**  
*Cracked, branched and discarded carrots, hkg per hectare*

	Uvandet	Grundvand	0,15% NaCl	0,30% NaCl	0,45% NaCl
<i>Revnede</i>					
Grovsandet jord	43,5	66,5	45,4	39,7	43,0
Sandblandet lerjord	116,8	189,9	191,7	196,8	201,9
<i>Grenede</i>					
Grovsandet jord	79,9	53,7	32,1	30,4	23,2
Sandblandet lerjord	78,0	56,4	72,3	66,3	58,8
<i>Andre frasorterede</i>					
Grovsandet jord	77,1	40,2	34,7	37,4	44,1
Sandblandet lerjord	45,3	34,4	36,4	46,1	65,1

### Kartofler

På sandblandet lerjord var det gennemsnitlige udbytte af uvandet 87 hkg pr. ha større end på grovsandet jord. Vanding med grundvand medførte et gennemsnitligt merudbytte på 56 hkg knolde pr. ha på sandjord samt et mindre og ikke signifikant merudbytte på sandblandet lerjord, hvor der dog blev opnået 132 hkg knolde pr. ha for vanding i 1977 med et vandingsbehov på 104 mm.

På grovsandet jord fandtes en sammenhæng mellem vandingsbehov og merudbytte for vanding, som kan beskrives ved (2), som dog ikke er signifikant:

$$(2) Y = 1,0x - 7,0, r^2 = 0,35$$

På sandblandet lerjord fandtes i alle forsøgsår en mindre udbyttereduktion ved anvendelse af vandingsvand med 0,15% natriumklorid, hvorefter udbyttet i hovedtræk stabiliseredes på dette niveau ved højere koncentrationer.

På sandjord var udbyttereduktionen mere markant ved 0,15% natriumklorid i vandingsvandet i tre forsøgsår. I 1977 var der en positiv virkning ved anvendelse af de to laveste saltkoncentrationer. Det var et gennemgående træk, at udbyttereduktionen ikke forstærkedes væsentligt ved højere koncentrationer med undtagelse af 1977, som havde det største vandingsbehov på 104 mm.

### Vinterhvidkål

I vinterhvidkål fandtes de samme principielle forskelle, som nævnt for de øvrige kulturer, dog i mindre udpræget grad. Resultaterne var gennemgående mere usikre.

Vanding med grundvand medførte et signifikant merudbytte på 130 hkg pr. ha på sandjord og et ikke signifikant merudbytte på 59 hkg pr. ha på sandblandet lerjord. Også i vinterhvidkål blev det gennemsnitlige udbyttensniveau ved vanding med grundvand større på grovsandet jord end på sandblandet lerjord. Der fandtes en stor årsvariation i merudbyttet for vanding. Merudbyttet for vanding som funktion af vandingsbehovet kunne for sandjord beskrives ved (3):

$$(3) Y = 2,0x - 0,6, r^2 = 0,73^*$$

Der fandtes også stor årsvariation i effekten af saltholdigt vand. I 1977, som havde det største vandingsbehov, fandtes udbyttereduktion på

sandjord allerede ved anvendelse af vandingsvand med 0,15% natriumklorid, men denne udbyttereduktion fortsatte ikke ved højere saltkoncentrationer.

Først ved anvendelse af vand med 0,45% natriumklorid fandtes udbyttereduktion i forhold til vanding med grundvand i de fleste forsøgsår.

### Kemisk sammensætning af plantetørstof

Af tabel 5 ses, at natriumindholdet var meget forskelligt i de 3 kulturer, men ens i vandet med grundvand og uvandet inden for den enkelte kultur. I alle tilfælde steg natriumindholdet med stigende saltkoncentration i vandingsvandet og stigningen udgjorde ca. 400% ved den højeste saltkoncentration.

Kloridindholdet var mere ensartet i de tre afgrøder og steg stærkt ved anvendelse af saltholdigt vand. Ved den højeste saltkoncentration blev kloridindholdet fordoblet i forhold til vanding med grundvand.

