

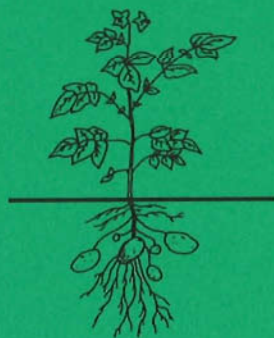


# SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

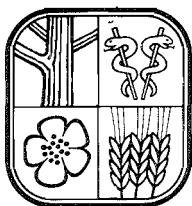
## MARKFUKTIGHETENS INFLYTANDE PÅ EVAPO- TRANSPIRATION, TILLVÄXT, NÄRINGSUPPTAGNING, AVKASTNING OCH KVALITET HOS POTATIS (SOLANUM TUBEROSUM L.)

The influence of soil moisture on evapotranspiration,  
growth, nutrient uptake, yield and quality of the potato  
(*Solanum Tuberosum L.*)

Harry Linnér





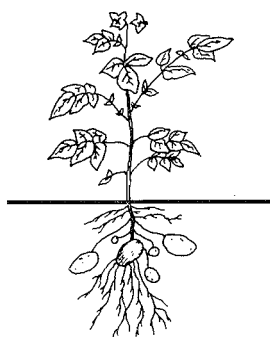


**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

**MARKFUKTIGHETENS INFLYTANDE PÅ EVAPO-  
TRANSPIRATION, TILLVÄXT, NÄRINGSUPPTAGNING,  
AVKASTNING OCH KVALITET HOS POTATIS  
(SOLANUM TUBEROSUM L.)**

The influence of soil moisture on evapotranspiration,  
growth, nutrient uptake, yield and quality of the potato  
(*Solanum Tuberosum* L.)

Harry Linnér



---

**Institutionen för markvetenskap  
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik  
Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Soil Sciences  
Division of Agricultural Hydrotechnics**

**Rapport 142  
Report**

**Uppsala 1984**

ISSN 0348-1816

ISBN 91-576-2070-9

---



Distributor: Sveriges lantbruksuniversitet  
Institutionen för markvetenskap

HARRY LINNÉR, Institutionen för markvetenskap/Lantbrukets hydroteknik,  
Sveriges lantbruksuniversitet, S-750 07 Uppsala, Sweden

**MARKFUKTIGHETENS INFLYTANDE PÅ EVAPOTRANSPIRATION, TILLVÄXT, NÄRINGS-  
UPPTAGNING, AVKASTNING OCH KVALITET HOS POTATIS (SOLANUM TUBEROSUM L.)**

THE INFLUENCE OF SOIL MOISTURE ON EVAPOTRANSPIRATION, GROWTH, NUTRIENT  
UPTAKE, YIELD, AND QUALITY OF THE POTATO (SOLANUM TUBEROSUM L.)

**Akademisk avhandling som för avläggande av agronomie doktorsexamen kommer  
att offentligt försvaras i "Gamla aulan", Institutionen för kemi och  
molekylärbioologi, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala fredagen den 23  
november 1984, kl 9.30.**

**Abstract**

This thesis comprises four studies of water-relations in potato production. A model experiment investigated in a controlled environment, the drought sensitivity of potatoes at different stages of development. Both early and maincrop potato varieties were studied. Crop factors such as evapotranspiration, growth, yield, nutrient uptake etc. were investigated.

As a follow-up to the model experiment, field trials were set up to investigate the effects of different drought intensities before irrigation and the timing of irrigations. Trials were carried out on two maincrop varieties and on one early and one late factory potato variety. Results from the field experiments provide the basis for economic calculations on the use of irrigation in commercial potato production.

In a third study, the traditional method of applying nitrogen in a single dressing pre-planting was compared with various systems of split dressings. Soil moisture was maintained at a high level throughout the growing season so that applied nitrogen would be available to the crop immediately. Rate of nitrogen uptake in crop foliage and in tubers was established. The effects of various split dressing systems on foliage and tuber development, tuber yield, nitrogen uptake etc. were analysed. It was shown that applying nitrogen during the period of active crop uptake led to more effective utilization and to yield increase.

Finally, investigations into moisture stress in potato plants were carried out. Water potential in leaves was measured at different evaporation conditions and varying soil moisture availability. Studies showed that potato plants suffer from moisture stress practically every day during the growing phase. When there is high evaporative demand stress occurs, even if soil moisture is at field capacity.

From the results of the investigations, models for optimizing soil moisture during the potato growth phases have been developed. Models to achieve control of various characteristics such as yield, dry matter content, number of tubers, tuber size, cooking quality etc and models for different types of potato production are presented.

Keywords: Potato, Soil water, Irrigation, Crop water stress, Evapo-  
transpiration, Nutrient uptake.

ISBN: 91-576-2070-9

Tryckort: Uppsala

Tryckår: 1984



## FÖRORD

Arbetet med denna avhandling har utförts vid Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Institutionen för markvetenskap vid Sveriges lantbruksuniversitet. Den experimentella delen av arbetet påbörjades 1971 och avslutades 1982.

I arbetet har många personer inom och utom institutionen medverkat med fältarbete, analyser, bearbetning av resultat, ritning av figurer, översättning, granskning, utskrift mm. Till Er alla vill jag framföra mitt varma tack för värdefull hjälp och noggrant utfört arbete. Jag vill också tacka för stöd och uppmuntran.

Professor August Håkansson har varit min huvudhandledare. Professor Waldemar Johansson, statsagronom Gösta Berglund, professor Janne Eriksson och försöksledare Anders Bjerketorp har också bidragit med värdefulla synpunkter under arbetets planering och genomförande och vid redovisningen av materialet.

Ett speciellt tack riktar jag till ingenjör Hans Johansson som ritat alla figurer och till lantmästare Sven Erik Karlsson som varit till stor hjälp vid undersökningarnas genomförande.

B. Agr. Mary McAfee har svarat för översättning till engelska. Den slutliga utskriften har utförts av fil. mag. Barbro Hultqvist.

Ett varmt tack också till Sveriges Potatisodlares Riksförbund som till stor del finansierat undersökningarna.

Slutligen vill jag tacka min hustru Gunn och min son Jonas för deras stöd och tålamod under arbetet med avhandlingen.

Uppsala i september 1984

Harry Linnér





## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

|  | sid. |
|--|------|
| 1. INLEDNING   | 9    |
| 2. LITTERATURÖVERSIKT RÖRANDE POTATISEN OCH VATTENFAKTORN            | 12   |
| 2.1 Potatisens utvecklingsförlopp                                    | 12   |
| 2.2 Avkastningsbestämmande faktorer                                  | 13   |
| 2.3 Teoretisk belysning av växten i spänningsfältet<br>mark-atmosfär | 17   |
| 2.4 Potatisens torkkänslighet  | 24   |
| 2.5 Vattentillgång och skördeavkastning belyst i försök              | 26   |
| 2.6 Vattenfaktorn och skördens kvalitet                              | 30   |
| 2.7 Samspel vatten-växtnäring  | 33   |
| 3. EGNA UNDERSÖKNINGAR   | 36   |
| 3.1 Modellförsök med sorten Bintje                                   | 36   |
| 3.1.1 Undersökningens genomförande                                   | 36   |
| Försöksplan  | 39   |
| Väderleksförhållanden  | 42   |
| Markfuktighetsbestämning   | 44   |
| Bestämning av avdunstningsförhållandena                              | 45   |
| Bevattnings  | 45   |
| Odling   | 45   |
| Beståndsmätningar  | 47   |
| 3.1.2 Resultat   | 47   |
| Markfuktighet  | 47   |
| Evapotranspiration   | 49   |
| Blasttillväxt  | 54   |
| Stolontillväxt   | 57   |
| Knölanttal   | 58   |
| Knöltillväxt   | 60   |
| Knölskördens storlek   | 62   |
| Total torrsubstansproduktion   | 66   |
| Knölarnas torrsubstanshalt   | 67   |
| Knölstorlek  | 67   |
| Växtsprickor   | 68   |
| Missformade knölar   | 69   |
| Angrepp av vanlig skorv  | 69   |
| Kokkvalitet  | 70   |
| Kemisk analys av knölskörden   | 72   |
| Grödans upptagning av kväve, fosfor och kalium                       | 72   |
| Viktminskning under lagring  | 75   |
| 3.2 Modellförsök med sorterna Early Puritan och Ulster<br>Chieftain  | 75   |
| 3.2.1 Undersökningens genomförande                                   | 76   |
| Försöksplan  | 76   |
| 3.2.2 Resultat   | 77   |
| Evapotranspiration   | 77   |
| Blasttillväxt  | 79   |
| Knöltillväxt och knölskörd   | 80   |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 3.3   | Fältförsök med olika starttidpunkter och uttorkningsgrader           | 82  |
| 3.3.1 | Undersökningens genomförande   | 82  |
|       | Försöksplan  | 82  |
|       | Bestämning av bevattningsbehovet                                     | 83  |
|       | Markfysikaliska och markkemiska data från försöksplatserna           | 86  |
|       | Väderlek och bevattning  | 87  |
|       | Odlingsåtgärder  | 89  |
| 3.3.2 | Resultat   | 90  |
|       | Markfuktighet  | 90  |
|       | Aktuell evapotranspiration   | 92  |
|       | Evapotranspiration och knölskörd                                     | 94  |
|       | Knöltillväxt   | 96  |
|       | Knölantal  | 98  |
|       | Knölskörd  | 98  |
|       | Torrsubstanshalt   | 99  |
|       | Knölstorleksfördelning   | 99  |
|       | Knölarnas kemiska sammansättning                                     | 101 |
|       | Kokkvalitet  | 104 |
|       | Skorvangrepp   | 106 |
| 3.4   | Fältförsök med olika fördelning av kvävegivan vid god vattentillgång | 106 |
| 3.4.1 | Undersökningens genomförande   | 107 |
|       | Försöksplan  | 107 |
|       | Markfysikalisk och markkemisk karakterisering av försöksplatserna    | 108 |
|       | Nederbörd och bevattning   | 108 |
|       | Odling   | 109 |
|       | Provtagningar och analyser   | 109 |
| 3.4.2 | Resultat   | 110 |
|       | Blastproduktion  | 110 |
|       | Knöltillväxt och knölskörd   | 111 |
|       | Kvävehalt i blast och knölar   | 115 |
|       | Grödans kväveupptagningsförlopp                                      | 115 |
|       | Kvoten knölar/blast  | 117 |
| 3.5   | Stressfysiologiska studier   | 119 |
| 3.5.1 | Undersökningens genomförande   | 119 |
|       | Potentialmätningar i systemet mark-växt-atmosfär                     | 120 |
| 3.5.2 | Resultat   | 121 |
| 4.    | SAMMANFATTNING AV RESULTATEN MED DISKUSSION                          | 127 |
|       | Modellförsöken   | 127 |
|       | Fältförsök med olika bevattningsintervall och starttidpunkter        | 130 |
|       | Fältförsök med fördelning av kvävegivan under växtperioden           | 132 |
|       | Stressfysiologiska studier   | 134 |
|       | Riktlinjer för reglering av markfuktigheten                          | 135 |
|       | Avslutande synpunkter  | 139 |
| 5.    | SUMMARY  | 141 |
| 6.    | LITTERATURFÖRTECKNING  | 145 |

## MARKFUKTIGHETENS INFLYTANDE PÅ EVAPOTRANSPIRATION, TILLVÄXT, NÄRINGS- UPPTAGNING, AVKASTNING OCH KVALITET HOS POTATIS (SOLANUM TUBEROSUM L.)

### 1. INLEDNING

En grödas utveckling och avkastning bestäms inom de genetiska ramarna av samspel mellan ett stort antal miljöfaktorer. Av de klimatiska, markkemiska, markfysikaliska och biotiska faktorer som påverkar skördeutfallet är vatten globalt sett den faktor som mest begränsar grödornas avkastning (Begg & Turner, 1976).

Under 1900-talet och framförallt sedan 1950-talet har den areal som kan bevattnas snabbt ökat. För närvarande bevattnas 200-250 miljoner hektar eller omkring 15 procent av jordens åkerareal (Biswas, 1980; Jurriëns & Bos, 1981). Behovet av bevattning är emellertid långt ifrån tillgodosett.

Beräkningar har visat (Zonn, 1974) att produktionen på omkring 60 procent av jordens åkerareal minst skulle fördubblas om grödornas vattenbehov kunde tillgodoses. På 20 procent av arealen skulle mer än en tredubbling av produktionen vara möjlig med god vattenförsörjning. Dessutom skulle stora arida områden vara möjliga att odla med hjälp av bevattning.

Även i vårt humida klimat uppstår praktiskt taget varje år perioder då vattenbrist begränsar grödornas tillväxt. Nederbördens storlek och fördelning är under flertalet år inte optimal och på många jordar är markvattenmagasinet otillräckligt för att överbrygga torrperioder. Exempel på år då potatisskörden reducerats kraftigt p.g.a. torra är 1947, 1955, 1959, 1966, 1969, 1973, 1975, 1976, 1982 och 1983.

Bevattningsmöjligheter finns på en allt större andel av den svenska potatisarealen. Enligt jordbruksstatistiken (SMJ, 1984:8.3) bevattnades 1983 drygt halva arealen av såväl matpotatis som fabrikspotatis. Av färskpotatisarealen kan större delen bevattnas. Statistiska uppgifter visar att avkastningen i matpotatisodlingar med bevattning under de senaste 10 åren i genomsnitt varit 25 procent högre än i odlingar utan bevattning.

Vid Avdelningen för lantbrukets hydroteknik har bevattning och problem med anknötning till bevattning studerats sedan mer än 40 år. Av den forskning som bedrivits inom det markfysikaliska och agrohydrologiska området kan nämnas studier av vattnets bindning och rörelse i marken, av jordars textur och struktur, av vattenomsättningen i mark och atmosfär, av grödornas rotutveckling på olika jordar, av markpackningens effekter och av luftomsättningen i marken. Från alla dessa områden har väsentliga bidrag till förståelsen av jordarnas funktion och av grödornas krav på marken som växtplats framkommit.

Effekter av bevattning till olika grödor på olika jordar och i olika delar av landet har studerats i ett stort antal fältförsök. De grödor som främst undersökts har varit betes- och slåttervallar, potatis, vårsäd, våroljeväxter och sockerbetor. I flertalet undersökningar har samspel mellan vatten och någon annan tillväxtfaktor eller odlingsåtgärd studerats. Olika på mark-, växt- eller klimatparametrar baserade metoder och hjälpmedel för bevattningsstyrning har också testats.

De undersökningar som redovisas här har som avhandlingens titel anger avsett att belysa hur fuktighetsförhållandena i marken påverkar evapotranspiration, tillväxt, näringsupptagning, avkastning och kvalitet hos potatis. Resultaten avser att ge underlag för bedömningar av hur bevattning i praktiken i samspel med andra odlingsåtgärder bör anpassas till markförhållanden, väderlek och grödans utveckling för att ge en önskad utveckling av beståndet, ett effektivt utnyttjande av vatten och växtnäring samt minimala risker för skadlig inverkan på miljön.

Följande undersökningar, som genomfördes åren 1971-1982, utgör avhandlingens experimentella del:

- Modellförsök under kontrollerade betingelser med olika grader av uttorkning under olika utvecklingskedan hos tidig och sen matpotatis.
- Fältförsök i mat- och fabrikspotatis med olika starttidpunkter för bevattning och med olika grader av uttorkning mellan bevattningstillfällena.

- Fältförsök med olika fördelning av kvävegivan under växtperioden vid god vattentillgång.
- Studier av stress hos potatisplantor vid olika markfuktighet och vid olika atmosfäriska förhållanden.

## 2. LITTERATURÖVERSIKT RÖRANDE POTATISEN OCH VATTENFAKTORN

Bland författare som i böcker eller översikter under de senaste decennierna behandlat komplexet mark-vatten-växt-atmosfär kan nämnas Russel (1959), Slatyer (1967), Kramer (1969), Begg & Turner (1976), Simpson (1981) och Teare & Peet (1983). Erfarenheter beträffande vattnets betydelse för olika grödor under olika utvecklingsstadier har sammanställts av Salter & Goode (1967).

Kunskaperna inom potatisområdet har uppsummerats av bland andra Ivins & Miltorpe (1963), Burton (1966), Harris (1978) och Svensson (1982).

Genom den ovan nämnda litteraturen erhålles en allmän orientering om problem av markfysikalisk, växtfysiologisk, agrohydrologisk och odlingsteknisk karaktär som behandlas i avhandlingen. Den fortsatta litteraturöversikten om potatisen och vattenfaktorn syftar till att ge bakgrund till de undersökningar som redovisas i avhandlingens experimentella del.

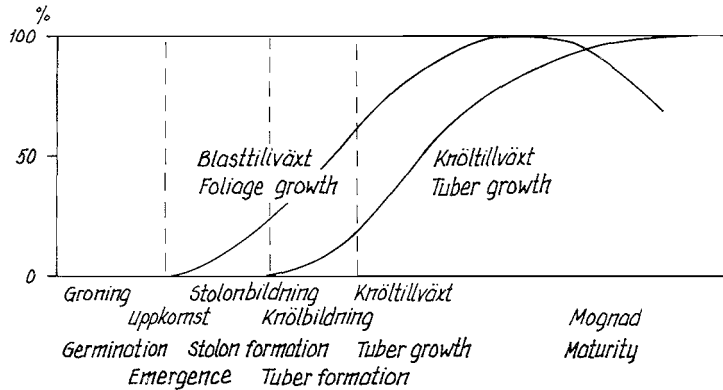
### 2.1 Potatisens utvecklingsförlopp

I de modellundersökningar som ingår i avhandlingens experimentella del har markfuktighetens betydelse under olika delar av potatisens växtperiod studerats.

Växtperioden kan indelas i flera mer eller mindre väl avgränsade faser (Bodin, 1983; Carlsson, 1964; Kleinkopf, 1983). De olika faserna illustreras i figur 1.

Under groningen utvecklas groddar i sättknölens bladveck och adventivrötter bildas vid groddarnas baser. Efter uppkomsten utvecklas blad, sidokott och underjordiska sidokott vilka hos potatisplantan vanligen kallas stolonier. Efter dessa benämns tiden efter uppkomsten ofta stolonbildningsperioden.

Under nästa fas - knölbildningen - sker initieringen av knölar. Perioden inleds när stolonspetsarna börjar svälla och avslutas när knölantalet nått sitt maximum.



Figur 1. Potatisens utvecklingsförlopp.  
Development and growth of the potato.

Under knöltillväxtperioden sker den huvudsakliga tillväxten av knölna. Tillväxthastigheten är under en tid linjär men avtar därefter när blastens nettoassimilationskapacitet reduceras. Tillväxten upphör när huvuddelen av blasten vissnat ned.

En viss torrsubstansinlagring i knölna kan ske genom omlagring från blasten även efter tillväxtens egentliga avslutning. När såväl tillväxten som förändringen av knölnas kemiska egenskaper upphört kan potatisen anses ha uppnått mognad. Knölna går då in i sin viloperiod.

## 2.2 Avkastningsbestämmande faktorer

För en grödas produktionsförmåga finns en övre gräns som bestäms av den tillgängliga strålningsenergin och den fotosyntetiskt verksamma bladytans storlek, livslängd och nettoassimilationskapacitet.

Potatisplantan bygger efter uppkomsten upp assimilationsapparaten. Efter en tid utvecklas knölar och efter ytterligare en tid inlagras huvuddelen av nettoassimilationen i de nya knölna. Eftersom bladens assimilationskapacitet avtar med åldern måste nya blad utvecklas för bibehållandet av en hög tillväxtpotential. För optimal tillväxt krävs

att bladyteindex (LAI, Leaf area index) är minst 3 (Radley 1963, Harris 1978). Enligt andra författare bör LAI vara minst 4 (Bremner & Saeed 1963). Alltför kraftig blastutveckling med LAI-värden på 6-7 leder till konkurrens om ljusenergin mellan olika blad. Andelen skuggade blad med låg fotosyntesaktivitet i förhållande till respirationen blir hög på bekostnad av knöltillväxten.

Den fotosyntetiskt aktiva bladytans storlek har således ett optimum vid LAI 3-5 då assimilationsapparaten är heltäckande och effektivt kan adsorbera den tillgängliga ljusenergin. Avgörande för knöltillväxten är också hur länge blasten effektivt kan fånga upp ljusenergin. Bladytans storlek (LAI) och dess livslängd kan sammanfattas i det integrerade begreppet bladytans varaktighet (LAD, Leaf area duration).

**Växtperiodens längd.** För potatisen är knöltillväxtperiodens längd och knöltillväxten per dag de komponenter som avgör avkastningen. Båda dessa komponenter påverkas i olika avseenden av vattentillgången.

Knölar som sätts i jord med normal fuktighet tar under groningen upp vatten (Letnes, 1958). Vid sättnings i uttorkad jord förlorar sättningsknölar vatten och groddutvecklingen blir långsam eller uteblir helt beroende på graden av uttorkning. Ojämn och låg markfuktighet vid sättnings kan därför leda till ojämn och försenad uppkomst och dåligt utnyttjande av vegetationsperioden. Enligt Cavagnaro et al. (1971) försenades blastutvecklingen av torra före uppkomsten. Knölbildnings början försenades också men knölbildningen blev mer koncentrerad i tiden än då markfuktigheten var hög från sättnings.

Marktemperaturen är ofta tillväxtbegränsande vid växtperiodens början (Bodlaender, 1963). Markfuktigheten påverkar jordens värmeledningsförmåga och dess värmekapacitet. Hög markfuktighet kan medföra att nattemperaturen blir något högre och att temperaturen under dagen blir något lägre (Rognerud, 1966).

Låg markfuktighet efter uppkomsten hämmar blastutvecklingen. Om låg markfuktighet några veckor efter uppkomsten följdes av god vattentillgång ledde detta enligt Krug & Wiese (1972) till kraftigare blastutveckling och längre växtperiod än då markfuktigheten var hög



redan från början. Llewelyn (1963) fann att bevattning under stolonutvecklingen gynnade den tidiga blastutvecklingen men också resulterade i en snabbare nedvissning av beståndet än om bevattningen påbörjades något senare. Även Dragland (1978) fann att tidig torka som följdes av god vattentillgång försenade blastens nedvissning på hösten.

Bradley & Pratt (1955) och Krug & Wiese (1972) liksom flertalet andra författare har funnit att torka efter uppkomsten försenar knölbildningens början. Johansson & Svensson (1962) fann dock en tendens till försening av knölbildningen vid hög markfuktighet. Vid tillväxtstudier i svenska bevattningsförsök var emellertid knölvikten vid första provtagningen i regel störst i bevattnade led (Johansson 1967).

Under knöltillväxtperioden är grundförutsättningen för hög produktion att beståndet är slutet så att strålningsenergin kan fångas upp effektivt. Vattenbrist under knöltillväxten reducerar bladytan dels genom att gamla blad vissnar, gulnar och faller av och dels genom att nybildning av fotosyntetiskt effektiva blad hämmas (Munns & Pearson, 1974). Kraftig vattenbrist tidigt under knöltillväxten som följs av gynnsamma fuktighetsförhållanden kan leda till omväxning av blast och knölar vilket medför försenad mognad och dålig knölkvalitet (Bodlaender et al., 1964).

Vattenbrist senare under knöltillväxten påskyndar beståndets nedvissning. Ju kraftigare stressen är desto snabbare vissnar blasten ned.

Torka under hela växtsäsongen kan, under förutsättning att den inte är alltför kraftig, försena utvecklingen så att blasten förblir grön och tillväxten kan pågå sent på hösten (Krug & Wiese, 1972). I svenska bevattningsförsök har de bevattnade försöksleden ofta mognat tidigare än de obevattnade (Johansson, 1967).

**Daglig knöltillväxt.** Förutom att vattenfaktorn påverkar grödans potentiella produktionskapacitet genom effekter på LAI och LAD påverkas också den dagliga tillväxten genom effekter på fotosyntesaktiviteten. Vattenbrist leder till att grödan stänger klyvöppningarna

för att reducera vattenförlusterna. Som en oundviklig konsekvens av detta reduceras samtidigt grödans CO<sub>2</sub>-upptagning. Den aktuella dagliga produktionen blir därför mindre än den potentiella. Detta är uppenbarligen en mycket vanlig situation i potatis (Burton, 1981).

Klyvöppningarna stängs vid sjunkande bladvattenpotential eller vid avtagande relativt vatteninnehåll i bladen. När ett kritiskt gränsvärde för dessa parametrar uppnås stängs klyvöppningarna inom ett relativt snävt intervall (Begg & Turner, 1976). Den kritiska gränsen beror på typ av gröda, ålder och tillväxtbetingelser. För potatis sker stängningen av stomata redan vid måttlig vattenbrist.

Stegman & Nelson (1973) fann att transpirationen i potatis reducerades när relativa vatteninnehållet i bladen (RWC) sjönk till omkring 80 procent.

Munns & Pearson (1974) uppmätte en 20-procentig reduktion av fotosyntesen vid bladvattenpotentialen -0,5 MPa. Undersökningen genomfördes i klimatkammare.

Enligt Gandar & Tanner (1976a) upphörde såväl blad- som knöltillväxten när bladvattenpotentialen sjönk till -0,5 MPa.

Campbell et al. (1976) fann att transpirationen började avta vid bladvattenpotentialer mellan -0,3 och -0,4 MPa för potatis som odlades i klimatkammare. Erfarenheten från andra grödor tyder emellertid på att grödor som odlas i klimatkammare blir något känsligare för sjunkande bladvattenpotential än grödor som odlas i växthus eller i fält (Davies, 1977). Om detta gäller även för potatis skulle transpiration och fotosyntes i fält reduceras först vid något kraftigare stress än vad undersökningarna i klimatkammare antyder.

Levy (1983) fann att olika potatissorter stängde klyvöppningarna vid olika grad av stress och att det fanns betydande skillnader i bladvattenpotential mellan sorterna.

I fält sjunker bladvattenpotentialen även vid måttlig avdunstning och god markvattentillgång ofta till -1,0 MPa eller lägre värden

åtminstone under en del av dagen (Gandar & Tanner, 1976a). Återhämtningen till värden som inte innebär stress går långsamt i potatis. En snabb återhämtning efter bevattning eller regn är karakteristisk för torktoleranta grödor (Ackerson et al., 1977).

### 2.3 Teoretisk belysning av växten i spänningsfältet mark-atmosfär

För beskrivning av vattenomsättningen i mark och vegetation har potentialbegrepp alltmer kommit till användning. Med hjälp av dessa begrepp kan vattnet i hela systemet mark-växt-atmosfär beskrivas på ett enhetligt sätt. Tidigare har markfysiker, växtfysiologer och meteorologer använt olika begrepp vilket i hög grad försvårat utvecklingen av en helhetssyn på vattenomsättningens dynamik. Med hjälp av en enhetlig terminologi har synen på vattnet i mark-växt-atmosfär som ett fysikaliskt integrerat dynamiskt system vuxit fram (Cowan, 1965; Philip, 1966).

Växternas vattenupptagning omfattar vattenrörelser i marken, rötternas upptagning av vatten från markens porsystem, transport av vatten genom rötter, ledningsbanor och blad, avgivande av vattenånga till atmosfären och borttransport av vattenånga från bladyornas omedelbara närhet.

Vattenflödet ( $q$ ) i systemet mark-växt-atmosfär kan analogt med exempelvis Ohms lag beskrivas med sambandet

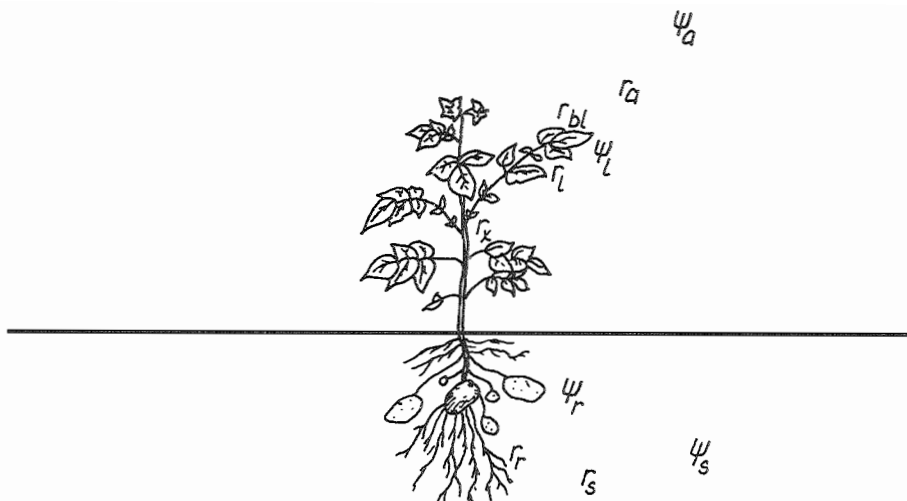
$$q = \frac{\Delta\Psi}{\Gamma}$$

där  $\Delta\Psi$  = potentialdifferens mellan olika punkter i systemet

$\Gamma$  = resistens mot vattentransporten

Vattenflödet i systemet sker längs en avtagande vattenpotential. En ökning av transpirationen förutsätter att  $\Delta\Psi$  ökar eller att  $\Gamma$  minskar.

Systemet mark-växt-atmosfär med energinivåer och resistenser i dess olika delar illustreras i figur 2.



Figur 2. Vattenpotential och resistens mot vattnets rörelse i olika delar av systemet mark-växt-atmosfär.  $\Psi$  anger vattenpotentialen i s = marken, r = rötterna, l = bladen och a = atmosfären.  $r$  anger resistensen mot vattnets rörelse i s = marken, r = roten, x = xylem, l = bladen, bl = gränsskiktet omedelbart utanför bladen och i a = atmosfären (efter Hillel, 1980).

Water potential and resistance to water movement in the soil-plant-atmosphere system.  $\Psi$  represents water potential in: s = soil, r = root, l = leaf and a = atmosphere.  $r$  represents resistance to water movement in: s = soil, r = root, x = xylem, l = leaf, bl = leaf boundary layer and a = atmosphere (after Hillel, 1980).

Vid konstant transpirationsström genom växten gäller p.g.a. kontinuitetsvillkoret med figurens beteckningar:

$$q = - \frac{\Psi_s - \Psi_r}{r_s} = - \frac{\Psi_r - \Psi_l}{r_r + r_x} = - \frac{\Psi_l - \Psi_a}{r_l + r_{bl} + r_a}$$

Med avtagande markfuktighet ökar  $r_s$  och minskar  $\Psi_s$ . För att transpirationen skall förbli konstant måste  $\Psi_s - \Psi_r$  öka. När vattenupptagningen blir mindre än transpirationen förlorar växten turgor och ett vattendeficit uppstår. Det leder till att klyvöppningarna stängs och därmed till reducerad fotosyntes, tillväxt etc. (Hsiao, 1973). Växten är då utsatt för vattenstress. Vattenpotentialen i växten kan användas som mått på graden av stress. Samband mellan växtens vattenpotential och transpiration, fotosyntes, tillväxt etc. kan fastställas (Gandar & Tanner, 1976b).

Vattenpotentialen kan uttryckas på flera olika sätt (Hillel, 1980). Om potentialen uttrycks som energi per massenhet får den dimensionen  $L^2T^{-2}$  och sorten blir joule/kg.

Potentialen kan också uttryckas som energi per volymenhet. Dimensionen blir då  $M L^{-1}T^{-2}$  vilket är samma som för tryck. Sorten blir Pa (Pascal), bar, atmosfär etc.

Ofta används energi per tyngdenhet vilket dimensionsmässigt är lika med L. Potentialen kan uttryckas som höjden av en vätskepelare vilken motsvarar ett visst hydrostatiskt tryck. Ett vanligt mått är meter vattenpelare (m vp).

Mellan de olika sätten att uttrycka potential gäller följande relation:

$$\Psi_{\text{tyngd}} = \frac{\Psi_{\text{volym}}}{\rho g} = \frac{\Psi_{\text{massa}}}{g}$$

där  $\rho$  = vattnets densitet  
 $g$  = tyngdkraftsaccelerationen

Olika metoder att mäta vattenpotentialen i växter och i marken har behandlats av bland andra Boyer (1969), Slavík (1974) och Squire et al. (1981).

**Vattenpotentialen i marken.** Vattnet i marken binds av kapillära krafter som uppstår i gränssytorna mellan partikelytor, vatten och luft, av adsorptiva krafter mellan vatten och fasta partiklar och av osmotiska krafter vilka orsakas av ämnen som är lösta i vattnet. Skillnaden i energistatus mellan olika punkter är drivkraften för vattnets rörelser i marken. Vattnets energistatus - vattenpotentialen - uttrycks i relation till potentialen hos rent, fritt vatten på en viss nivå och vid atmosfärstryck (Aslyng, 1963; Bolt, 1976).

De olika krafter som påverkar vattnet i marken bygger tillsammans upp vattnets totala potential. Alla krafter som kvarhåller vatten i marken sänker dess potential i förhållande till rent, fritt vatten.

Markvattnets totala potential ( $\psi_s$ ) kan beskrivas med sambandet:

$$\psi_s = \psi_m + \psi_o + \psi_g + \psi_p$$

där

$\psi_m$  = fysikalisk (matric) potential

$\psi_o$  = osmotisk potential

$\psi_g$  = gravitationspotential

$\psi_p$  = pneumatisk potential

Den fysikaliska potentialen byggs upp av krafter som attraherar och binder vatten på partikelytor och i porer i marken dvs. av adsorptiva och kapillära krafter.

Den osmotiska potentialen förorsakas av ämnen som är lösta i vattnet.  $\psi_o$  kan beräknas om markvätskans koncentration av osmotiskt verksam substans (C) och absoluta temperaturen (T) är kända:

$$\psi_o = R \cdot T \cdot C$$

R är den allmänna gaskonstanten.

Gravitationspotentialen orsakas av tyngdkraftfältet. I vattenmättad jord är  $\psi_g$  dominerande orsak till vattnets rörelse medan den i markens omättade zon ofta är av underordnad betydelse i förhållande till de andra potentialerna.

Den pneumatiska potentialen är normalt noll i den omättade zonen där lufttrycket är lika med atmosfärstrycket.

I många fall är  $\psi_o$ ,  $\psi_g$  och  $\psi_p$  små eller helt försumbara. Bestämning av  $\psi_m$  ger då ett närmevärde på markvattnets totala potential. Den fysikaliska potentialen kan mätas med hjälp av tensiometer. Dess mätområde är begränsat till en mindre del av det möjliga potentialområdet i marken. Mätområdet (0-ca 80 kPa) är emellertid ofta tillräckligt för det intervall där optimal tillväxt är möjlig.

Med en nyare termoelektronisk mätutrustning (Phene et al., 1971a, 1971b, 1973, 1981) kan ett betydligt större potentialintervall täckas in. Utrustningen bygger på principen att värmeledningsförmågan i ett poröst medium är beroende av dess vatteninnehåll. Sensorerna är kalibrerade att ange markvattnets fysikaliska potential.

För att beskriva vattnets bindning i marken används ofta termerna tension, bindningstryck eller vattenbindande tryck (Andersson & Wiklert, 1970). Eftersom dessa termer anger undertryck undviker man negativa tal för vattnets potential i den omättade zonen.

**Vattenpotentialen i växten.** Vattenpotentialen i växten ( $\psi_{pl}$ ) byggs upp av flera delpotentialer enligt sambandet:

$$\psi_{pl} = \psi_o + \psi_p + \psi_m + \psi_g$$

där

$\psi_o$  = osmotisk potential

$\psi_p$  = tryck- eller turgorpotential

$\psi_m$  = fysikalisk potential

$\psi_g$  = gravitationspotential

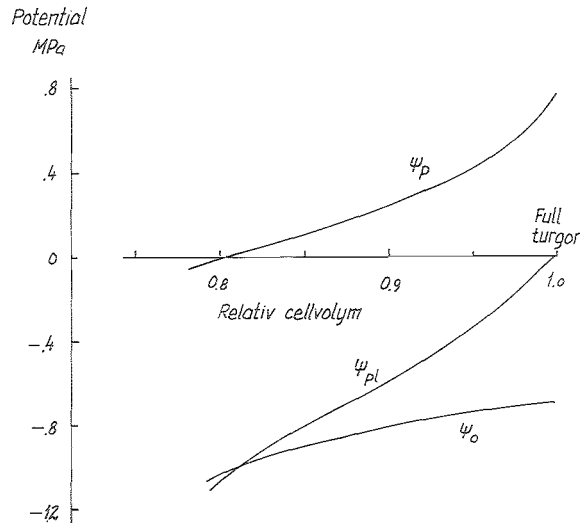
$\psi_g$  är av underordnad betydelse hos låga växter. Även  $\psi_m$  har liten betydelse (Wiebe 1966). Därför reduceras sambandet ovan till:

$$\psi_{pl} = \psi_o + \psi_p$$

Den osmotiska potentialen bestäms av koncentrationen av osmotiskt aktiva ämnen i cellsaften. I cellerna antar  $\psi_o$  alltid negativa värden. När cellernas volym ökar på grund av vattenupptagning blir  $\psi_o$  mindre negativ.

Tryckpotentialen påverkas också av cellvolymen. När cellerna tar upp vatten ökar vätsketrycket mot cellväggarna (turgorn). Ett mottryck av samma storlek från cellväggarna mot cellens inre uppstår. Detta hydrostatiska tryck utgör tryckpotentialen.  $\psi_p$  antar normalt positiva värden. När cellen förlorar vatten sjunker turgorn och  $\psi_p$ . Sambandet

mellan växtens vattenpotential, tryckpotential och osmotiska potential vid förändring av cellvolymen illustreras av figur 3. Hur förändringar av turgortrycket påverkar tillväxt och andra växtprocesser har beskrivits av Hsiao (1973).



Figur 3. Sambandet mellan tryckpotential ( $\psi_p$ ), osmotisk potential ( $\psi_o$ ) och växtens vattenpotential ( $\psi_{pl}$ ) vid olika relativ cellvolym (efter Milthorpe & Moorby, 1979).

Relationship between turgor potential ( $\psi_p$ ), osmotic potential ( $\psi_o$ ) and plant water potential ( $\psi_{pl}$ ) for different relative cell volumes (after Milthorpe & Moorby, 1979).

Vattenpotentialen i växten kan mätas med tryckkammarteknik (Scholander et al., 1965). Beskrivning av mätförfarandet finns hos Millar & Hansen (1975), Gandar & Tanner (1976b) och Squire et al. (1981).

Vattenpotentialen i växten varierar kraftigt under dygnet beroende på bl.a. transpirationens storlek, jordens kapillära ledningsförmåga, växtens rotdjup och rottäthet, resistens mot vattnets strömning i växten och på den potential vid vilken växten stänger stomata. En modell som relaterar transpirationens storlek till olika mark- och växtkaraktistika har utvecklats av Campbell et al. (1976).



**Potentialen i luften.** Potentialskillnaden mellan växten och luften som omger växten är vanligen mycket stor. Om luftens ångtryck och temperatur är kända kan luftens vattenpotential ( $\psi_a$ ) beräknas med formeln:

$$\psi_a = \frac{R \cdot T}{\bar{V}} \cdot \ln \frac{e_a}{e_m}$$

där

R = allmänna gaskonstanten

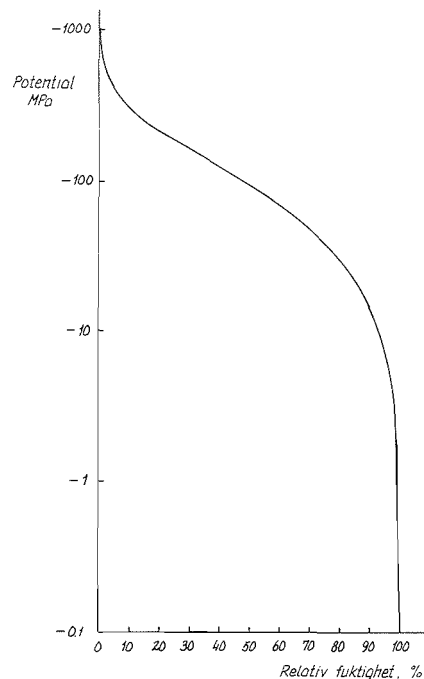
T = absoluta temperaturen

$\bar{V}$  = vattnets partiella molala volym

$e_a$  = luftens ångtryck

$e_m$  = luftens mättningsångtryck

Sambandet mellan  $\psi_a$  och luftens relativa fuktighet ( $\frac{e_a}{e_m}$ ) redovisas för temperaturen 20°C i figur 4. Värden på  $\psi_a$  mellan -50 och -100 MPa är vanliga mitt på dagen under sommaren.



Figur 4. Sambandet mellan luftens relativa fuktighet och dess vattenpotential vid temperaturen 20°C.

Relationship between relative humidity and water potential of air at 20°C.

## 2.4 Potatisens torkkänslighet

Jämfört med flertalet andra grödor är potatisen känslig för torra (Harris, 1978). Enligt Burton (1981) är vattenbrist den faktor som mest begränsar potatisens avkastning i de flesta av dess odlingsområden.

Potatisen börjar stänga klyvöppningarna och reducerar därigenom transpiration och  $\text{CO}_2$ -assimilation redan när bladvattenpotentialen sjunkit till  $-0,3$  -  $-0,4$  MPa. Motsvarande värden för exempelvis sojabönor och bomull är  $-1,1$  respektive  $-1,3$  MPa (Campbell et al., 1976). Det är en förklaring till att potatisen har större krav på god markvattentillgång än många andra grödor.

Bladtillväxten avtar enligt Gandar & Tanner (1976a) när bladvattenpotentialen sjunker till  $-0,3$  MPa och upphör helt vid  $-0,5$  MPa. Även knöltillväxten upphör vid bladvattenpotentialen  $-0,5$  MPa.

Burrows (1969) visade att transpirationen reducerades avsevärt snabbare i potatis än i sockerbeter vid ökande markvattendeficit. För maximal evapotranspiration måste markfuktigheten vara nära fältkapacitet i potatis. Under dagar med hög potentiell evapotranspiration tvingas potatisen ändå temporärt att reducera transpirationen för att bibehålla balans mellan grödans vattenupptagning och dess vattenförluster.

Ackerson et al. (1977) fann att bladvattenpotentialen hos potatisplantor återhämtade sig långsamt efter en stressperiod. Hos andra grödor skedde återhämtningen snabbare vilket förklarade dessa grödors större torktolerans.

Fulton (1970) jämförde olika grödors rotutveckling och krav på markfuktighet för maximal skörd. Han fann att potatisen var den av de studerade grödorna som var känsligast för vattenbrist. En trolig förklaring var att potatisens rotsystem hade sämre förmåga att ta upp vatten än andra grödors. Även om potatisens rötter i gynnsamma fall kan utvecklas till omkring en meters djup återfinns huvuddelen av rötterna vanligen i nivån 0-30 cm. Uttömningen av markens vattenförråd på större djup sker mindre effektivt än i exempelvis korn och sockerbeter (Durrant et al. 1973).

För att potatisen skall ge maximal avkastning måste bevattning ske så snart markvattenpotentialen på 15 cm djup sjunker till  $-0,05$  MPa (Fulton, 1970). I majs var det vid i övrigt likartade förhållanden tillräckligt att bevattna vid markvattenpotentialen  $-0,5$  MPa på 40 cm djup.

Den grad av uttorkning av marken vid vilken grödans transpiration och tillväxt reduceras är i hög grad beroende på avdunstningsförhållandena och jordens vattenbindande egenskaper och dess hydrauliska ledningsförmåga. Vid låg potentiell evapotranspiration hinner rötterna ta upp vatten i den takt som vattenånga avdunstar från bladytorna även vid måttlig markvattentillgång. Små potentialgradienter i marken och i växten är tillräckliga som drivkrafter för vattnets strömning till rötterna och genom växten.