Calciumindholdet var svagt faldende med stigende saltkoncentration. Dog kunne ændringer ikke registreres i kartofler, som havde et meget lavt calciumindhold.

Med stigende saltkoncentration i vandingsvandet var kaliumindholdet i gulerødder faldende, uændret i hvidkål og stigende i kartofler.

For magnesium var der en tendens til faldende indhold i afgrøden med stigende saltkoncentration i vandingsvandet. Ved vanding med grundvand faldt kvælstofindholdet i afgrøden i forhold til uvandet. Med stigende saltindhold i vandingsvandet fandtes kun små og usikre ændringer i tørstoffets kvælstofindhold for alle afgrøder. Kun i 1977 var der forskelle i nitratkvælstofindholdet og kun i vinterhvidkål, hvor vanding medførte et stort fald i tørstoffets nitratkvælstofindhold.

### Magnesium, kalium og calcium i jorden

Magnesiumtallene i sandblandet lerjord var lave gennem hele forsøgsperioden. Vanding med saltholdigt vand medførte faldende magnesiumtal med stigende saltkoncentration i vandingsvandet. Forskellen blev dog mindre i de sidste forsøgsår, hvor der kun tilførtes små vandmængder.

Kaliumtallene blev kun påvirket i mindre grad

**Table 5. Kemisk sammensætning af tørstof, %**  
*Chemical composition of dry matter, per cent*

	Uvandet	Grundvand	0,15% NaCl	0,30% NaCl	0,45% NaCl
<i>Natrium</i>					
Gulerødder .....	0,25	0,26	0,68	0,86	0,98
Hvidkål .....	0,10	0,12	0,22	0,31	0,35
Kartofler .....	0,02	0,02	0,05	0,08	0,10
<i>Calcium</i>					
Gulerødder .....	0,41	0,33	0,30	0,28	0,26
Hvidkål .....	0,39	0,42	0,41	0,41	0,37
Kartofler .....	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
<i>Magnesium</i>					
Gulerødder .....	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08
Hvidkål .....	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11
Kartofler .....	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07
<i>Klorid</i>					
Gulerødder .....	0,37	0,42	0,79	0,84	0,88
Hvidkål .....	0,43	0,43	0,62	0,64	0,72
Kartofler .....	0,51	0,47	0,68	0,78	0,85
<i>Kalium</i>					
Gulerødder .....	2,35	1,97	1,98	1,86	1,76
Hvidkål .....	2,73	2,67	2,67	2,63	2,68
Kartofler .....	1,85	1,78	2,00	2,02	2,13
<i>Kvælstof</i>					
Gulerødder .....	0,96	0,88	0,84	0,85	0,86
Hvidkål .....	1,73	1,68	1,68	1,72	1,66
Kartofler .....	1,04	0,96	0,99	1,03	1,03

af saltholdigt vand. I sandjord var der dog lidt lavere kaliumtal i de forsøgsled, som var blevet vandet med saltholdigt vand.

Calciumtallene var generelt faldende efter 1977, men faldet forstærkedes med stigende saltkoncentration i vandingsvandet. Stigningen i calciumtallene efter 1980 var forårsaget af tilførsel af jordbrugskalk.

### Diskussion

Forsøgsperioden var nedbørstig, hvorfor effekten af vanding med såvel grundvand som saltholdigt vand må formodes at være mindre end i mere tørre år. Til trods for få vandinger, som ofte blev efterfulgt af nedbør få dage efter, blev der opnået store merudbytter for vanding med grundvand. I gulerødder og kartofler fandtes en sikker retliniet

relation mellem merudbytte for vanding og årets vandingsbehov.

Foretages en vurdering af tolerancegrænser ud fra gennemsnitsresultaterne, viser de afprøvede kulturer sig at være særdeles salttolerante. De anførte grænser vil være for høje i tørre år. Det må derfor foretrækkes at vurdere tolerancen på de forsøgsår, som har givet den største negative effekt af saltholdigt vand i den enkelte kultur.