Vid ökande transpirationsström på grund av mer krävande meteorologiska förhållanden ställs större krav på markens hydrauliska ledningsförmåga. Kraftigare potentialgradienter måste utbildas kring rötterna och i växten. När vattenförlusterna blir större än vattenuptagningen sjunker turgorpotentialen i cellerna. Detta leder till att transpirationen genom klyvöppningarna reduceras. Den markfuktighet vid vilken detta sker är starkt beroende av avdunstningsförhållandena. Rijtema & Aboukhaled, 1973 (refererade av Zaag & Burton, 1978) beräknade vid vilken uttorkning potatis reducerade transpirationen vid olika värden på den potentiella evapotranspirationen. Vid  $E_p$  1 mm/dygn var den kritiska gränsen på en jord med god vattenhållande förmåga 61 procents uttorkning av det växttillgängliga vattnet. Vid  $E_p$  3 mm/dygn var gränsen 37 procent och vid 5 mm/dygn 25 procent. För en lättare jord (efter Loon, 1981) var motsvarande värden för  $E_p$  1, 3 och 5 mm/dygn 55, 32 respektive 23 procents uttorkning.

Stegman et al. (1976) beräknade teoretiskt vid vilken uttorkning grödans vattenförsörjning blev kritisk vid olika lufttemperaturer. För potatis räknade de med att klyvöppningarna stängdes vid bladvattenpotentialen  $-10$  bar ( $-1$  MPa). Vid temperaturer över  $30^\circ\text{C}$  stängdes klyvöppningarna även om vattenhalten i rotzonen översteg fältkapacitet. Vid temperaturen  $26,7^\circ$  stängdes klyvöppningarna vid 44 procents uttorkning, vid  $21,1^\circ\text{C}$  vid 77-89 procents uttorkning och vid

15,6°C vid 94-99 procents uttorkning av den mängd växttillgängligt vatten som kunde hållas på de två jordar där undersökningarna genomfördes. Det vid beräkningarna använda gränsvärdet för stängning av klyvöppningarna förefaller lågt. Enligt Campbell et al. (1976) avtar transpirationen i potatis redan vid bladvattenpotentialen -0,3 till -0,4 MPa (-3 till -4 bar).

Beräkningarna ovan bygger på vissa antaganden som är osäkra. De visar emellertid att det inte är möjligt att ange en bestämd uttorkning, vattenhalt eller markvattenpotential vid vilken transpiration och tillväxt begränsas. De meteorologiska förhållandena och jordens hydrauliska ledningsförmåga är faktorer som är av utomordentligt stor betydelse i detta dynamiska skeende.

## **2.5 Vattentillgång och skördeavkastning belyst i försök**

Bland dem som först undersökte markvattnets betydelse för potatis kan nämnas Welch (1914) och Harris (1917). Welch gjorde försök med fem olika bevattningsregimer i Idaho, USA. Den högsta avkastningen och den största andelen säljbar vara erhöles då bevattningen påbörjades vid knölbildningens början och därefter upprepades vid behov under hela växtperioden. Om bevattningen påbörjades före knölbildningen blev avkastningen något lägre.

Harris (1917) undersökte dels hur mycket vatten potatisen behövde per vecka och dels under vilka utvecklingsstadier bevattningen gav det bästa utbytet. Under de förhållanden som rådde i Utah, USA gav tillförsel av omkring 25 mm per vecka från tidpunkten då knölna började bildas till strax före mognaden bäst resultat. Om vatten tillfördes endast under en kort period var i första hand blomningstiden och i andra hand knölbildningens början av störst betydelse för avkastningens storlek.

Frank (1928) genomförde troligen de första svenska undersökningarna med bevattning till potatis. I lysimeterförsök på Experimentalfältet 1926-27 erhöles 50 procents skördeökning vid årlig bevattning med 90 mm.

Hallgren (1947) utförde omfattande beräkningar rörande samband mellan nederbörd och skörd i olika grödor. Nederbördsvariationerna i maj och juni hade i allmänhet liten betydelse för potatisskörden. Optimal nederbörd i juli och augusti sammanföll väl med medelnederbörden på de olika platser som beräkningarna omfattade. Skördenivån var i allmänhet låg och andra faktorer än vatten var uppenbarligen begränsande för skörden.

Bevattningsförsök i potatis påbörjades vid Institutionen för agromisk hydroteknik år 1945. Under åren 1945-54 genomfördes 12 fältförsök (Hallgren, 1955). Som ett medeltal för en följd av år anger Hallgren (1960) merskörden på 35-40 procent vid årlig bevattning med 100 mm. Försöken bevattades på så sätt att nederbörden med jämna tidsintervall kompletterades till en på förhand bestämd totalmängd (20, 35, 50 eller 65 mm per 10-dagarsperiod). Någon direkt anpassning till aktuella avdunstnings- eller markfuktighetsförhållanden skedde således inte.

Svenska undersökningar med bevattning till potatis som genomfördes under 1960- och 1970-talen har redovisats av Johansson (1970a), Johansson & Linnér (1977) och Carlsson (1979).

I tysk litteratur hävdas ofta att den viktigaste bevattningsperioden sammanfaller med potatisens blomning (Schendel, 1952; Herrman, 1955). Bevattning före blomningen var enligt Brouwer (1959) lönande endast under mycket torra år. Bevattning under blomningen resulterade framförallt i en ökning av knölstorleken.

Bradley & Pratt (1954) undersökte hur långt uttorkningen av rotzonen kunde gå innan knöltillväxten reducerades. Bevattning skedde vid 50, 75 eller 95 procents uttorkning av det växttillgängliga vattnet. Bevattning vid 50 procents uttorkning gav högst avkastning.

Streuchtemeyer (1961) gjorde en liknande undersökning i växthus. Bevattning till fältkapacitet skedde när 70, 50, 30 eller 15 procent av det växttillgängliga vattnet i rotzonen återstod. Uttryckt i relativt tal blev knölskörden 100, 69, 42 respektive 19.

Jones & Johnson (1958) undersökte effekterna av bevattning när tensionen i rotzonen nådde gränsen 0,3, 0,6, 1,2, 2,4 eller 4,8 atmosfärer (1 atm = 0,101 MPa). Högsta avkastningen erhöles vid bevattning med 10 mm per gång vid tensionen 0,3 atmosfärer i rotzonen. Ett uppehåll i vattentillförseln under två veckor i början av växtperioden gav inte lägre skörd medan två veckors torra senare under utvecklingen resulterade i klart lägre avkastning. En torkperiod på fyra eller sex veckor gav starkt nedsatt skörd närhelst under utvecklingen en sådan period inträffade.

Steineck (1958) delade in potatisens utveckling i stolonbildningsperioden, knölbildningsperioden och knöltillväxtperioden. En god vattentillgång under stolonbildningen gav möjligheter till utveckling av många stolonier. God vattentillgång under knölbildningen var en förutsättning för att huvuddelen av stolonerna skulle utveckla knölar. Under knöltillväxten krävdes hög markfuktighet för att knölarerna skulle uppnå lämplig storlek. Bevattning borde sättas in vid 40-60 procents uttorkning av det växttillgängliga vattnet. Rekommendationen att bevattna under potatisens blomning var enligt Steineck olämplig eftersom blomningen hos olika sorter inträffar vid olika tider i förhållande till exempelvis knölbildningen.

Taylor & Rognerud (1959) prövade uttorkning till 0,6-0,8 eller till 8 atmosfärers tension i rotzonen under perioden från sätningen till knölbildningen, under knölbildningen och under knöltillväxten. Av de åtta kombinationerna mellan utvecklingsstadium och uttorkning gav de led som bevattades vid 0,6-0,8 atmosfärers tension under alla tre perioderna den högsta avkastningen.

North (1960) menade att sorter som normalt utvecklar få knölar gynnas av bevattning tidigt medan sorter med stort knölantal ger bättre utbyte om första bevattningen sker efter knölbildningens början.

Haddock (1961) jämförde bevattning vid 10, 30, 60 eller 80 procents uttorkning av det växttillgängliga vattnet i rotzonen och fann att avkastningen blev högre ju intensivare bevattningen var.

Llewelyn (1963) bevattnade vid 0,1 eller 0,35 atmosfärers tension i rotzonen. Skörden blev något högre när bevattning skedde vid 0,35 atmosfärers tension. Avkastningen blev högst när bevattningen startade under knölbildningsperioden. Ju längre starten uppsköts därefter desto lägre blev skörden. Om bevattningen påbörjades redan under stolonbildningen utvecklades fler knölar och blastutvecklingen påskyndades. Blastens livslängd blev emellertid kortare och knölskörden lägre än då bevattningen startade något senare.

Wheaton et al. (1964) använde tak som automatiskt täckte försöksrutorna vid regn. De fann att bevattning vid 30 procents uttorkning gav högre skörd än då uttorkningen tilläts fortgå tills 60 eller 90 procent av det växttillgängliga vattnet i rotzonen uttömts.

Cavagnaro et al. (1971) fann att torra före uppkomsten försenade knölbildningens början men förkortade knölbildningsperioden och gav ett större antal knölar och högre knölskörd än hög markfuktighet redan från sättningen. Torra vid knölbildningen gav en lång knölbildningsperiod men färre knölar och lägre skörd.

I modellförsök under kontrollerade temperatur- och markfuktighetsförhållanden fann Krug & Wiese (1972) att en torrperiod under potatisens tidiga utveckling resulterade i högre knölskörd. Plantorna fick efter omställning från torra till högre markfuktighet en snabbare och långvarigare tillväxt och en effektivare assimilation. Plantor som hade hög markfuktighet under hela växtperioden tillväxte snabbt och bildade tidigt knölar men tillväxten avslutades också tidigare på grund av blastens snabbare nedvissning.

Dragland (1978) studerade hur torrperioder på 3 veckor under olika utvecklingsstadier påverkade tillväxt, avkastning och kvalitet hos potatis. Torra under stolonbildningen försenade knölutvecklingen något men slutskörden blev minst lika hög som vid god vattentillgång under hela växtperioden. En period med torra under knölbildningen eller under knöltillväxten ledde till betydande avkastningsdepression.

Kirkerød (1978) prövade tre olika starttidpunkter för bevattningen. Inga säkra skillnader erhöles mellan bevattning från uppkomsten och

bevattning från 2 veckor efter uppkomsten. Bevattning från 4 veckor efter uppkomsten gav betydligt sämre utbyte.

Jørgensen (1979) jämförde bevattning vid 3 olika uttorkningsgrader under knölbildningsperioden och under knöltillväxtperioden. Det bästa ekonomiska utbytet erhöles vid intensiv bevattning. På de aktuella jordarna borde bevattning ske när uttorkningen uppgick till 20-30 mm.

## **2.6 Vattenfaktorn och skördens kvalitet**

**Knölantal.** Antalet knölar som utvecklas påverkar bland annat knölstorleksfördelningen och därmed användningsområdet för skörden. I flertalet undersökningar har hög markfuktighet under potatisens tidiga utveckling lett till att ett större antal knölar utvecklats (Harris, 1917; Llewelyn, 1963; Kirkerød, 1978; Jørgensen, 1979). Låg markfuktighet vid knölbildningens början resulterar i att färre knölar per planta utvecklas (Steineck, 1958; Cavagnaro et al., 1971).

Hög markfuktighet under knölbildningen är särskilt betydelsefull i sorter som normalt utbildar få knölar. Sorter som i vanliga fall utvecklar många knölar kan vid riklig vattentillgång i extrema fall ge så många knölar att de inte utvecklas till önskvärd storlek (North, 1960). Pätzold & Stricker (1964) konstaterade att knölantalet efter knölbildningens början växlade kraftigt. Vid torka reducerades antalet knölar och vid högre markfuktighet anlades nya, ibland sekundära knölar. En växling från torra till fuktiga förhållanden kan stimulera till anläggning av många knölar om torkan varit kortvarig och om växlingen till hög markfuktighet sker vid lämplig tidpunkt.

Även Krug & Wiese (1972) konstaterade en betydande reduktion av antalet bildade knölar genom resorption.

**Knölform.** Missformade knölar bildas då tillväxten av olika skäl är ojämn. Midjebildningar orsakas huvudsakligen av ojämn vattentillgång medan utväxter på knölna kan orsakas även av andra faktorer (Sparks, 1958).



Robins & Domingo (1956) fann att midjebildningar kunde uppstå till följd av stress under hela knöltillväxtperioden. Placeringen och intensiteten hos tillväxtdeformationerna berodde på tidpunkten för stressen och på dess längd och intensitet. De fann att utväxter på knölarna uppstod oberoende av markfuktigheten. Växtsprickor uppstod när torra under knöltillväxten följdes av gynnsamma fuktighetsförhållanden.

Llewelyn (1963) noterade att markfuktigheten hade en påtaglig inverkan på knölarnas form och utseende. Växlande markfuktighet ledde till oregelbundna knölar och till sekundär tillväxt. Vid jämn och hög markfuktighet blev knölarna släta i skalet och ovalt formade.

Experiment under kontrollerade betingelser visade att hög temperatur var den direkta orsaken till omväxning (Bodlaender et al., 1964; Lugt et al., 1964). Anledningen till att bevattning motverkade omväxning ansågs vara dess effekter på mark- och beståndstemperaturen.

I svenska bevattningsförsök har andelen missformade knölar, växtsprickor och omväxningar genomgående minskat vid bevattning som utförts på ett lämpligt sätt (Johansson, 1970a).

**Torrsubstans- och stärkelsehalt.** Undersökningar rörande markfuktighetens inverkan på torrsubstans- eller stärkelsehalten hos knölarna har ofta gett växlande resultat. Enligt Haddock (1961) ökade stärkelsehalten med ökad vattentillgång medan Simpson (1962) fann lägre halt av torrsubstans vid god vattentillgång. I andra undersökningar har vattentillgången inte påverkat torrsubstanshalten (Fulton & Findlay, 1964).

Van Geneygen (1965) visade att torrsubstanshalten växlade under tillväxten så att den ibland var högst och vid andra tillfällen lägst vid god vattentillgång.

Jørgensen (1977) visade att variationen i torrsubstanshalt blev betydligt mindre vid bevattning. Utan bevattning kunde halten av torrsubstans bli mycket hög när torkan orsakade låg knölskörd. Halten

kunde i andra fall bli mycket låg om en torrperiod följdes av regn som stimulerade till snabb tillväxt och eventuell nybildning av knölar som inte hann mogna.

Wiese (1974) fick den högsta stärkelsehalten om bevattningen avslutades efter blomningen och om markfuktigheten var låg under senare delen av knöltillväxten.

I svenska försök i matpotatis har torrsubstanshalten i regel påverkats ganska litet och inte på ett entydigt sätt av skillnader i vattentillgång (Johansson, 1970a; Carlsson, 1975). I sextio försök i fabrikspotatis 1964-82 höjdes stärkelsehalten i genomsnitt från 18,9 till 19,1 procent vid bevattning (egen sammanställning).

**Kokkvalitet.** Vattenfaktorns inverkan på kokegenskaperna sönderkokning, blötkokning och mörkfärgning efter kokning har undersökts i svenska bevattningsförsök i Bintje och Magnum Bonum (Johansson, 1970a). Genomgående har en ökad benägenhet för sönderkokning i bevattnade led konstaterats. Speciellt i sorten Magnum Bonum blev blötkokningen betydligt mindre vid bevattning. Mörkfärgningen minskade främst vid låga och måttliga kvävegivor och särskilt tydligt i Magnum Bonum. Carlsson (1975) fann att kokkvaliteten (summan av sönderkokning, blötkokning och mörkfärgning) förbättrades vid bevattning i sorterna Bintje och King Edward.

**Angrepp av vanlig skorv.** Llewelyn (1963) fann att bevattning före och under knölbildningen hade god effekt mot vanlig skorv medan angreppen blev kraftigare om bevattningen påbörjades först under knöltillväxten. Även Peeler et al. (1966) rapporterade att angreppen hölls på en låg nivå om bevattningen startade tidigt. Bästa resultat uppnåddes om uttorkningen inte tilläts överskrida 25 mm.

I svenska försök har bevattning i flertalet fall reducerat angreppen av vanlig skorv. I enstaka fall har dock angreppen varit minst lika kraftiga i bevattnade led. Bevattningen har i sådana fall satts in för sent (Johansson, 1970a).

Wellings (1973) fann att intensiv bevattning under 4-6 veckor efter knölbildningens början resulterade i en hög skörd av skorvfri potatis.

Omfattande undersökningar av vattenfaktorernas betydelse för angreppen av vanlig skorv har utförts av Lapwood (1966), Lapwood et al. (1968, 1970, 1973) och av Labruyère (1971). De har visat att hög markfuktighet från 3-5 dagar efter knölbildningens början förhindrar angrepp. Uttorkningen får därefter under 4-6 veckor inte överskrida 15-20 mm om angreppen skall motverkas effektivt. Även korta perioder med kraftigare uttorkning kan leda till kraftiga angrepp på de delar av knölnarna som just vid den aktuella tidpunkten är mottagliga för angrepp.

**Markfuktighetens inverkan på lagringsförlusterna.** Vikt förlusterna under potatisens lagring i form av vattenförluster och torrsubstansförluster genom andning, groddbildning, rötter m.m. har studerats av Kirkeröd (1978). Han fann att förlusterna på grund av vattenförlust och andning var lägre i bevattnad än i obevattnad potatis. Orsaken antogs vara att den obevattnade potatisen var mindre mogen vid skörden. Angreppen av rötter var starkare i den bevattnade potatisen. I fråga om groddbildning noterades inga skillnader mellan försöksleden. Totalt blev lagringsförlusterna lägst i bevattnad potatis.

Dragland (1978) fann inga skillnader i viktsförluster under lagringen till följd av olika vattentillgång under växtperioden.

Schneider (1978) redovisade att lagringsförlusterna var större i obevattnad potatis. Skillnaden berodde på att obevattnade knölar i större utsträckning utbildade groddar under lagringen. Detta antogs bero på att kvävehalten var högre i obevattnad potatis.

## **2.7 Samspel vatten-växtnäring**

Potatisen tillhör de mest krävande växtslagen vad avser växtnärings-tillståndet i marken. Genom gödsling kan knölskördens storlek och kvalitet påverkas i hög grad. Inte endast gödselgivans storlek utan även tidpunkten för gödslingen och placeringen av växtnäringen påverkar resultatet.

Kväve är det växtnäringsämne som vanligen har den mest markanta effekten på såväl avkastning som kvalitet. Skördeökningar vid kvävegödsling beror ofta främst på att knölstorleken ökar. Alltför höga kvävegivor sänker torrsubstanshalten i knölnarna och leder till kvalitetsproblem såsom blötkokning, mörkfärgning och försämrade smakegenskaper.

Grödans möjligheter att tillgodogöra sig växtnäring i marken är i hög grad beroende av vattentillgången. Utan bevattning varierar effekten av kvävegödsling kraftigt mellan åren alltefter fuktighetsförhållandena (Rønson, 1978). Ofta erhålls ett positivt samspel mellan bevattning och kvävegödsling på potatisens avkastning (Johansson & Linnér, 1977).

I huvuddelen av gödslingsförsöken i potatis har effekter av olika givor av ett eller flera växtnäringsämnen eller gödselmedel undersökts (Svensson & Carlsson, 1969; Hahlin & Johansson, 1973; Hahlin & Carlsson, 1980). Endast i ett fåtal undersökningar har olika fördelning av växtnäringen under potatisens utveckling prövats (Svensson et al., 1973; Carlsson, 1977). Under torra förhållanden har delad kvävegiva inte sällan gett sämre utbyte än en engångsgiva före sättningen. Vid god vattentillgång och i övrigt goda odlingsbetingelser har delad giva ofta haft positiv effekt på knölskorden (Bodlaender et al., 1982).

Höga kvävegivor före sättningen kan försena knölbildningen. Ofta är det först under senare delen av knöltillväxten som positiva effekter på knölskorden av höga kvävegivor framträder (Harris, 1978).

Gynnsamma effekter av uppdelad kvävegiva kan orsakas av att växtperiodens längd påverkas eller av att förhållandet mellan blasttillväxt och knöltillväxt förskjuts. Man kan inte heller bortse från risken att kväve som tillförs före sättningen utlakas. På de sandjordar med svagt vattenhållande egenskaper där en stor del av den svenska potatisodlingen sker är risken för att avrinningsituationer skall inträffa under perioden från sättningen till dess att grödan normalt tagit upp huvuddelen av det tillförda kvävet inte obetydlig. För kväve som tillförs under perioden då grödans upptagning är snabb

är risken för förluster givetvis mindre. En förutsättning är att det tillförda kvävet snabbt blir tillgängligt för grödan vilket i sin tur förutsätter att vattentillgången är god.

### 3. EGNA UNDERSÖKNINGAR

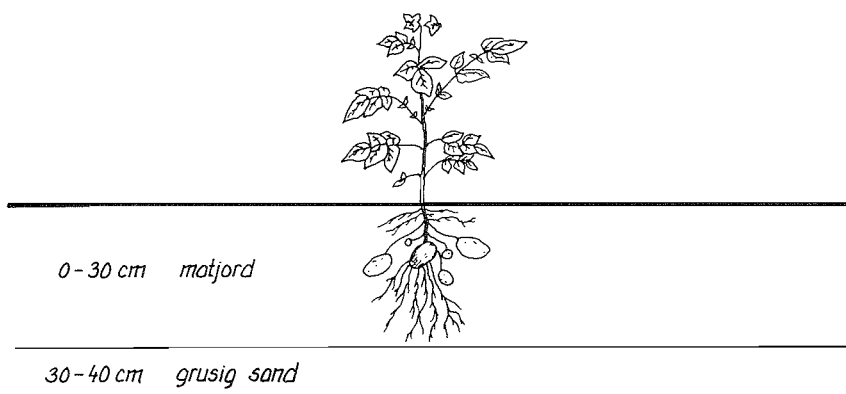
#### 3.1 Modellförsök med sorten Bintje

Åren 1971-1973 genomfördes en undersökning vars syfte var att under kontrollerade betingelser studera markfuktighetens inflytande på evapotranspiration, tillväxt, avkastning och kvalitet hos potatis. Undersökningen genomfördes i växthallen vid Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Ultuna.

##### 3.1.1 Undersökningens genomförande

Nederbörden var avskärmad genom ett plasttak på omkring sex meters höjd. Markfuktigheten kunde därför helt regleras genom bevattning.

För undersökningens genomförande byggdes 1971 en speciell odlingsbädd med måtten 7,5 x 22,5 meter. Den principiella uppbyggnaden av markprofilen framgår av figur 5. Genom uppbyggnaden med ett cirka 10 centimeter tjockt skikt av grövre material under matjorden erhöles en väl definierad rotzon. Det grövre skiktet skulle också förhindra kapillär upptransport av vatten från alven till rotzonen samt möjliggöra en snabb dränering av eventuellt vattenöverskott. Skiktet bestod som framgår av tabell 1 till 90 % av sand och fingrus. Hur ett grövre skikt i markprofilen påverkar dess vattenhushållning har studerats av bland andra Miller & Bunger (1963), Miller (1973) och Campbell (1974).



Figur 5. Markprofilens uppbyggnad vid modellförsöken.  
Construction of the soil profile used in model experiments.

Tabell 1. Kornstorleksfördelning och mullhalt i markprofilen vid Ultuna.

Particle size distribution and organic matter content of the artificial soil profile.

| Nivå,<br>cm<br>Depth | Ler<br><0.002 | Finnjäla<br>0.002-0.02 | Grovmjäla<br>0.02-0.2 | Finmo<br>0.02-0.2 | Grovmo<br>0.2-2.0 | Mellansand<br>0.2-2.0 | Grovsand<br>>2 mm | Fingrus | Mullhalt<br>O.M. content | Jordartsbeteckning<br>Soil type                           |
|----------------------|---------------|------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|---------|--------------------------|---|
| 0-30                 | 8             | 4                      | 1                     | 4                 | 14                | 59                    | 9                 | -       | 1.0                      | mullfattig lerig<br>mellansand<br>low humus loamy<br>sand |
| 30-40                | -             | -                      | -                     | 3                 | 7                 | 35                    | 35                | 20      | -                        | grusig sand<br>gravelly sand                              |
| 40-60                | 56            | 27                     | 8                     | 6                 | 2                 | 1                     | -                 | -       | -                        | styv lera<br>heavy clay                                   |

Till matjord valdes en jord med relativt låg vattenhållande kapacitet. Detta var en förutsättning för att snabba växlingar mellan olika fuktighetsförhållanden under olika stadier av potatisens utveckling skulle vara möjliga att åstadkomma. Jorden hämtades från åkermark i Nåntuna ett par kilometer sydost om Ultuna. Genom noggrann omblandning erhöles en matjord av i stort sett homogen textuell sammansättning. Lerhalten i tolv prov från olika delar av den färdiga odlingsprofilen varierade exempelvis mellan 7 och 10 procent och andelen sand var mellan 67 och 72 procent. Matjordsskiktets tjocklek var 30 ± 1 centimeter.

I den styva lera som odlingsprofilen byggdes upp på var grundvattendjupet alltid större än mätdjupet 180 centimeter.

Markfysikaliska data för odlingsprofilen redovisas i tabell 2. Matjorden innehöll som framgår av tabellen cirka 5 volymprocent vatten vid vissningsgränsen (potentialen -1,5 MPa, tensionen 1,5 MPa). Cirka 15 millimeter vatten i matjordsskiktet var således otillgängligt för grödan.

Tabell 2. Fysikaliska data från odlingsprofilen vid Ultuna.  
Physical data from the soil profile Ultuna.

| Nivå,<br>cm<br>Depth | Materialitet,<br>%<br>Solids | Porositet,<br>%<br>Porosity | Vattenhalt i volymprocent vid resp.<br>bindningstryck, kPa<br>Water content (% vol) at increasing<br>suction |      |      |      |      | Kompakt-<br>densitet,<br>g/cm <sup>3</sup><br>Compact<br>density | Torr skrym-<br>densitet,<br>g/cm <sup>3</sup><br>Bulk<br>density | Genomsnittligt<br>för vatten,<br>m/dygn<br>Hydraulic<br>conductivity |      |
|----------------------|------------------------------|-----------------------------|--|------|------|------|------|--|--|--|------|
|                      |                              |                             | 5  | 10   | 20   | 40   | 80   |  |  |  | 1500 |
| 0-10                 | 54,9                         | 45,1                        | 24,8   | 17,9 | 16,7 | 15,2 | 13,5 | 4,7  | 2,57   | 1,41   | 6,7  |
| 10-20                | 52,0                         | 48,0                        | 20,3   | 16,5 | 15,4 | 14,0 | 12,8 | 4,8  | 2,57   | 1,34   | 8,7  |
| 20-30                | 56,3                         | 43,7                        | 20,5   | 15,6 | 14,5 | 13,3 | 11,8 | 5,2  | 2,59   | 1,46   | 8,7  |
| 30-40*               | 60,2                         | 39,8                        | 18,3   | 11,9 | 9,8  | 8,5  | 5,4  | 3,1  | 2,63   | 1,58   | 8,4  |
| 40-50                | 54,0                         | 46,0                        | 44,1   | 43,4 | 42,4 | 41,5 | 40,0 | 34,4   | 2,68   | 1,48   | 0,07 |
| 0-30                 | 54,4                         | 45,6                        | 21,9   | 16,7 | 15,5 | 14,2 | 12,7 | 4,9  | 2,58   | 1,40   | 8,0  |

\* Viss inblandning av material från matjorden skedde vid provtagningen.  
Some topsoil became included at sampling.



Fältkapacitet för matjorden ansågs föreligga vid tensionen 10-20 kPa. Beräkningar av den hydrauliska ledningsförmågan i det grövre skiktet under matjorden (exempelvis enligt Campbell, 1974) visar att denna är mycket låg (< 0,1 mm/dygn) vid den angivna tensionen. Dräneringen från matjordsskiktet vid det valda fältkapacitetsvärdet blir under de angivna förhållandena så långsam att den kan anses vara försumbar i förhållande till evapotranspirationen. Detta förenklar avsevärt vattenbalansberäkningarna för markprofilen.

Vid fältkapacitet innehöll matjorden (= rotzonen) 47-50 millimeter vatten. Mängden för växterna upptagbart vatten i rotzonen uppgick således till 32-35 millimeter.

Jordprover för markkemisk analys uttogs 1971 och 1972 på våren före gödsling. Resultatet av analyserna redovisas i tabell 3.

Tabell 3. Markkemiska data för matjorden i odlingsprofilen.  
Chemical analyses of the 0-30 cm layer of the soil.

|      | mg/100 g lufttorr jord |      |       |       | pH  |
|------|------------------------|------|-------|-------|-----|
|      | P-AI                   | K-AI | P-HCl | K-HCl |     |
| 1971 | 7,8                    | 8,8  | 43    | 70    | 5,5 |
| 1972 | 11,0                   | 16,8 | 61    | 83    | 5,4 |

### Försöksplan

Vid uppläggnen av undersökningen indelades potatisens utveckling under växtsäsongen i tre perioder:

- a. Stolonbildningsperioden
- b. Knölbildningsperioden
- c. Knöltillväxtperioden

Den första perioden omfattade tiden efter uppkomsten då groddarna på sättknölen utvecklas till ovanjordiska stjälkar och blad med underjordiska stamutlöpare, så kallade stoloner.

Knölbildningsperioden ansågs börja när de första knölna visade sig som ansvällningar på stolonernas spetsar. Under denna period bildas huvuddelen av knölna. Gränsen mot den efterföljande knöltillväxtperioden är inte klart definierad eftersom nybildning av knölar kan ske under en stor del av växtperioden. I denna undersökning ansågs knölbildningsperioden vara slut då de största knölna hade 2-3 centimeters diameter.

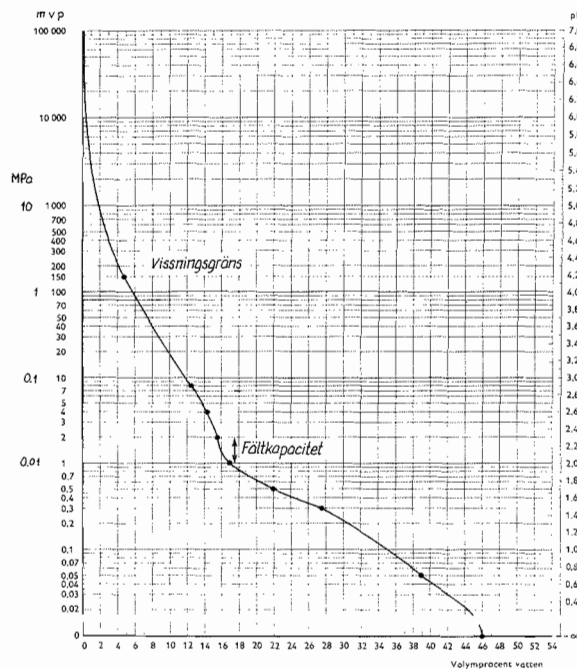
Under knöltillväxtperioden sker den huvudsakliga tillväxten av knölna. En del av de bildade stolonerna och knölna kan resorberas och under speciella förhållanden kan nya knölar utvecklas. Mot slutet av knöltillväxtperioden vissnar blasten ned och skalet på knölna blir tjockare. De olika periodernas längd är beroende av potatisorten och av odlingsförhållandena.

Under de tre perioderna i potatisens utveckling hölls markfuktigheten genom bevattning på tre olika nivåer.

- A. Hög markfuktighet. Bevattning till fältkapacitet när 25 procent av det växttillgängliga vattnet i rotzonen hade tömts ut.
- B. Medelhög markfuktighet. Bevattning till fältkapacitet när 50 procent av det växttillgängliga markvattenförrådet hade tömts ut.
- C. Låg markfuktighet. Bevattning till fältkapacitet när 75 procent av det växttillgängliga vattnet hade tömts ut.

Eftersom det växttillgängliga vattenförrådet i matjorden uppgick till 32-35 millimeter skulle bevattning ske vid omkring 8, 16 respektive 24 millimeters uttorkning.

Ur vattenbindningskaraktistikan (figur 6) kan man beräkna markvattnets fysikaliska bindning vid olika grader av uttorkning. Sådana beräkningar visar att tensionen i behandling A varierade mellan 10-20 kPa (fältkapacitet) och 40-60 kPa före bevattning. I behandling B steg tensionen före bevattning till 120-160 kPa. Vid den kraftigaste uttorkningen tilläts tensionen stiga till 400-600 kPa. De angivna värdena är genomsnittsvärden för hela matjordsskiktet 0-30 centimeter. Eftersom rotzonen inte torkar ut helt likformigt bör det alltid ha



Figur 6. Sambandet mellan vattenhalt och fysikaliskt bindningstryck för matjorden i odlingsprofilen.

Relationship between water content and matric potential in topsoil.

funnits svagare bundet vatten i någon del av profilen än värdena ovan antyder.

Av de 27 möjliga kombinationerna av utvecklingsstadium och markfuktighetsnivå utvaldes av praktiska skäl 12 kombinationer som bedömdes vara av störst intresse att undersöka. De 12 försöksled som ingick i undersökningen framgår av tabell 4. De försöksledsbeteckningar som anges där används i fortsättningen av redogörelsen. I figur 7 åskådliggörs hur markfuktigheten i princip varierade i de olika försöksleden.

Tabell 4. Försöksled som ingick i modellförsöken med Bintje 1971-1973.  
Treatments in model experiments on Bintje.

| Försöksled<br>Treatment | Markfuktighet under respektive utvecklingsperiod<br>Soil moisture at successive stages of growth |                                |                              |
|-------------------------|--|--------------------------------|------------------------------|
|                         | Stolonbildning<br>Stolonformation  | Knölbildning<br>Tuberformation | Knöltillväxt<br>Tuber growth |
| AAA                     | Hög (high)   | Hög                            | Hög                          |
| BBB                     | Medelhög (moderate)  | Medelhög                       | Medelhög                     |
| CCC                     | Låg (low)  | Låg                            | Låg                          |
| BAA                     | Medelhög   | Hög                            | Hög                          |
| CAA                     | Låg  | Hög                            | Hög                          |
| BAB                     | Medelhög   | Hög                            | Medelhög                     |
| BBA                     | Medelhög   | Medelhög                       | Hög                          |
| ABB                     | Hög  | Medelhög                       | Medelhög                     |
| BAC                     | Medelhög   | Hög                            | Låg                          |
| BCB                     | Medelhög   | Låg                            | Medelhög                     |
| CBB                     | Låg  | Medelhög                       | Medelhög                     |
| BBC                     | Medelhög   | Medelhög                       | Låg                          |

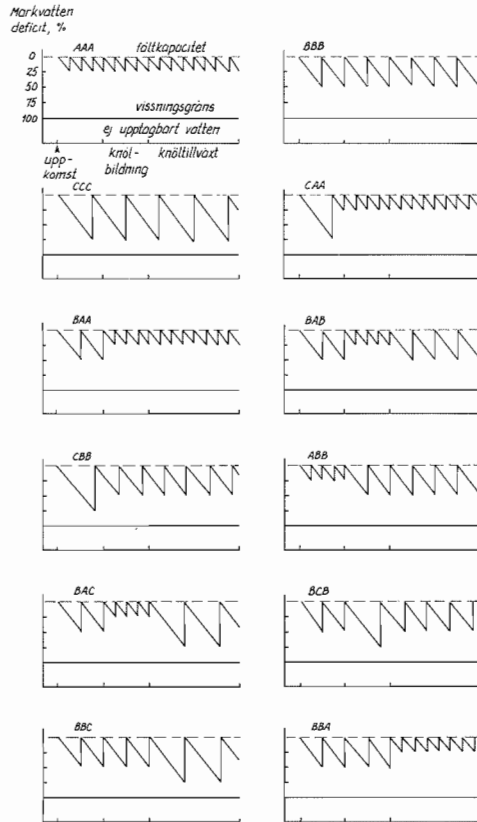
#### Väderleksförhållanden

Undersökningen genomfördes som tidigare nämnts under ett genomsnittligt plasttak. Detta påverkade i viss utsträckning väderleksfaktorer som temperatur, vind och instrålning. Takplasten reducerade instrålningen med cirka 15 procent. Detta torde i någon mån ha påverkat grödans tillväxt (Sale, 1976).

Såväl dag som natt var temperaturen i växthallen i allmänhet någon grad högre än de värden som uppmättes vid den meteorologiska stationen vid Ultuna cirka en kilometer från försöksplatsen (tabell 5).

Lufttemperatur och relativ luftfuktighet registrerades kontinuerligt med hjälp av en termohygrograf placerad på markytan. Marktemperaturen på tre olika djup mättes under vissa perioder.

Den potentiella evaporationen uppmättes som tidigare nämnts med Anderssons evaporimeter. Mätaren kan sägas integrera inflytandet av



Figur 7. Principdiagram över markfuktighetsvariationen i rotzonen i de i undersökningen 1971-73 ingående försöksleden.

Soil moisture treatments in the 1971-73 experiments.

olika klimatfaktorer av vilka temperatur, vind, relativ luftfuktighet och instrålning dominerar (Johansson, 1969). Skillnaden i potentiell evaporation mellan växthallen och fält utgör därför ett samlat mått på skillnader i klimatet. Under de tre försöksåren var den potentiella evaporationen i växthallen 14-17 procent lägre än vid den meteorologiska stationen vid Ultuna.

Tabell 5. Meteorologiska data för Ultuna 1971-73.

Meteorological data at Ultuna 1971-73.

|             | Medel-<br>temperatur,<br>°C | Månatlig<br>insolation,<br>MJ/m <sup>2</sup> | Relativ<br>solskens-<br>tid, %   | Potentiell evaporation,<br>mm.                      |  |
|-------------|-----------------------------|--|----------------------------------|---|--|
|             | Mean<br>temperature         | Monthly<br>solar<br>radiation                | Relative<br>sunshine<br>duration | Potential evaporation                               |  |
|             |                             |  |                                  | Enl.<br>Johansson<br>(1970b)<br>Johansson<br>method | Enl.<br>Penman<br>(1963)<br>Penman<br>method |
| <u>1971</u> |                             |  |                                  |   |  |
| maj         | 11,5                        | 596  | 63                               | 127   | 108  |
| juni        | 14,4                        | 670  | 61                               | 135   | 131  |
| juli        | 16,9                        | 605  | 55                               | 123   | 118  |
| augusti     | 15,1                        | 459  | 53                               | 82  | 74   |
| september   | 9,6                         | 268  | 35                               | 46  | 36   |
| <u>1972</u> |                             |  |                                  |   |  |
| maj         | 9,1                         | 526  | 49                               | 95  | 98   |
| juni        | 16,1                        | 585  | 53                               | 114   | 109  |
| juli        | 18,9                        | 595  | 54                               | 128   | 122  |
| augusti     | 15,3                        | 407  | 43                               | 83  | 74   |
| september   | 10,1                        | 253  | 37                               | 53  | 37   |
| <u>1973</u> |                             |  |                                  |   |  |
| maj         | 10,3                        | 533  | 49                               | 99  | 91   |
| juni        | 16,3                        | 627  | 60                               | 121   | 115  |
| juli        | 18,8                        | 566  | 52                               | 95  | 103  |
| augusti     | 15,0                        | 464  | 55                               | 77  | 74   |
| september   | 9,3                         | 235  | 31                               | 48  | 40   |

### Markfuktighetsbestämning

Under det första försöksåret bestämdes markfuktigheten i de olika försöksleden gravimetriskt 2-3 gånger varje vecka. Vid varje bestämning uttogs tre parallella borrhärlor till 50 centimeters djup. Jordproverna delades upp i 10-centimeters nivåer, vägdes, torkades 2 dygn vid 105°C och vägdes åter. Dessa gravimetriska markfuktighetsmätningar var mycket tidskrävande. Under de följande försöksåren reducerades provtagningsfrekvensen till 2-3 gånger per månad. Detta

var tillräckligt eftersom markfuktigheten också kontrollerades med ett 20-tal tensiometrar. Sambandet mellan tensiometerutslag och markvatteninnehåll kunde med god säkerhet fastställas under det första försöksåret.

Tensiometrarna placerades med keramikdelen på djupen 10-15 och 20-25 centimeter. Avläsning skedde 2-3 gånger varje vecka.

#### **Bestämning av avdunsningsförhållandena**

Den potentiella evaporationen ( $E_p$ ) uppmättes med Anderssons evaporimeter (Andersson, 1969; Johansson, 1969). Mätaren placerades på 1,5 meters höjd över markytan och avlästes med noggrannheten 0,1 millimeter minst tre gånger varje vecka. Genom mätning av markfuktigheten kunde samband mellan den aktuella evapotranspirationen vid olika markfuktighetsnivåer och den potentiella evaporationen uppmätt med Anderssons evaporimeter beräknas. Dessa samband utnyttjades tillsammans med de gravimetriska markfuktighetsbestämningarna och tensiometervärdena för styrning av bevattningstidpunkter och bevattningsmängder.

#### **Bevattning**

Vattentillförseln skedde med hjälp av för ändamålet speciellt konstruerade droppbevattningsramar med måtten 3x4 meter (Linnér, 1970). Bevattningsramarna var försedda med hjul och flyttades på räls mellan försöksrutorna. Bevattningsgivorna kunde tillföras med en noggrannhet av  $\pm 0,1$  millimeter. Vatten av god kvalitet (avjoniserat vatten eller kommunalt vatten) användes.

#### **Odling**

För att i största möjliga utsträckning eliminera variation inom beståndet användes sättproppar istället för vanliga sättknölar. Tekniken har tidigare använts av bland andra Carlsson (1964). Från knölar som hade förgrotts i omkring 20 dygn utstansades sättproppar med en kraftig 10-15 millimeter lång grodd. Utstansningen skedde med hjälp av rör med inre diametern 12 millimeter. Sättpropparna var 30-35 millimeter långa och vägde omkring fyra gram. För att förhindra sjukdomsangrepp behandlades sättpropparna med en fungicid. Därefter

förvarades propparna 3-4 dygn på fuktat papper under plast varvid ett korklager bildades på snittytorna. Från nedre delen av grodden började också rötter att utvecklas.

Sättningen skedde med hjälp av rör som pressades ned i jorden till ett bestämt djup. Grodden hamnade 4-5 centimeter under markytan vilken var plan under hela växtperioden. Sättpropparna placerades i förbandet 20 x 20 centimeter vilket innebar en beståndstäthet på 250 000 stjälgkar per hektar. I varje försöksled sattes 270 plantor. Uppkomstprocenten var mellan 96 och 99. Mistor i försöksrutorna kompletterades strax efter uppkomsten med plantor från ett område utanför försöksarealen. Uppgifter om sättnings- och uppkomst m.m. finns i tabell 6.

Tabell 6. Tidpunkt för sättnings-, uppkomst-, skörd m.m. för undersökningen 1971-73.