Hvis udbyttet sættes i relation til vandingsvandets saltkoncentration, og der på den udjævnede udbyttekurve findes den saltkoncentration, hvor udbyttet reduceres med 5% i forhold til udbyttet af forsøgsleddet, som vandes med grundvand, findes følgende tolerancegrænser:

Kartofler 1000, gulerødder 2800 og vinterhvidkål 1600 mg natriumklorid pr. liter vandingsvand.

**Tabel 6.** Salttolerancer af grønsager på friland (Richards, 1954)  
*Salt tolerance of vegetable crops in the open (Richards, 1954)*

Følsomme	Middel følsomme	Tolerante
ærter	broccoli	rødbede
bønner	blomkål	asparges
salat	kål	spinat
radiser	gulerødder	
selleri	tomat	
agurker	kartofler	

Richards (1954) har opstillet den tolerancegruppering, som er vist i tabel 6 og anfører, at gulerødder, kål og kartofler må betragtes som middelfølsomme, hvilket betyder et maximalt totalsaltindhold på ca. 1500 mg pr. liter vandingsvand til gulerødder og kartofler og ca. 2200 mg pr. liter til kål.

Williams (1972) har opstillet toleranceskemaet vist i tabel 7.

I tabel 8 er anført resultater fra forskellige undersøgelser.

Fra de refererede litteraturresultater ses, at de fundne tolerancer for kartofler og vinterhvidkål stort set er i overensstemmelse med litteraturens angivelser, hvorimod de fleste forfattere angiver, at gulerødder er mere følsom end fundet i nærværende undersøgelse. En del af årsagen til dette kan være de gode nedbørsforhold gennem af-

prøvningsperioden. En anden medvirkende årsag kan være, at gulerødder i begyndelsen af vækstperioden kan være vandet med lidt større vandmængder end det aktuelle deficit på grund af et lavere bladarealindeks i vækstperiodens begyndelse.

Hvis saltkoncentrationen i jordvæsken er blevet for høj efter en tørkeperiode med mange vandinger, kan en del af saltet udvaskes ved hjælp af overskudsvand. Hellings (1971) anfører, at den ekstra vandmængde kan beregnes efter (4):

$$(4) D_{sw} \cdot Cl_{sw} = D_{dw} \cdot Cl_{dw} + D_{vc}(Cl_m - Cl_a)$$

$D_{sw}$  = mængden af overskudsvandingsvand, mm.

$D_{dw}$  = mængden af perkulationsvand, mm.

$D_{vc}$  = vandmængde i rodzonen, mm.

$Cl_{sw}$  = kloridindhold i vandingsvand, g/liter.

$Cl_{dw}$  = perkulationsvandets kloridindhold, g/liter.

$Cl_m$  = max. tilladte kloridkoncentration i jordvæsken, g/liter.

$Cl_a$  = det forhåndenværende kloridindhold i jordvæsken, g/liter.

Hvis denne formel antages at gælde i den situation, hvor der i nærværende undersøgelse er fundet kloridtal på 30, svarer dette til ca. 1500 mg klorid pr. liter jordvæske ved markkapacitet. Kloridindholdet i jordvæsken ønskes halveret. Ved markkapacitet sættes  $D_{sw} = D_{dw}$ . Kloridind-

**Tabel 7.** Grønsagers salt-tolerancer. Tallene er det kloridindhold i jordvæsken, ved hvilket de anførte procentiske udbyttereduktioner blev fundet (Williams, 1972)

*Salt tolerance of vegetables in the open. The salt content of the soil solution, which results in a 10% or 25% yield depression, mg Cl per litre*

	Meget følsomme	Følsomme	Moderat følsomme	Mindst følsomme
Øvre grænse af kloridkoncentration i jordvæske mg Cl/liter ved markkapacitet	350	750	1450	2500
	franske bønner ærter	radiser selleri salat løg	gulerødder blomkål broccoli kartofler kål	asparges spinat rødbeder

**Tabel 8.** Grønsagers salt-tolerancer. Tallene er det kloridindhold i jordvæsken ved hvilket de anførte procentiske udbyttereduktioner blev fundet  
*Salt tolerance of vegetable in the open. The salt content of the soil solution, which results in a 10% or 25% yield depression, mg Cl per litre*