Growth data for experiments, 1971-73.

|  | 1971      | 1972      | 1973      |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Sättnings-<br>Planting                           | 28/5      | 26/5      | 28/5      |
| 50 % uppkomst<br>50 % emergence                  | 8/6       | 7/6       | 11/6      |
| 90 % uppkomst<br>90 % emergence                  | 13/6      | 10/6      | 15/6      |
| Knölbildningens början<br>Tuber initiation       | 2/7       | 30/6      | 30/6      |
| Knöltillväxtens början<br>Primary tuber swelling | 29/7      | 24/7      | 22/7      |
| Slutskörd<br>Harvesting                          | 22/9      | 5/10      | 2/10      |
| Stolonbildningsperioden<br>Stolon formation      | 8/6-2/7   | 7/6-30/6  | 11/6-30/6 |
| Knölbildningsperioden<br>Tuber formation         | 2/7-29/7  | 30/6-24/7 | 30/6-22/7 |
| Knöltillväxtperioden<br>Tuber growth             | 29/7-16/9 | 24/7-29/9 | 22/7-25/9 |



Växtnäring tillfördes före sättningen och nedbrukades med jordfräs. Årligen tillfördes 150 kg kväve per hektar i form av ammoniumsulfat. Vidare tillfördes cirka 80 kg fosfor och 250 kg kalium per hektar med ett sammansatt gödselmedel som också innehöll magnesium, svavel, mangan, koppar, bor, järn, zink, kobolt och molybden.

För att förhindra angrepp av bladmögel behandlades odlingen flera gånger årligen med ett ditiokarbamatpreparat.

### **Beståndsmätningar**

Plantornas tillväxt följdes genom provtagningar 6-8 gånger årligen. Vid varje provtagningsstillfälle uttogs och analyserades 6 plantor per försöksruta. Provtagningarna pågick från slutet av juni till mitten av september. Vid slutsörden analyserades 70-98 plantor från varje försöksled.

De parametrar som bestämdes var:

Blasttillväxt (planhöjd, grönmassavikt, torrsubstansproduktion, kemisk sammansättning)

Stolonutveckling (antal, längd)

Knölbildning (tidpunkt, antal)

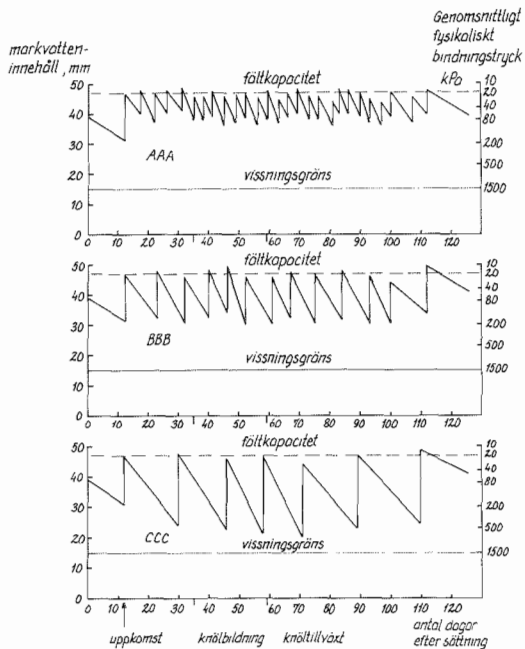
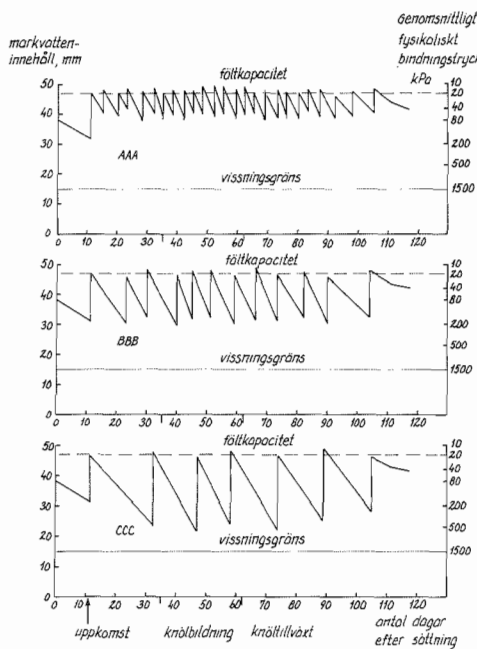
Knöltillväxt (friskvikt, torrsubstansproduktion, kemisk sammansättning).

Slutsörden analyserades beträffande sjukdomsangrepp, kokkvalitet, storleksfördelning, sprickor och missbildningar. En mindre lagringsundersökning genomfördes också.

### **3.1.2 Resultat**

#### **Markfuktighet**

Markfuktighetens variation i några av försöksleden redovisas i figurerna 8-10. I stort sett varierade vatteninnehållet i rotzonen inom de avsedda gränserna. I de fall då fältkapacitetsvärdet överskreds ledde detta inte till någon mätbar ökning av vatteninnehållet i skiktet under matjorden. Den hydrauliska ledningsförmågan i det grusiga skiktet var så låg att någon avrinning inte kunde uppmätas.



Figur 8. Markvatteninnehåll och genomsnittligt fysikaliskt bindningsstryck i rotzonen i försöksleden AAA, BBB och CCC år 1971.

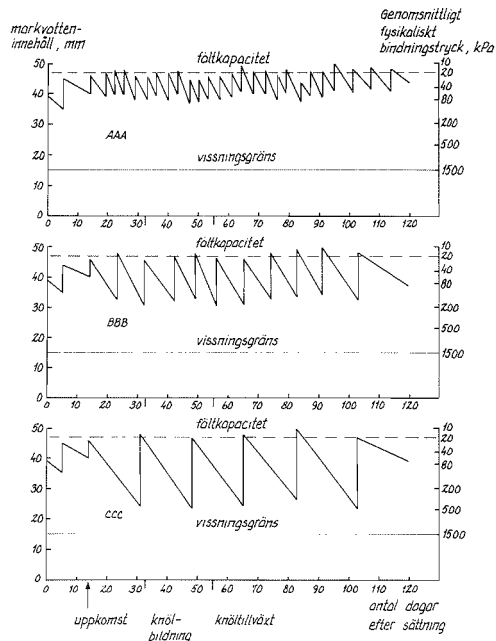
Soil water content and matric tension in the rootzone of treatments AAA, BBB and CCC, 1971.

Figur 9. Markvatteninnehåll och genomsnittligt fysikaliskt bindningsstryck i rotzonen i försöksleden AAA, BBB och CCC år 1972.

Soil water content and matric tension in the rootzone of treatments AAA, BBB and CCC, 1972.

I de försöksled som bevattnades när uttorkningen i rotzonen uppgick till 25 procent av det växttillgängliga vattnet varierade markvattnets tension mellan 10-20 kPa efter bevattning och 40-60 kPa före bevattning. I genomsnitt för en längre tidsperiod var tensionen i rotzonen omkring 30 kPa.

Vid 50 procents uttorkning var tensionen före bevattning 120-160 kPa enligt bindningskaraktistikan. I genomsnitt var tensionen vid denna behandling omkring 60 kPa.



Figur 10. Markvatteninnehåll och genomsnittligt fysikaliskt bindingstryck i rotzonen i försöksleden AAA, BBB och CCC år 1973.

Soil water content and matric tension in the rootzone of treatments AAA, BBB and CCC, 1973.

I de torraste rutorna steg tensionen före bevattning till 400-600 kPa. I medeltal var tensionen omkring 120 kPa.

### Evapotranspiration

Värden på den potentiella evaporationen uppmätta med Anderssons evaporimeter redovisas i tabell 7. För att se i vilken utsträckning plasttaket över växthallen påverkade avdunstningen kan dessa värden jämföras med potentiella värden för Ultuna meteorologiska station beräknade enligt Johansson (1970b) och enligt Penman (1963) i tabell 5. De lägre värdena i växthallen torde främst bero på skillnader i instrålning och vindförhållanden.

Tabell 7. Potentiell evaporation ( $E_p$ ) i mm/månad uppmätt med Anderssons evaporimeter i växthallen.

Potential evaporation in mm/month measured with an Andersson evaporimeter.

|                      | 1971 | 1972 | 1973 |
|----------------------|------|------|------|
| juni                 | 99   | 90   | 97   |
| juli                 | 103  | 105  | 80   |
| augusti              | 77   | 74   | 73   |
| september            | 41   | 51   | 45   |
| Summa juni-september | 320  | 320  | 295  |

Evapotranspirationen i de olika försöksleden kan beräknas med hjälp av vattenbalanskvationen:

$$ET_a = \theta_b - \theta_s - D_r + B + N - R_u$$

där

$ET_a$  = den aktuella evapotranspirationen under en viss tidsperiod

$\theta_b$  = vatteninnehållet vid början av tidsperioden

$\theta_s$  = vatteninnehållet i rotzonen vid slutet av tidsperioden

$D_r$  = avrinningen ur rotzonen under tidsperioden

$B$  = bevattning under tidsperioden

$N$  = nederbörd under tidsperioden

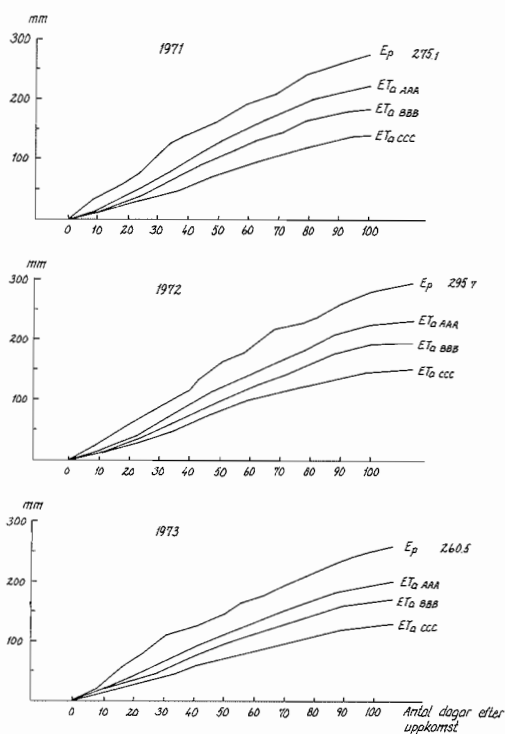
$R_u$  = ytavrinning under tidsperioden

Med den speciella uppbyggnad som markprofilen hade i detta fall och med nederbörden avskärmad förenklas vattenbalanskvationen till:

$$ET_a = \theta_b - \theta_s + B$$

Eftersom markfuktigheten och bevattningsgivorna mättes kunde  $ET_a$  beräknas för olika perioder av grödans utveckling och för olika behandlingar.

Summationskurvor för den uppmätta potentiella evaporationen och för den beräknade aktuella evapotranspirationen redovisas i figur 11 för de tre av försöksleden där markfuktighetsnivån var oförändrad under hela växtperioden.



Figur 11. Summationskurvor för potentiell evaporation ( $E_p$ ) enligt Anderssons evaporimeter samt för aktuell evapotranspiration ( $ET_a$ ) enligt markvattenbalansberäkningar för försöksleden AAA, BBB och CCC åren 1971-73.

Summation curves for  $E_p$  (Andersson evaporimeter) and  $ET_a$  (from soil water budget) for plots AAA, BBB and CCC, 1971-73.

I det intensivt bevattnade ledet AAA, där uttorkningen aldrig tilläts överskrida 25 procent, uppgick  $ET_a$  i medeltal till 79 procent av  $E_p$  för perioden från grödans uppkomst till tidpunkten då ungefär hälften av blasten hade vissnat ned. I det torraste ledet CCC var kvoten  $ET_a/E_p$  0,51. I tabell 8 redovisas denna kvot - den relativa evapotranspirationen - för samtliga försöksled.

Tabell 8. Kvot mellan aktuell evapotranspiration ( $ET_a$ ) och potentiell evaporation ( $E_p$ ) enligt Anderssons evaporimeter samt mellan  $ET_a$  och maximal evapotranspiration\* ( $ET_{max}$ ) för perioden från potatisens uppkomst till avslutad tillväxt. Medeltal för åren 1971-1973.

Ratio of  $ET_a$  to  $E_p$  and  $ET_{max}$  between emergence and senescence. Average values, 1971-73.

| Försöksled<br>Treatment | $ET_a/E_p$ | $ET_a/ET_{max}$ |
|-------------------------|------------|-----------------|
| AAA                     | 0,79       | 1,00            |
| BBB                     | 0,66       | 0,83            |
| CCC                     | 0,51       | 0,64            |
| BAA                     | 0,77       | 0,97            |
| CAA                     | 0,74       | 0,94            |
| BAB                     | 0,71       | 0,89            |
| BBA                     | 0,72       | 0,91            |
| ABB                     | 0,69       | 0,87            |
| BAC                     | 0,62       | 0,79            |
| BCB                     | 0,62       | 0,78            |
| CBB                     | 0,63       | 0,80            |
| BBC                     | 0,58       | 0,73            |

\* Maximal evapotranspiration = evapotranspirationen i försöksledet AAA.

\*  $ET_{max} = ET_a$  in treatment AAA.

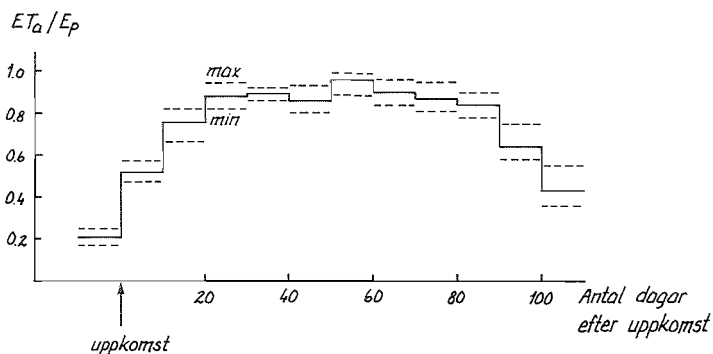
I tabell 9 anges kvoten  $ET_a/E_p$  för de olika utvecklingsstadierna i försöksleden AAA, BBB och CCC.

I ledet AAA var markfuktigheten alltid så hög att  $ET_a$  kan betraktas som maximal ( $ET_{max}$ ). Där bestämdes  $ET_a$  av grödans utveckling och av de rådande avdunstningsbetingelserna. I alla andra försöksled var markfuktigheten under någon period så låg att  $ET_a$  begränsades ( $ET_a < ET_{max}$ ). För ledet AAA har kvoten  $ET_a/E_p$  beräknats för 10-dagars perioder (figur 12). Före uppkomsten var kvoten 0,21. Evaporationen från markytan uppgick således till 21 procent av den potentiella evaporationen. Efter grödans uppkomst ökade kvoten snabbt. Strax efter knölbildningens början var den cirka 85 procent av  $E_p$ . Ytterligare tillväxt av blasten ledde inte till ökad evapotranspiration. Blasthöjden var 20-30 centimeter då kvoten  $ET_a/E_p$  nådde sin maximala nivå.

Tabell 9. Kvot mellan aktuell evapotranspiration ( $ET_a$ ) och potentiell evaporation ( $E_p$ ) enligt Anderssons evaporimeter i försöksleden AAA, BBB och CCC.

Ratio of  $ET_a$  to  $E_p$  in treatments AAA, BBB and CCC.

| Period under potatisens utveckling<br>Stage of growth                 | AAA               |      | BBB               |      | CCC               |      |
|---|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|------|
|   | $\bar{X}$ 1971-73 | s    | $\bar{X}$ 1971-73 | s    | $\bar{X}$ 1971-73 | s    |
| Uppkomst till knölbildningens början<br>Emergence to tuber initiation | 0,64              | 0,04 | 0,54              | 0,02 | 0,44              | 0,03 |
| Knölbildningsperioden<br>Tuber formation                              | 0,87              | 0,02 | 0,70              | 0,03 | 0,55              | 0,02 |
| Knöltillväxtperioden<br>Tuber growth                                  | 0,83              | 0,01 | 0,70              | 0,01 | 0,52              | 0,03 |
| Uppkomst till avslutad tillväxt<br>Emergence to senescence            | 0,79              |      | 0,66              |      | 0,51              |      |

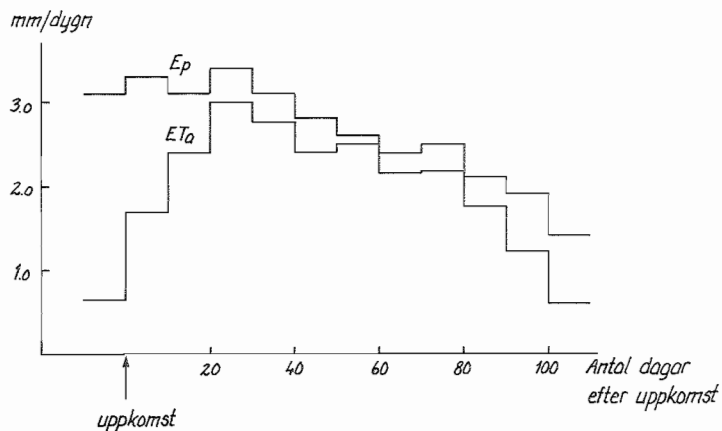


Figur 12. Kvot mellan aktuell evapotranspiration ( $ET_a$ ) i försöksledet AAA och potentiell evaporation ( $E_p$ ) enligt Anderssons evaporimeter. Medeltal för 10-dagarsperioder för åren 1971-73.

Ratio of  $ET_a$  to  $E_p$  in treatment AAA. Average for 10-day periods, 1971-73.

80-85 dagar efter uppkomsten började kvoten avta beroende på att blasten då började vissna ned.

I figur 13 anges den potentiella evaporationen ( $E_p$ ) och den aktuella evapotranspirationen ( $ET_a$ ) för det fuktigaste försöksledet.  $E_p$  var relativt hög fram till omkring 40 dagar efter uppkomsten och avtog därefter.



Figur 13. Potentiell evaporation ( $E_p$ ) samt aktuell evapotranspiration ( $ET_a$ ) för försöksledet AAA. Medeltal för åren 1971-73.

$E_p$  and  $ET_a$  in treatment AAA. Average of 1971-73.

Knölproduktionen per kubikmeter vatten var lägst i det torraste och i det fuktigaste försöksledet (tabell 10). I de led där vattnet utnyttjades effektivast producerades omkring 19 kg knölar per kubikmeter vatten. För att producera ett kg ts åtgick 233-283 liter vatten.

### Blasttillväxt

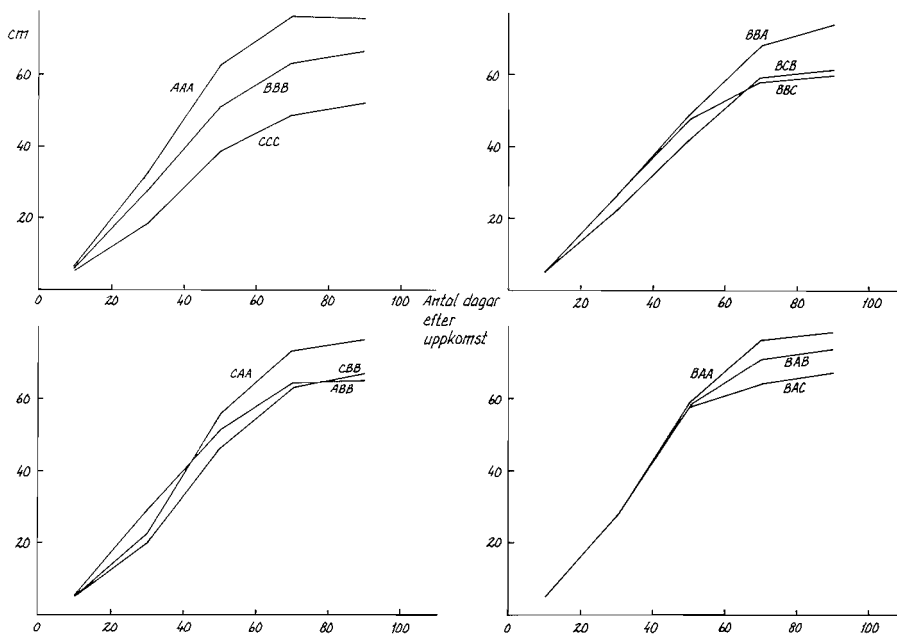
Blasthöjden mättes dels på de plantor som togs ut för analys och dels i det växande beståndet. Planthöjden i de olika försöksleden redovisas som medeltal för åren 1971-73 i figur 14.



Tabell 10. Knölproduktion per enhet vatten och evapotranspiration per producerad enhet. Medeltal för åren 1971-73.

Tuber production per unit water and evapotranspiration per unit produced. Average values for 1971-73.

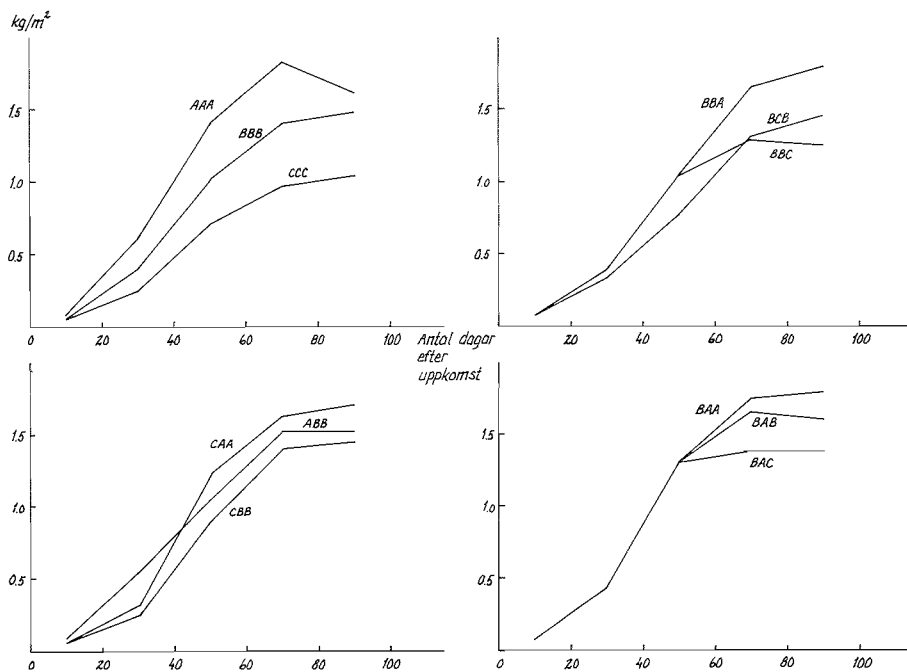
| Försöksled<br>Treatment | Knölproduktion, kg/m <sup>3</sup><br>Tuber production |                            | Evapotranspiration,<br>l/kg ts |
|-------------------------|---|----------------------------|--------------------------------|
|                         | Friskvikt<br>Fresh weight                             | Torrsubstans<br>Dry matter |                                |
| CAA                     | 18,5  | 4,2                        | 238                            |
| BAA                     | 17,8  | 4,0                        | 250                            |
| BAB                     | 19,0  | 4,3                        | 235                            |
| AAA                     | 16,8  | 3,8                        | 266                            |
| BBA                     | 18,3  | 4,1                        | 244                            |
| CBB                     | 19,1  | 4,3                        | 233                            |
| BBB                     | 17,4  | 3,8                        | 261                            |
| ABB                     | 16,8  | 3,9                        | 256                            |
| BAC                     | 18,3  | 4,2                        | 237                            |
| BCB                     | 17,2  | 3,9                        | 254                            |
| BBC                     | 17,5  | 4,0                        | 250                            |
| CCC                     | 15,6  | 3,5                        | 283                            |



Figur 14. Markfuktighetens inflytande på planthöjden. Medeltal för åren 1971-73.

Influence of soil moisture on plant height. Average of 1971-73.

Blastens friskvikt bestämdes på sex plantor per försöksled vid 6-8 provtagningstillfällena per år. Det genomsnittliga tillväxtförloppet redovisas i figur 15.



Figur 15. Markfuktighetens inflytande på blastfriskvikten. Medeltal för åren 1971-73.

Influence of soil moisture on fresh weight of foliage. Average of 1971-73.

Den snabbaste blastutvecklingen erhöles i försöksledet AAA. Såväl planthöjd som torrsubstansproduktion nådde där sitt maximum omkring 70 dagar efter uppkomsten. Friskvikten avtog därefter beroende på att blasten började vissna ned. I alla andra försöksled ökade torrsubstansen fram till omkring 90 dagar efter uppkomsten. Blasten förblev grön och frisk längre än i ledet AAA. Den högsta torrsubstansproduktionen erhöles ändå i AAA. I tabell 11 redovisas blastens andel av den totala torrsubstansproduktionen i de olika försöksleden. Blastandelen varierade som framgår av tabellen mellan 15,3 och 19,7 procent av hela torrsubstansproduktionen.

Tabell 11. Procentuella andelen knölar, blast och rötter m.m. av totala torrsubstansproduktionen. Medeltal för åren 1971-73.

Proportion of total dry matter yield in tubers, foliage and root system (%). Average values 1971-73.

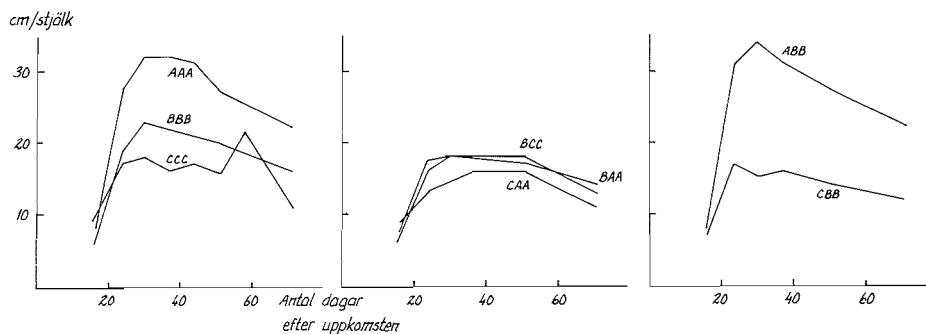
| Behandling<br>Treatment | Knölar<br>Tubers | Blast<br>Foliage | Rötter m.m.<br>Root system |
|-------------------------|------------------|------------------|----------------------------|
| CAA                     | 82,0             | 15,3             | 2,7                        |
| BAA                     | 80,5             | 16,8             | 2,7                        |
| BAB                     | 80,6             | 17,0             | 2,4                        |
| AAA                     | 79,2             | 18,4             | 2,4                        |
| BBA                     | 79,2             | 18,1             | 2,7                        |
| CBB                     | 79,8             | 17,1             | 3,1                        |
| BBB                     | 78,2             | 19,0             | 2,8                        |
| ABB                     | 80,7             | 16,8             | 2,5                        |
| BAC                     | 79,6             | 17,3             | 3,1                        |
| BCB                     | 78,0             | 19,1             | 2,9                        |
| BBC                     | 80,4             | 16,7             | 2,9                        |
| CCC                     | 75,2             | 19,7             | 5,1                        |

### Stolontillväxt

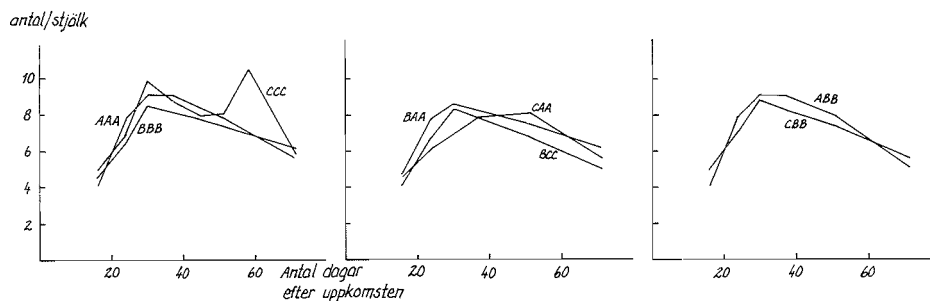
Stolonlängd och stolonantal registrerades 1971. Resultat från dessa mätningar redovisas i figurerna 16 och 17. Hög markfuktighet under perioden närmast efter uppkomsten påskyndade stolontillväxten. I försöksleden AAA och BBB var stolonerna betydligt längre än i övriga försöksled.

Stolonernas längdtillväxt upphörde i början av knölbildningsperioden. Även antalet stoloner nådde då sitt maximum. Därefter reducerades antalet.

I försöksledet CCC skedde en nybildning av stoloner till följd av bevattning 47 dagar efter uppkomsten (figur 17). Även i andra fall noterades nybildning av stoloner till följd av bevattning efter en längre torrperiod. Dessa sent bildade stoloner tillbakabildades i allmänhet under nästa torrperiod.



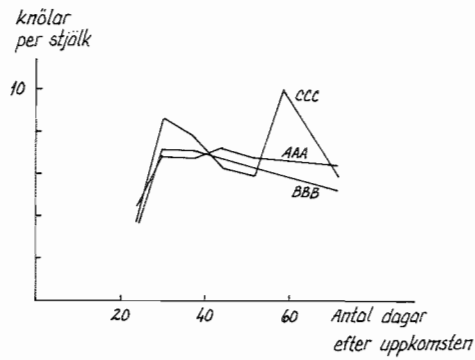
Figur 16. Stolönlängd vid olika markfuktighet 1971.  
Length of stolons at different soil moisture regimes, 1971.



Figur 17. Stolönanstal vid olika markfuktighet 1971.  
Number of stolons produced at different soil moisture regimes, 1971.

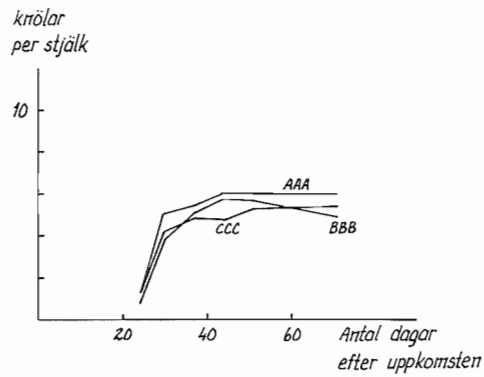
### Knölanstal

Antalet knölar räknades på de plantor som togs ut för analys under växtperioden. Dels räknades totala antalet ansvällningar på stolonspetsarna och dels antalet knölar som uppnått diametern 10 millimeter. Många av de ansvällningar som iaktogs på stolonspetsarna utvecklades inte till knölar. Särskilt i de försöksled där växlingarna i markfuktighet var stora resorberades en stor del av de små knölanlagen (figur 18).



Figur 18. Antal knölanlag vid olika markfuktighet år 1971.  
 Number of tubers initiated at different soil moisture regimes, 1971.

Antalet knölar större än 10 millimeter ökade fram till ungefär 45 dagar efter uppkomsten. Skillnaden i knölantal mellan olika behandlingar var relativt liten (figur 19).



Figur 19. Antal knölar större än 10 mm vid olika markfuktighet år 1971.  
 Number of tubers greater than 10 mm at different soil moisture regimes, 1971.

Vid skörden räknades antalet knölar som var större än 20 millimeter. Markfuktigheten under knöltillväxtperioden var avgörande för hur många av knölanlagen som utvecklades till denna storlek. Största antalet knölar fanns i de fyra behandlingar som hade den högsta markfuktigheten under knöltillväxten (BAA, AAA, CAA, BBA). Lägsta antalet knölar utvecklades i ledet CCC (tabell 12).

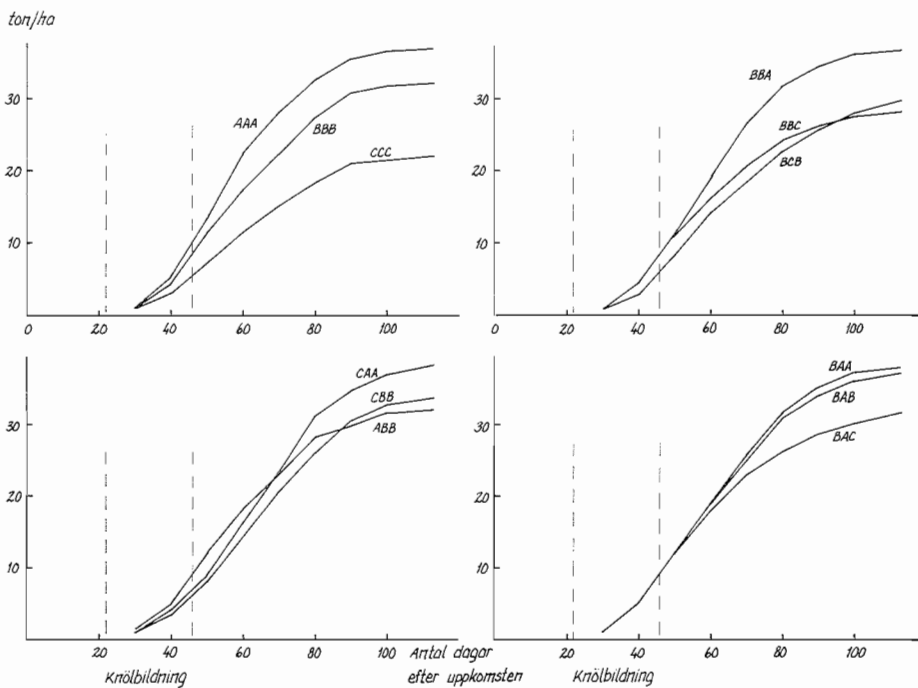
Tabell 12. Knölantal vid olika markfuktighet. Medeltal för åren 1971-73.

Effect of soil moisture regime on number of tubers. Average values, 1971-73.

| Försöksled<br>Treatment | Knölantal/m <sup>2</sup><br>No of tubers/m <sup>2</sup> |             |
|-------------------------|---|-------------|
|                         | >20 mm  | >35 mm      |
| CAA                     | 88  | 49          |
| BAA                     | 95  | 53          |
| BAB                     | 81  | 46          |
| AAA                     | 90  | 49          |
| BBA                     | 82  | 56          |
| CBB                     | 70  | 43          |
| BBB                     | 72  | 42          |
| ABB                     | 81  | 46          |
| BAC                     | 71  | 44          |
| BCB                     | 63  | 39          |
| BBC                     | 68  | 43          |
| CCC                     | 45  | 28          |
|                         | LSD 5 % = 4   | LSD 5 % = 3 |

### Knöltillväxt

Knölutvecklingen studerades genom att knölvikt och torrsubstanshalt bestämdes på de plantor som togs ut för analys under växtperioden. Ur tillväxtkurvorna från de enskilda åren har genomsnittliga tillväxtförlopp beräknats (figur 20).



Figur 20. Markfuktighetens inflytande på knöltillväxten. Medeltal för åren 1971-73.

Influence of soil moisture regime on tuber growth. Average for 1971-73.

Mellan 40 och 80 dagar efter uppkomsten var torrsubstansproduktionen i det närmaste linjär i samtliga försöksled. Tillväxthastigheten var störst i ledet AAA där det i genomsnitt producerades 144 kg knöltorrsubstans per hektar och dygn under nämnda 40-dagars period. I det torraste ledet (CCC) producerades 76 kg per dygn.

Under senare delen av växtperioden avtog tillväxten tidigare i ledet AAA än i andra försöksled beroende på att blasten började vissna ned vid skilda tidpunkter. Den största torrsubstansproduktionen erhöles därför inte i AAA utan i försöksleden CAA och BAA. Även i BAB blev produktionen i genomsnitt något högre än i AAA.

### Knölskördens storlek

Knölskörden, torrsubstanshalten och torrsubstansskörden i de olika försöksleden redovisas i tabell 13. Genom att jämföra avkastningen i olika försöksled där markfuktigheten skilde sig endast under en av de tre utvecklingsperioderna kan vattentillgångens relativa betydelse under grödans olika utvecklingsstadier belysas. En jämförelse mellan leden ABB, BBB och CBB visar hur markfuktigheten under perioden närmast efter uppkomsten påverkade avkastningen. Försöksleden BAB, BBB och BCB hade olika markfuktighet endast under knölbildningen och leden BBA, BBB och BBC skilde sig i detta avseende endast under knöltillväxtperioden.

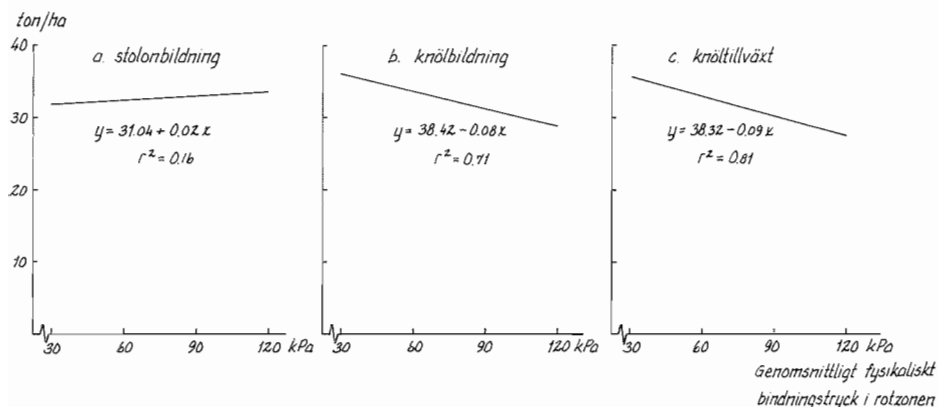
Tabell 13. Knölskörd, torrsubstanshalt och torrsubstansproduktion vid olika markfuktighet.

Effect of soil moisture regime on tuber yield, dry matter content and dry matter yield.

| Behandling | Knölskörd, ton/ha<br>Tuber yield |       |       |              | Ts-halt, %<br>D.M. content |      |      |             | Ts-produktion, ton/ha<br>D.M. yield |      |      |              |
|------------|----------------------------------|-------|-------|--------------|----------------------------|------|------|-------------|-------------------------------------|------|------|--------------|
|            | 1971                             | 1972  | 1973  | M:tal        | 1971                       | 1972 | 1973 | M:tal       | 1971                                | 1972 | 1973 | M:tal        |
| CAA        | 38,15                            | 39,29 | 36,81 | 38,08        | 24,5                       | 22,1 | 21,6 | 22,7        | 9,35                                | 8,68 | 7,95 | 8,65         |
| BAA        | 38,96                            | 37,83 | 36,65 | 37,81        | 24,6                       | 22,5 | 20,3 | 22,5        | 9,58                                | 8,51 | 7,44 | 8,51         |
| BAB        | 38,22                            | 37,23 | 36,05 | 37,17        | 23,7                       | 22,4 | 21,1 | 22,4        | 9,06                                | 8,34 | 7,61 | 8,33         |
| AAA        | 39,08                            | 34,95 | 36,30 | 36,78        | 23,3                       | 22,5 | 21,4 | 22,4        | 9,11                                | 7,86 | 7,77 | 8,24         |
| BBA        | 36,76                            | 36,52 | 35,76 | 36,35        | 24,2                       | 21,0 | 21,9 | 22,4        | 8,90                                | 7,67 | 7,83 | 8,14         |
| CBB        | 31,40                            | 34,71 | 34,50 | 33,54        | 24,6                       | 21,8 | 21,0 | 22,5        | 7,72                                | 7,57 | 7,25 | 7,55         |
| BBB        | 30,36                            | 31,47 | 33,87 | 31,90        | 24,2                       | 21,1 | 20,8 | 22,0        | 7,35                                | 6,64 | 7,04 | 7,02         |
| ABB        | 33,23                            | 28,91 | 33,43 | 31,86        | 25,2                       | 22,6 | 22,2 | 23,3        | 8,37                                | 6,53 | 7,42 | 7,42         |
| BAC        | 33,03                            | 29,40 | 32,51 | 31,65        | 23,7                       | 22,8 | 22,7 | 23,1        | 7,83                                | 6,70 | 7,38 | 7,31         |
| BCB        | 27,89                            | 28,42 | 31,97 | 29,43        | 24,9                       | 22,3 | 21,5 | 22,9        | 6,94                                | 6,34 | 6,87 | 6,74         |
| BBC        | 29,05                            | 25,30 | 29,52 | 27,96        | 23,8                       | 22,8 | 22,1 | 22,9        | 6,91                                | 5,77 | 6,52 | 6,40         |
| CCC        | 23,39                            | 19,09 | 23,69 | 22,06        | 25,2                       | 21,0 | 21,6 | 22,6        | 5,89                                | 4,01 | 5,12 | 4,99         |
|            |                                  |       |       | LSD 5 % 2,99 |                            |      |      | LSD 5 % 1,1 |                                     |      |      | LSD 5 % 0,72 |



I figur 21 redovisas samband mellan den genomsnittliga tensionen i rotzonen under de olika utvecklingsstadierna och knölskördens storlek. Markfuktigheten under stolonbildningsperioden har som framgår av figuren haft liten betydelse. En svag tendens till högre avkastning vid ökande uttorkning kan noteras.



Figur 21. Samband mellan knölskörd och genomsnittlig uttorkning i rotzonen under olika perioder av potatisens utveckling.

Relationship between tuber yield and moisture deficit of the rootzone at different stages of growth.

Ökande tension i rotzonen under knölbildningsperioden ledde till lägre knölskörd. En ökning av den genomsnittliga tensionen med 10 kPa (1 m vp) minskade skörden med 0,80 ton per hektar ( $r^2 = 0,71$ ).

Regressionslinjens lutning blev ännu större för knöttillväxtperioden. Ökad tension med 10 kPa ledde i genomsnitt till 0,89 ton per hektar lägre knölskörd ( $r^2 = 0,81$ ).

Vid bedömning av potatisens torrkänslighet under de olika utvecklingsperioderna måste man ta hänsyn till att de olika periodernas längd skilde sig avsevärt. Knölbildningsperioden omfattade i genomsnitt 24 dagar medan knöttillväxtperioden varade i cirka 60 dagar. Om man utgår ifrån att markfuktigheten var optimal i de led som bevattnades när uttorkningen under knölbildningen och knöttillväxten

uppgick till högst 25 procent så är det möjligt att beräkna vilken betydelse varje dag med mer långtgående uttorkning hade för avkastningen. I leden AAA, BAA och CAA blev skörden i medeltal 37,6 ton/ha. I leden ABB, BBB och CBB blev skörden 32,4 ton/ha dvs. 5,2 ton/ha lägre och i ledet CCC 22,1 ton/ha dvs. 15,5 ton/ha lägre. Behandling B innebar att markfuktigheten under 11 dagar av 24 under knölbildningen och under 21 dagar av 60 under knöltillväxten låg mellan 25 och 50 procent. Detta ledde till 5,2 ton/ha lägre avkastning. Varje dag då uttorkningen överskred 25 procent medförde således att skörden reducerades med 0,16 ton/ha.

Vid behandlingen -CC blev avkastningen i genomsnitt 15,5 ton/ha lägre än i -AA. Orsaken var 8 + 17 dagar då uttorkningen var 25-50 procent och 8 + 14 dagar så uttorkningen var 50-75 procent. Enligt beräkningarna ovan kan man anta att skörden reducerades med 0,16 ton/ha varje dag då uttorkningen var 25-50 procent det vill säga totalt med  $25 \times 0,16 = 4,0$  ton/ha. Resten av skördenedsättningen, 11,5 ton/ha, orsakades av att markfuktigheten under 22 dagar var 50-75 procent. Varje dag med markfuktigheten på denna nivå ledde till att avkastningen i genomsnitt blev 0,52 ton/ha lägre.

Om man gör samma typ av beräkningar utgående från regressionskvationerna i figur 21 kan markfuktighetens betydelse för den dagliga tillväxten under de olika utvecklingsstadierna belysas. Som framgår av tabell 14 har varje dags torra under knölbildningen sänkt skörden betydligt kraftigare än motsvarande uttorkning under knöltillväxten.

Tabell 14. Genomsnittlig avkastningsreduktion, ton/ha, varje dag då uttorkningen överskridit 25 %.