	Dorsman/Wattel 1945-48	v. Dam 1953		Bernstein 1964	
	25%	10%	25%	10%	25%
Kartofler .....	1820	610	1820	860	1680
Hovedkål .....	2430				
Gulerødder .....	3950	610	3030	420	880

holdet i vandingsvandet er 500 mg pr. liter. Markkapacitet sættes til 50 mm tilgængeligt vand i rod-zonen:

$$D_{sw} \cdot 0,5 = D_{sw} \cdot 1,5 + 50(0,7 - 1,5)$$

$$D_{sw} = 40 \text{ mm}$$

Under de givne forhold skal der altså tilføres 40 mm overskudsvand for at halvere koncentrationen på 1500 mg/l klorid i jordvæsken.

I overensstemmelse med nærværende resultater fandt *Sonneveld* og *van Beusekom* (1974) en stigning i planternes indhold af natrium og klorid, et faldende kaliumindhold og oftest et faldende calciumindhold ved anvendelse af saltholdigt vandingsvand.

### Konklusion

Forsøgsperioden var nedbørsrig, hvilket medfører mindre negativ effekt af vanding med saltholdigt vand med en given saltkoncentration. Til trods for nedbørsrige vækstperioder blev der i gulerødder, kartofler og vinterhvidkål opnået store merudbytter for vanding med grundvand på grovsandet jord.

De afprøvede kulturer må betragtes som mideldølsomme, og det anslås, at maximumgrænser på ca. 1000 mg natriumklorid pr. liter vandingsvand for kartofler og 1500-1800 mg pr. liter for gulerødder og vinterhvidkål vil være hensigtsmæssigt i praksis. Hvis disse grænser overholdes, må der alligevel forventes en kritisk koncentrationsgrænse i jordvæsken efter 2-3 vandinger i en

periode uden nedbør. Hvis denne grænse er nået, kan det forsøges med udvaskning af salt med overskudsvand.

Efterårs- og vinternedbøren kunne i alle tilfælde udvaske ophobede kloridmængder fra pløjelaget. Natriumudvaskningen gik derimod betydeligt langsommere, især fra sandblandet lerjord. Efter vanding med saltholdigt vand steg natrium- og kloridindholdet i tørstoffet, medens magnesium- og kaliumindholdet var svagt faldende med stigende salttilførsel. Vanding bevirkede generelt, at afgrødernes totalalkalstofindhold faldt.

### Litteratur

- Bernstein, L. (1959): Salt tolerance of vegetable crops in the West. Agric. Res. Service. USDA Agric. Inf. Bull. no. 205.
- Dam, J. G. C. (1954): Onderzoek naar de zoutgevoeligheid van de belangrijkste vollegrondsgroentegeassen. Med. Dir. Tuinbouw 17, 811-24.
- Dorsman, C. & Wattel, M. (1951): De inundaties gedurende 1944-45 en hun gevolgen voor de landbouw. Deel VII. Zoutshade bij tuinbouwgewassen. VLO 57.8.
- Hellings, A. J. (1971): Requirements concerning the quality of sprinkling water for vegetable crops in the open. Bedrijfsontwikkeling 2, 31-38.
- Jørgensen, V. (1976): Vanding af grønsager med grundvand og saltholdigt vand. Tidsskr. Planteavl 80, 791-809.
- Richards, L. A. (1954): Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Dept. Agr., Handb. No. 60, Washington 1954.

Shmueli, M. & Goldberg, D. (1971): Emergence, early growth, and salinity of five vegetable crops germinated by springle and trickle irrigation in an arid zone. *Hort. Science* 6, 563-565.

Sonneveld, C. & Beusekom, J. van (1974): IV. Sources and quality of irrigation water. The effect of saline irrigation water on some vegetables under glass. *Acta Horticulturae* 35, 75-85.

Williams, J. H. (1972): Water quality criteria for crop irrigation (chloride, boron and sodium). *ADAS quartely Review* 7, 106-121.

Manuskript modtaget den 7. juni 1982.