Average yield reduction per day when soil moisture depletion exceeded 25 %.

|  | Uttorkning, % av växttillgängligt vatten<br>Depletion of plant available water, % |           |
|--|---|-----------|
|  | 25-50 %   | 50 - 75 % |
| Knölbildningsperioden<br>Tuber formation | 0,27  | 0,69      |
| Knöltillväxtperioden<br>Tuber growth     | 0,15  | 0,41      |

Detta kan tolkas som att potatisen är speciellt torkkänslig under knölbildningsperioden. Denna tolkning är emellertid inte invändningsfri eftersom markfuktigheten inte är den enda faktor som bestämmer vilken stress grödan utsätts för. Under knölbildningsperioden var den potentiella evaporationen i genomsnitt 3,2 mm/dag medan den under knöltillväxtperioden var 2,2 mm/dag. Grödan var således utsatt för en kraftigare atmosfärisk stress under knölbildningen.

Sambandet mellan knölskördens storlek och den relativa evapotranspirationen ( $ET_a/E_p$ ) under knölbildningen och knöltillväxten redovisas i figur 22. Sambandet beskrivs av följande ekvation:

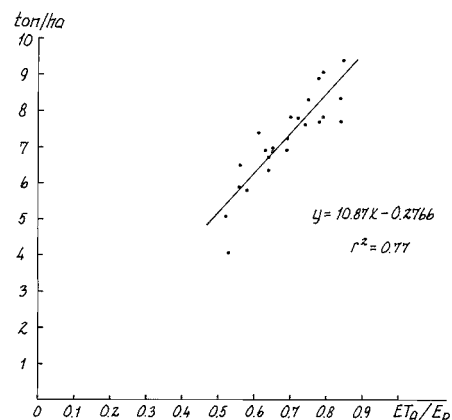
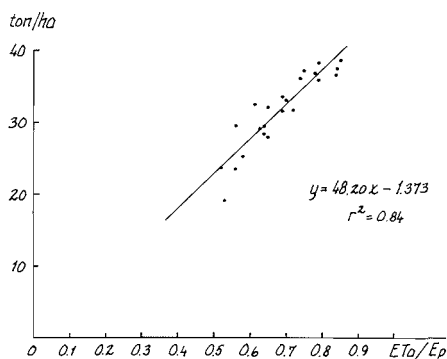
$$y = 48,20x - 1,373 \quad r^2 = 0,84$$

där  $y$  = knölskörden i ton/ha

och  $x = ET_a/E_p$

Motsvarande ekvation för torrsubstansproduktionen (figur 23) blir

$$y = 10,87x - 0,2766 \quad r^2 = 0,77$$



Figur 22. Samband mellan knölskörd och relativ evapotranspiration ( $ET_a/E_p$ ) under knölbildning och knöltillväxt åren 1971-73.

Relationship between tuber yield and relative evapotranspiration during tuber formation and tuber growth, 1971-73.

Figur 23. Samband mellan torrsubstansskörd och relativ evapotranspiration ( $ET_a/E_p$ ) under knölbildning och knöltillväxt åren 1971-73.

Relationship between dry matter yield and relative evapotranspiration during tuber formation and tuber growth, 1971-73.

### Total torrsubstansproduktion

Den totala torrsubstansproduktionen i form av blast, knölar och övriga underjordiska delar fastställdes. Blastskörden och skörden av övriga underjordiska delar (underjordiska stjälkar, stoloner, rötter) uppmättes några veckor före slutskörden av knölar medan blasten ännu var i stort sett grön.

Den totala torrsubstansproduktionen i de olika försöksleden redovisas i tabell 15. Andelen knölar av den totala torrsubstansproduktionen utgjorde som tabell 11 visar 75-82 procent. Andelen blast var 15-20 procent och andelen av övriga underjordiska delar 2-5 procent. Den största andelen rötter fanns i det torraste ledet CCC.

Tabell 15. Total torrsubstansproduktion i de olika försöksleden. Medeltal för åren 1971-73.

Total dry matter yield at different treatments. Average values 1971-73.

| Försöksled<br>Treatment | Torrsubstansproduktion, ton/ha<br>D.M. yield |              |   |              |
|-------------------------|--|--------------|---|--------------|
|                         | Knölar                                       | Blast        | Underjordiska delar<br>(exkl. knölar)   | Summa        |
|                         | Tubers                                       | Foliage      | Subsurface structures<br>(excl. tubers) | Total        |
| CAA                     | 8,65   | 1,61         | 0,28                                    | 10,54        |
| BAA                     | 8,51   | 1,78         | 0,28                                    | 10,57        |
| BAB                     | 8,33   | 1,76         | 0,25                                    | 10,34        |
| AAA                     | 8,24   | 1,91         | 0,25                                    | 10,40        |
| BBA                     | 8,14   | 1,86         | 0,28                                    | 10,27        |
| CBB                     | 7,55   | 1,61         | 0,29                                    | 9,44         |
| BBB                     | 7,02   | 1,71         | 0,25                                    | 8,98         |
| ABB                     | 7,42   | 1,55         | 0,23                                    | 9,21         |
| BAC                     | 7,31   | 1,59         | 0,28                                    | 9,17         |
| BCB                     | 6,74   | 1,65         | 0,25                                    | 8,63         |
| BBC                     | 6,40   | 1,33         | 0,23                                    | 7,97         |
| CCC                     | 4,99   | 1,31         | 0,34                                    | 6,64         |
|                         | LSD 5 % 0,72                                 | LSD 5 % 0,19 | LSD 5 % 0,06                            | LSD 5 % 0,67 |

### Knölarnas torrsubstanshalt

Torrsubstanshalten bestämdes vid flera tillfällen under tillväxten och vid slutskörden. Ts-halten vid skörden redovisas i tabell 13. Några entydiga samband mellan grödans vattenförsörjning och ts-halten i knölskörden har inte framkommit. Inte heller ger en analys av ts-haltens förändring under knöltillväxten underlag för några säkra slutsatser om vattentillgångens betydelse. Förändringar i ts-halten under växtperioden är resultat av den känsliga balansen mellan ts-produktion och vattenupptagning. Ts-produktionen kan vara snabb men om vattenupptagningen sker ännu snabbare blir resultatet ändå att ts-halten sjunker. Om ts-produktionen är långsam men vattenupptagningen ännu långsammare leder det till högre ts-halt. Ts-halten i knölskörden har som framgår av tabell 13 varierat mellan 22,4 och 23,3 procent i de olika behandlingarna.

### Knölstorlek

Genom sortering av knölskörden i storleksklasserna 20-35, 35-55 och större än 55 millimeter bestämdes knölstorleksfördelningen. Resultaten redovisas i tabell 16. Förbättrad vattentillgång under knöltillväxten ledde till en förskjutning av knölstorleken så att andelen små knölar

Tabell 16. Knölstorleksfördelning vid olika markfuktighet. Medeltal för åren 1971-73.

Effect of soil moisture regime on tuber size distribution.

| Behandling<br>Treatment | Knölstorleksfördelning, %<br>Frequency of tubers in size class, % |          |          |
|-------------------------|---|----------|----------|
|                         | 20-35 mm  | 35-55 mm | 55-75 mm |
| CAA                     | 14  | 74       | 12       |
| BAA                     | 14  | 71       | 15       |
| BAB                     | 16  | 73       | 11       |
| AAA                     | 16  | 69       | 15       |
| BBA                     | 11  | 71       | 18       |
| CBB                     | 16  | 75       | 9        |
| BBB                     | 14  | 73       | 13       |
| ABB                     | 18  | 70       | 12       |
| BAC                     | 21  | 71       | 8        |
| BCB                     | 17  | 75       | 8        |
| BBC                     | 19  | 75       | 6        |
| CCC                     | 20  | 75       | 5        |

minskade och andelen stora knölar ökade. En jämförelse av knölstorleksfördelningen i leden BAA, BAB och BAC eller i BBA, BBB och BBC visar tydligt detta förhållande.

### Växtsprickor

Andelen knölar med växtsprickor redovisas i tabell 17. Vid hög markfuktighet under knölbildningen och knöltillväxten (-AA) blev andelen knölar med växtsprickor 3,1 procent. Vid medelhög markfuktighet under nämnda tidsperiod (-BB) blev andelen knölar med sprickor 5,2 procent. Vid den torraste behandlingen (CCC) där växlingarna i markfuktighet var större fanns det växtsprickor i 6,9 procent av knölarerna.

Tabell 17. Andelen knölar med växtsprickor och andelen missformade knölar. Medeltal för åren 1971-73.

Proportion of tuber with growth cracks or deformations. Average values for 1971-73.

| Försöksled<br>Treatment | Växtsprickor,<br>%<br>Tubers with cracks | Missformade knölar,<br>%<br>Deformed tubers |
|-------------------------|--|---|
| CAA                     | 3,4                                      | 4,9   |
| BAA                     | 3,3                                      | 4,2   |
| BAB                     | 9,3                                      | 6,4   |
| AAA                     | 2,7                                      | 3,8   |
| BBA                     | 4,7                                      | 7,3   |
| CBB                     | 6,0                                      | 4,1   |
| BBB                     | 5,2                                      | 5,0   |
| ABB                     | 4,4                                      | 6,1   |
| BAC                     | 22,4                                     | 6,9   |
| BCB                     | 6,5                                      | 7,5   |
| BBC                     | 10,5                                     | 6,4   |
| CCC                     | 6,9                                      | 5,6   |

Största andelen knölar med sprickor fanns vid behandlingarna BAC (22,4 %), BBC (10,5 %) och BAB (9,3 %). Gemensamt för dessa är att vattentillgången försämrades efter knölbildningen. Tillväxthastigheten

reducerades då för att sedan tillfälligt öka efter bevattnings-tillfällena. Tillväxtpotentialen i exempelvis BAC var hög vid början av knöltillväxten vilket ledde till stora växlingar i tillväxthastighet och därmed utveckling av växtsprickor.

Där vattentillgången var dålig under hela tillväxtperioden (CCC) var tillväxtpotentialen inte lika hög och växlingarna i tillväxthastighet blev därför inte lika stora.

#### **Missformade knölar**

Andelen knölar med omväxningar och missformningar redovisas i tabell 17. Där vattentillgången var hög och jämn från knölbildningens början blev andelen missformade knölar låg (AAA, BAA, CAA). Andelen blev högre där vattentillgången växlade under knölbildningen och knöltillväxten.

En iakttagelse som gjordes var att knölformen i leden BAB och BBA skilde sig markant. I BAB var de flesta knölna runda medan formen i BBA var avlång.

#### **Angrepp av vanlig skorv (*Streptomyces scabies*)**

Skorvangreppen graderades genom att antalet skorvfläckar på representativa prover av knölskörden räknades. Ett av försöksåren var angreppen obetydliga medan angreppen de två övriga åren var kraftigare. De genomsnittliga skorvangreppen redovisas i tabell 18.

Angreppen var i hög grad beroende av markfuktigheten under knölbildningsperioden. Angreppen i de torraste leden var i medeltal cirka fyra gånger starkare än i de led som bevattnades vid 25 procents uttorkning under knölbildningen. En jämförelse mellan BAB, BBB och BCB visar att markfuktigheten under knölbildningen varit utslagsgivande för angreppens styrka. Om angreppen i BAB sätts till 100 så var angreppen i BBB och BCB 335 respektive 584.

Tabell 18. Angrepp av vanlig skorv vid olika markfuktighet. Medeltal för åren 1971-73.

Effect of soil moisture regime on incidence of common scab. Average values, 1971-73.

| Försöksled<br>Treatment | Antal skorvfläckar per knöl<br>No. of scabs per tuber |
|-------------------------|---|
| CAA                     | 6,8   |
| BAA                     | 6,2   |
| BAB                     | 3,7   |
| AAA                     | 3,8   |
| BBA                     | 5,2   |
| CBB                     | 5,5   |
| BBB                     | 12,4  |
| ABB                     | 7,2   |
| BAC                     | 2,5   |
| BCB                     | 21,6  |
| BBC                     | 7,6   |
| CCC                     | 16,9  |

#### Kokkvalitet

Benägenheten för sönderkokning, blötkokning, mörkfärgning samt potatismaken analyserades vid Statens Centrala Frökontrollanstalt, Lund. Kokanalyserna utfördes på såväl skalade som oskalade knölar (tabell 19).

Bland de oskalade knölarne var sönderkokningen obetydlig i samtliga analyser. Blötkokning konstaterades hos 22-28 procent av knölarne. Några signifikanta skillnader mellan olika försöksled kunde inte påvisas. Inte heller skilde sig behandlingarna åt i fråga om potatismak, jordsmak eller besk smak. Beträffande mörkfärgning var det stora skillnader mellan leden. Andelen knölar med detta problem var minst i det torraste ledet (CCC) och i det fuktigaste ledet (AAA). Skillnaderna mellan leden förefaller helt slumpmässiga vilket tyder på att vattenfaktorn inte påverkar benägenheten för mörkfärgning efter kokning.



Tabell 19. Andelen oskalade respektive skalade knölar med kokfel. Medeltal för åren 1971-73.

Proportion of jacket and peeled potatoes with cooking defects. Average values, 1971-73.

| Försöksled<br>Treatment | Sönderkokning<br>% |                   | Blötkokning<br>%   |                   | Mörkfärgning<br>%          |                   |
|-------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
|                         | Disintegration     |                   | Sogginess          |                   | After cooking<br>darkening |                   |
|                         | oskalade<br>jacket | skalade<br>peeled | oskalade<br>jacket | skalade<br>peeled | oskalade<br>jacket         | skalade<br>peeled |
| CAA                     | 2                  | 17                | 23                 | 20                | 13                         | 1                 |
| BAA                     | 3                  | 8                 | 27                 | 24                | 18                         | 1                 |
| BAB                     | 2                  | 9                 | 27                 | 20                | 8                          | -                 |
| AAA                     | 3                  | 14                | 23                 | 21                | 5                          | -                 |
| BBA                     | 2                  | 10                | 25                 | 18                | 14                         | 1                 |
| CBB                     | 3                  | 12                | 23                 | 19                | 17                         | 3                 |
| BBB                     | 2                  | 17                | 28                 | 21                | 13                         | 2                 |
| ABB                     | -                  | 12                | 24                 | 22                | 9                          | 2                 |
| BAC                     | 2                  | 9                 | 24                 | 13                | 12                         | 3                 |
| BCB                     | 3                  | 11                | 22                 | 24                | 12                         | -                 |
| BBC                     | -                  | 15                | 25                 | 11                | 20                         | 2                 |
| CCC                     | 1                  | 12                | 24                 | 20                | 3                          | -                 |

Hos skalade knölar kunde inga signifikanta skillnader påvisas mellan bevattningsleden beträffande sönderkokning, mörkfärgning eller smak. Blötkokningen var signifikant lägre i BAC och BBC än i övriga led.

Skillnaderna i kokkvalitet var mindre än väntat med hänsyn till tidigare erfarenheter om vattenfaktorns betydelse. En förklaring till de relativt små skillnaderna kan vara att extrem uttorkning har undvikits i denna undersökning. Även i de torraste behandlingarna har det alltid funnits växttillgängligt vatten kvar före bevattningarna. Vid uttorkning till vissningsgränsen, som inte är ovanlig i obevattnade potatisodlingar, utsätts potatisen för betydligt större stress. Det resulterar i metaboliska och fysiologiska förändringar i knölar som påverkar kokkvaliteten.

### Kemisk analys av knölskörden

Knölskörden analyserades beträffande innehåll av kväve, fosfor och kalium. Resultat av analyserna redovisas i tabell 20.

Tabell 20. Knölskördens innehåll av kväve, fosfor och kalium. Medeltal för åren 1971-73.

Percentages of N, P and K in tubers. Average values, 1971-73.

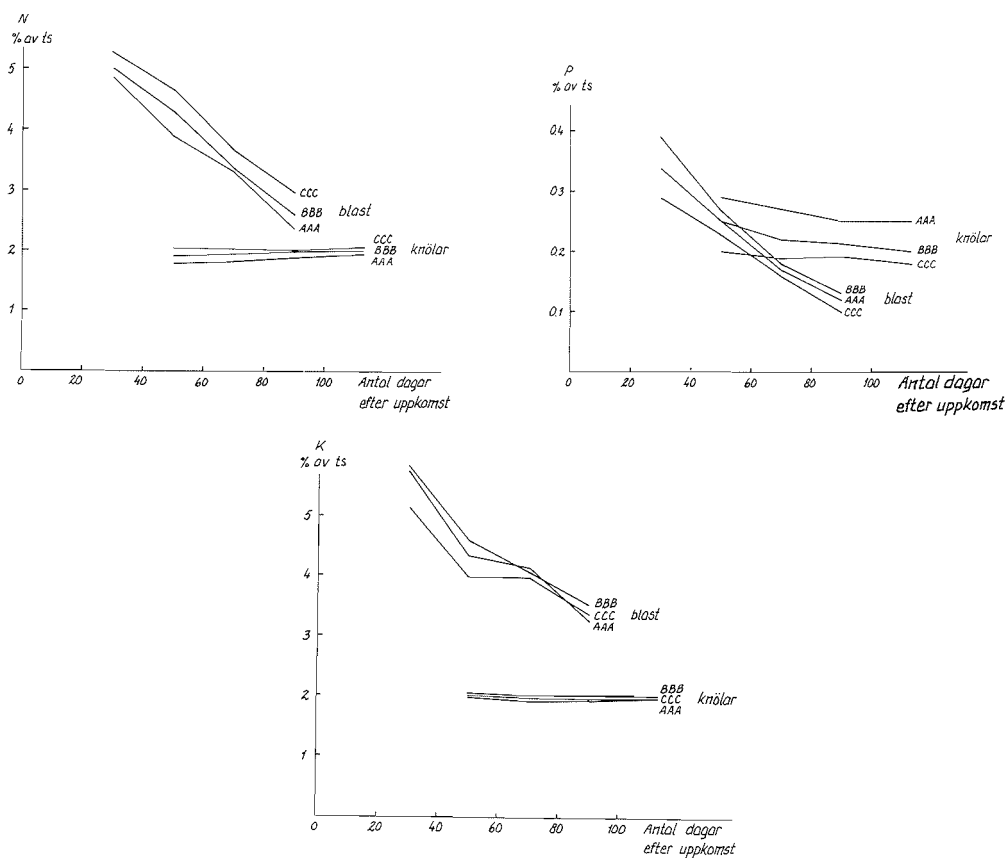
| Försöksled | Procent av torrsubstansen (% D.M.) |            |            |
|------------|------------------------------------|------------|------------|
|            | Kväve (N)                          | Fosfor (P) | Kalium (K) |
| CAA        | 1,98                               | 0,24       | 2,07       |
| BAA        | 1,99                               | 0,25       | 2,08       |
| BAB        | 1,97                               | 0,21       | 1,94       |
| AAA        | 1,95                               | 0,25       | 1,97       |
| BBA        | 1,85                               | 0,22       | 2,00       |
| CBB        | 2,10                               | 0,26       | 1,99       |
| BBB        | 2,02                               | 0,20       | 1,99       |
| ABB        | 1,97                               | 0,18       | 1,91       |
| BAC        | 2,05                               | 0,21       | 2,03       |
| BCB        | 2,01                               | 0,19       | 1,98       |
| BBC        | 2,03                               | 0,20       | 2,01       |
| CCC        | 2,05                               | 0,18       | 1,96       |

En jämförelse mellan de tre leden AAA, BBB och CCC visar på de tendenser som finns i materialet. Kvävehalten tenderar att bli lägre vid förbättrad vattenförsörjning. Fosforhalten blir högre där vattenförsörjningen varit god medan resultaten är växlande beträffande kalium.

### Grödans upptagning av kväve, fosfor och kalium

Blast och knölar analyserades vid provtagningarna under växtperioden beträffande N-, P- och K-innehållet. Halterna av dessa ämnen i försöksleden AAA, BBB och CCC redovisas i figur 24.

Kvävehalten i blasten avtog snabbt under tillväxten medan halten i knölnarna låg på en praktiskt taget oförändrad nivå. Halten var lägst i AAA medan det torraste ledet CCC hade den högsta halten.



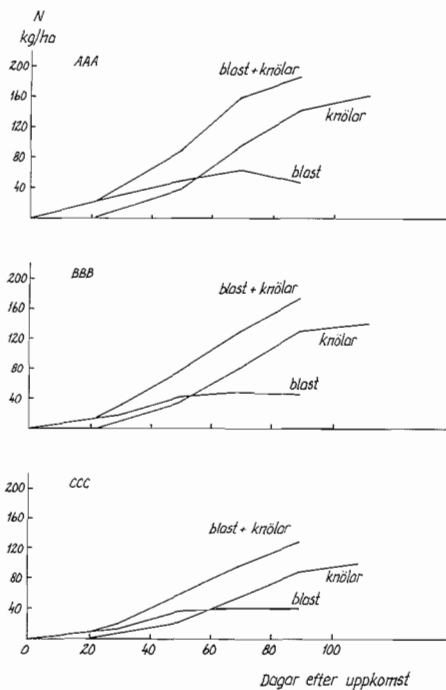
Figur 24. Halterna av kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) i blast och knölar. Medeltal för åren 1971-73.

Content of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) in foliage and tubers. Average of 1971-73.

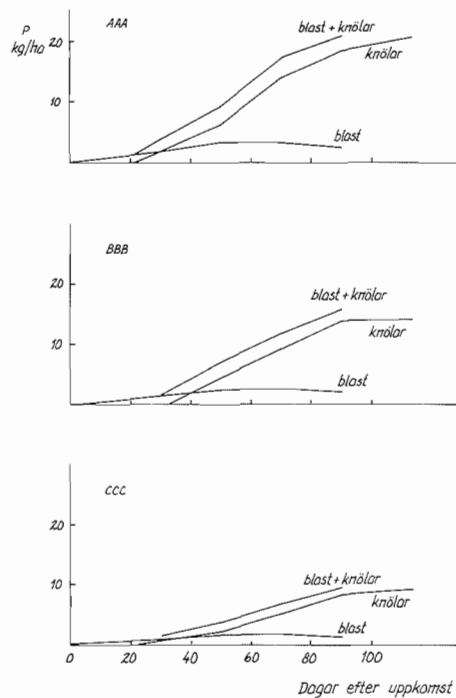
Fosforhalten i blasten sjönk till låga värden. Halterna i blasten var under senare delen av växtperioden betydligt lägre än i knölarerna. Även i knölarerna tenderade halterna att sjunka med tiden.

Kaliumhalten i knölarerna var i stort sett konstant och skillnaderna mellan de olika fuktighetsleden små. I blasten avtog kaliumhalten inte lika kontinuerligt som kvävehalten.

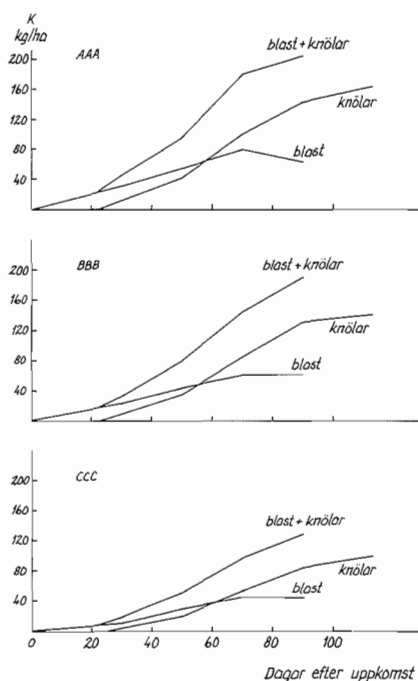
Grödans upptagning av N, P och K i kg/ha redovisas för försöksleden AAA, BBB och CCC i figurerna 25-27.



Figur 25. Grödans upptagning av kväve. Medeltal för åren 1971-73.  
Crop uptake of nitrogen. Average of 1971-73.



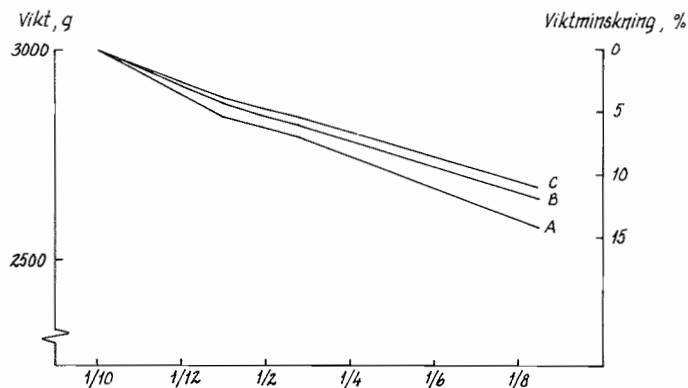
Figur 26. Grödans upptagning av fosfor. Medeltal för åren 1971-73.  
Crop uptake of phosphorus. Average of 1971-73.



Figur 27. Grödans upptagning av kalium. Medeltal för åren 1971-73.  
Crop uptake of potassium. Average of 1971-73.

### Viktminskning under lagring

Nätpåsar med 3000 gram potatis från de olika försöksleden förvarades under cirka 10 månader i potatislagret vid provcentralen. Temperaturen var omkring 5°C och den relativa fuktigheten cirka 95 %. Proven vägdes så att viktminskningen kunde fastställas. Resultatet från undersökningen redovisas i figur 28. Markfuktigheten under knöltillväxten påverkade viktminskningen. Största viktminskningen uppmättes i de led som hade haft högst markfuktighet under knöltillväxtperioden. I vilken utsträckning detta berodde på skillnader i vattenförlust eller på olikheter i andningsförluster analyserades inte. Torrsubstanshalten vid skörden var i genomsnitt något högre där markfuktigheten var lägst under knöltillväxten. Ts-halten var 22,9 i de torraste leden, 22,6 i leden med medelhög markfuktighet och 22,5 i de fuktigaste leden.



Figur 28. Viktminskning hos knölprover under lagring. Medeltal av försöksled med hög (A), medelhög (B) och låg (C) markfuktighet under knöltillväxten.

Weight loss of tubers during storage. Average of treatments with (A) high, (B) moderate and (C) low soil moisture content during tuber growth.

### 3.2 Modellförsök med sorterna Early Puritan och Ulster Chieftain

Våren 1972 kompletterades den tidigare beskrivna försöksanläggningen i växthallen med ytterligare en odlingsbädd. Grusskiktet placerades då direkt på ett betonggolv och inte på lera som tidigare. Eftersom

matjorden i båda fallen var isolerad från underlaget genom grusskiktet var det ingen principiell skillnad i de båda odlingsbäddarnas funktion. Markfysikaliskt och markkemiskt var de praktiskt taget identiska. De data som tidigare redovisats beträffande profilens egenskaper (fig. 5 och 6, tabell 1-3) gäller således även för denna odlingsbädd.

En undersökning med tidiga potatissorter genomfördes åren 1972, 1973 och 1975 på den nya odlingsbädden. Syftet med undersökningen var främst att studera hur markfuktigheten påverkar möjligheterna att få en tidig skörd.

### **3.2.1 Undersökningens genomförande**

#### **Försöksplan**

Utvecklingen hos de tidiga potatissorterna indelades i två perioder:

- a. Tiden från uppkomsten till knölbildningens början
- b. Tiden efter knölbildningens början.

Markfuktigheten i respektive period hölls liksom tidigare genom bevattning på tre olika nivåer.

- A Hög markfuktighet
- B Medelhög markfuktighet
- C Låg markfuktighet

Bevattning till fältkapacitet skedde liksom tidigare vid 25, 50 respektive 75 procents uttorkning av det växttillgängliga markvattenmagasinet.

Av de nio möjliga kombinationerna mellan utvecklingsstadium och markfuktighetsnivå utvaldes av utrymmesskäl sju försöksled. Dessa var AA, AB, BA, BB, CA, CB och CC. Första bokstaven anger markfuktighetsnivån före knölbildningens början och den andra bokstaven markfuktigheten efter knölbildningens början.

Mätning av markfuktighet och potentiell evaporation, bevattning, gödsling, sättnings, provtagningar etc. utfördes på samma sätt som tidigare beskrivits. Uppgifter om sättningsstid, uppkomst m.m. redovisas i tabell 21.

Tabell 21. Tidpunkt för sättnig, uppkomst, skörd m.m. för undersökningen i färskpotatis.

Growth data for experiments with early potatoes.

|  | 1972 | 1973 | 1975 |
|--|------|------|------|
| Sättnig<br>Planting                        | 26/5 | 28/5 | 29/5 |
| 50 % uppkomst<br>50 % emergence            | 7/6  | 10/6 | 12/6 |
| 90 % uppkomst<br>90 % emergence            | 12/6 | 14/6 | 16/6 |
| Knölbildningens början<br>Tuber initiation | 25/6 | 26/6 | 28/6 |
| Slutskörd<br>Harvesting                    | 14/9 | 14/9 | 12/9 |

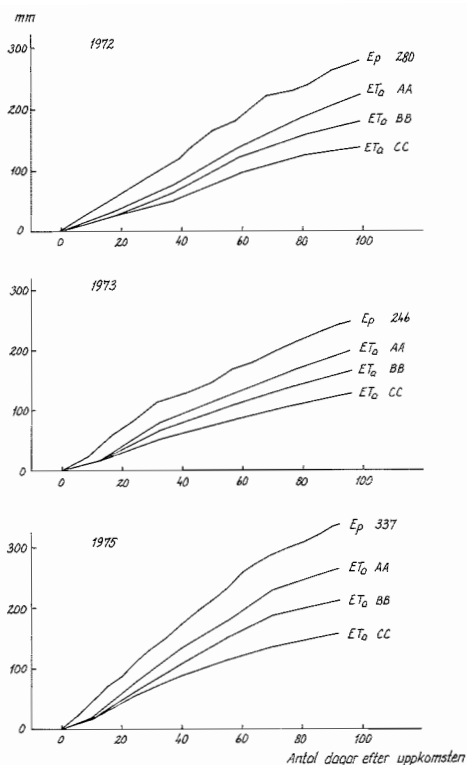
### 3.2.2 Resultat

Då skillnaderna mellan sorterna i fråga om knöltillväxt, blastutveckling etc. var små i förhållande till skillnaderna mellan fuktighetsnivåerna redovisas alla resultat som medeltal för de två sorterna.

#### Evapotranspiration

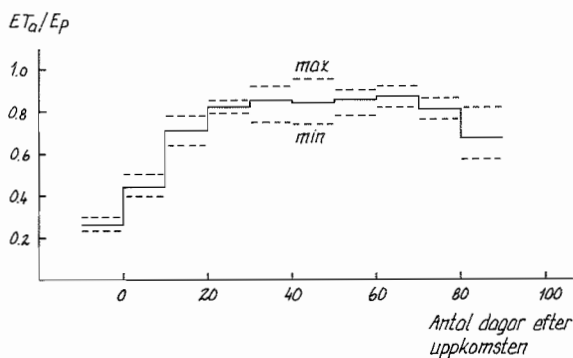
På samma sätt som beskrivits tidigare beräknades evapotranspirationen i de olika försöksleden. I figur 29 redovisas den potentiella evaporationen ( $E_p$ ) och den aktuella evapotranspirationen ( $ET_a$ ) för tre av försöksleden. I genomsnitt för de tre försöksåren blev kvoten  $ET_a/E_p = 0,80$  för det försöksled som hade högst markfuktighet (AA). I det torraste försöksledet blev kvoten 0,49. I tabell 22 anges kvoterna för alla försöksleden. Värdena stämmer väl överens med de kvoter som erhöles för sorten Bintje.

För ledet AA där evapotranspirationen kan betraktas som maximal har kvoten  $ET_a/E_p$  beräknats för 10-dagarsperioder. Som framgår av figur 30 har kvoten snabbt ökat efter grödans uppkomst. Drygt 20 dagar efter uppkomsten nådde den sitt maximum. I samband med att blasten började vissna ned omkring 70 dagar efter uppkomsten avtog kvoten.



Figur 29. Summationskurvor för potentiell evaporation ( $E_p$ ) enligt Anderssons evaporimeter samt för aktuell evapotranspiration ( $ET_a$ ) enligt markvattenbalansberäkningar för försöksleden AA, BB och CC åren 1972, 1973 och 1975.

Summation curves for  $E_p$  (Andersson evaporimeter) and  $ET_a$  (from soil water budget) for treatments AA, BB and CC 1972, 1973 and 1975.



Figur 30. Kvot mellan aktuell evapotranspiration ( $ET_a$ ) i försöksledet AA och potentiell evaporation ( $E_p$ ) enligt Anderssons evaporimeter. Medeltal för 10-dagarsperioder för åren 1972, 1973 och 1975.

Ratio of  $ET_a$  to  $E_p$  in treatment AA. Average for 10-day periods 1972, 1973 and 1975.



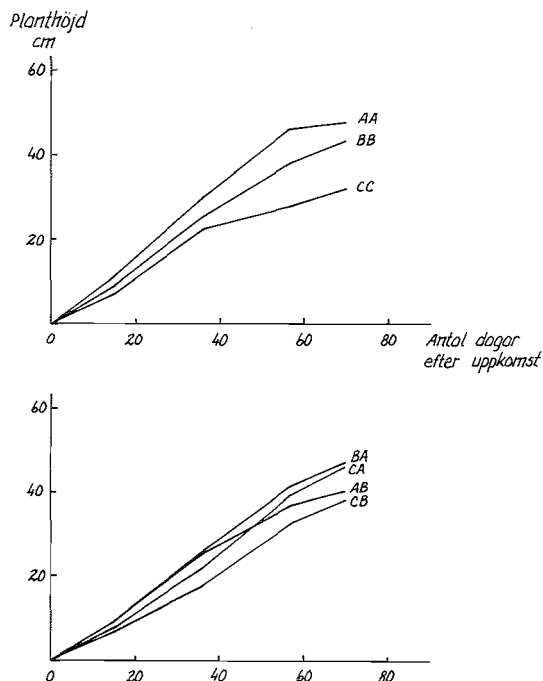
Tabell 22. Kvot mellan aktuell evapotranspiration ( $ET_a$ ) och potentiell evaporation ( $E_p$ ) enligt Anderssons evaporimeter samt mellan  $ET_a$  och maximal evapotranspiration ( $ET_{max}$ ) för perioden från potatisens uppkomst till avslutad tillväxt. Medeltal för tre försöksår.

Ratio of  $ET_a$  to  $E_p$  and  $ET_{max}$  between emergence and senescence. Average of three experimental years.

| Försöksled<br>Treatment | $ET_a/E_p$ | $ET_a/ET_{max}$ |
|-------------------------|------------|-----------------|
| AA                      | 0,80       | 1,00            |
| BB                      | 0,65       | 0,81            |
| CC                      | 0,49       | 0,61            |
| AB                      | 0,68       | 0,85            |
| BA                      | 0,77       | 0,96            |
| CA                      | 0,72       | 0,90            |
| CB                      | 0,61       | 0,76            |

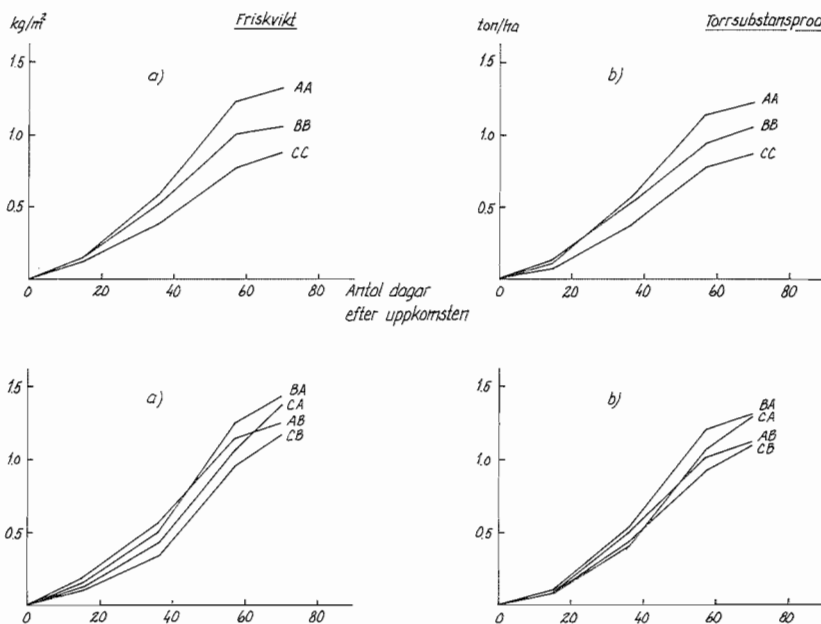
### Blasttillväxt

Planthöjd, blastfriskvikt och torrsubstansproduktion i de olika försöksleden redovisas i figurerna 31 och 32.



Figur 31. Markfuktighetens inverkan på planthöjden i färskpotatis. Medeltal för åren 1972, 1973 och 1975.

Influence of soil moisture on plant height of early potatoes. Average of 1972, 1973 and 1975.



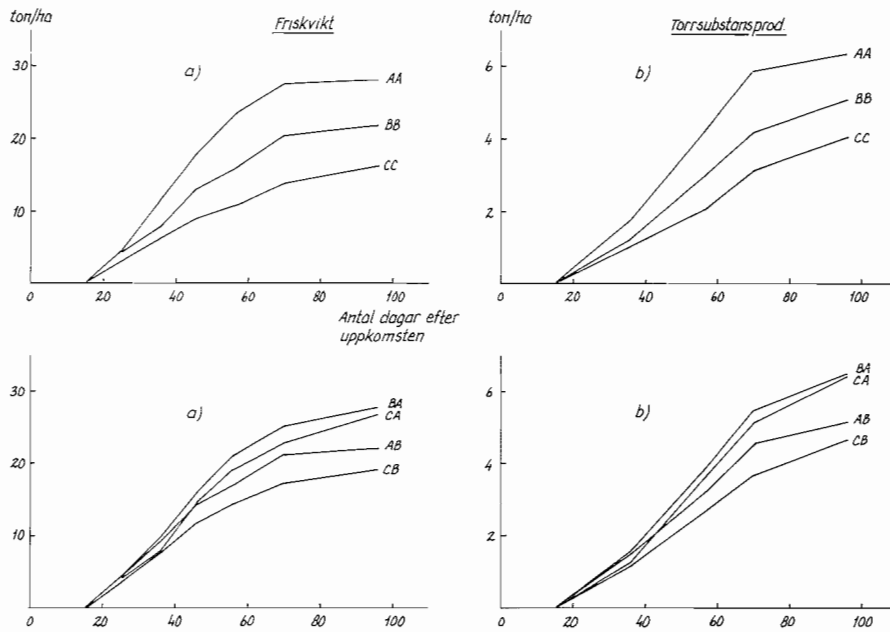
Figur 32. Markfuktighetens inflytande på blastfriskvikt (a) och torrsubstansproduktion av blast (b) i färskpotatis. Medeltal för åren 1972, 1973 och 1975.

Influence of soil moisture on (a) fresh weight and (b) dry matter production of foliage in early potatoes. Average for 1972, 1973 and 1975.

Blasten utvecklades snabbast i försöksledet AA. Nedvisningen av blasten började också tidigast i detta led. Friskvikt och torrsubstansproduktion blev därför större i leden BA och CA där blasten förblev grön något längre.

#### Knöltillväxt och knölskörd

Knöltillväxten och torrsubstansproduktionen redovisas i figur 33. Den snabbaste knölutvecklingen skedde i försöksledet AA. Försöksleden BA och CA som var torrare före knölbildningen utvecklades något senare men gav slutligen lika hög avkastning som AA.



Figur 33. Markfuktighetens inflytande på knöltillväxten i färskpotatis. Medeltal för åren 1972, 1973 och 1975 för friskvikt (a) och torrsubstansproduktion (b).

Influence of soil moisture on tuber development in early potatoes. Average of (a) fresh weight and (b) dry matter for 1972, 1973 and 1975.

Knölskörd och torrsubstanshalt vid olika tidpunkter framgår av tabell 23. Det är som figur 33 och tabell 23 visar av stor betydelse för möjligheterna att få en tidig skörd att markfuktigheten är hög redan från uppkomsten.

Tabell 23. Knölskörd och torrsubstanshalt vid olika tidpunkter efter uppkomsten. Medeltal för Ulster Chieftain och Early Puritan åren 1972, 1973 och 1975.

Tuber yield and dry matter content at various stages after emergence. Average for Ulster Chieftain and Early Puritan 1972, 1973 and 1975.

| Försöksled | Knölskörd, ton/ha<br>Tuber yield                   |      |      | Torrsubstanshalt, %<br>Dry matter content          |      |      |
|------------|--|------|------|--|------|------|
|            | Antal dagar efter uppkomst<br>Days after emergence |      |      | Antal dagar efter uppkomst<br>Days after emergence |      |      |
| Treatment  | 36   | 57   | 88   | 36   | 57   | 88   |
| AA         | 11,5   | 23,5 | 27,9 | 15,3   | 18,2 | 22,8 |
| BB         | 8,0  | 16,1 | 21,7 | 15,6   | 18,8 | 23,6 |
| CC         | 6,3  | 10,8 | 16,3 | 16,1   | 19,4 | 24,7 |
| AB         | 9,5  | 17,0 | 21,9 | 15,5   | 18,9 | 23,2 |
| BA         | 9,8  | 20,8 | 27,7 | 15,8   | 18,6 | 23,3 |
| CA         | 7,8  | 19,0 | 26,8 | 15,8   | 19,2 | 24,0 |
| CB         | 7,4  | 14,3 | 19,1 | 16,0   | 18,7 | 24,1 |
| LSD 5 %    | 0,8  | 1,2  | 1,0  |  |      |      |

### 3.3 Fältförsök med olika starttidpunkter och uttorkningsgrader

Som en fortsättning på modellförsöken, vilka genomfördes under kontrollerade betingelser, startades 1975 fältförsök på olika platser i de södra delarna av landet. Totalt genomfördes under perioden tjugo försök där bevattningen styrdes enligt de principer som hade testats i modellförsöken.

#### 3.3.1 Undersökningens genomförande

I några av försöken kontrollerades markfuktighet, tillväxt m.m. noggrant. I övriga försök utfördes sådana mätningar mindre intensivt. Omfattande studier genomfördes i synnerhet i de försök som sköttes från försöksstationen Ugerup i Kristianstad län där särskild personal anställdes för dessa uppgifter.

#### Försöksplan

I försöken ingick fem led med olika starttidpunkt för bevattning och med skilda uttorkningsgrader mellan bevattningarna.

- B<sub>0</sub> Utan bevattning
- B<sub>1</sub> Första bevattningen tidigast 7-10 dagar efter uppkomsten, därefter vid ca 20 mm uttorkning
- B<sub>2</sub> Första bevattningen tidigast 7-10 dagar efter uppkomsten, därefter vid 30-35 mm uttorkning
- B<sub>3</sub> Första bevattningen tidigast vid knölbildningens början, därefter vid ca 20 mm uttorkning
- B<sub>4</sub> Första bevattningen tidigast vid knölbildningens början, därefter vid 30-35 mm uttorkning.

Knölbildningens början definierades som tidpunkten då stolonspetsarna började svälla. Avsikten med de valda uttorkningsgraderna var att bevattning skulle ske när omkring 50 respektive 75 procent av det växttillgängliga vattnet i rotzonen hade uttömts. Försöken placerades på jordar med 40-50 mm växttillgängligt vatten i rotzonen.

Vid den första bevattningstidpunkten anpassades vattengivan till det då aktuella markvattenunderskottet så att fältkapacitet erhöles. Om markvattenunderskottet var mindre än omkring 15 mm vid den tidpunkt då första bevattningen enligt försöksplanen skulle ske sköts bevattningen upp. Vid de följande bevattningarna bevattnades till fältkapacitet när markvattenunderskottet var omkring 20 respektive 30-35 mm.

Bevattningen utfördes i 1975 års försök med linjespridare (Perrot Hydor Landregen). På grund av denna utrustnings stora vindkänslighet blev spridningsjämnheten acceptabel endast om det var praktiskt taget vindstilla. De följande åren skedde bevattningen istället med tolv stycken cirkelspridare med låg utströmningsvinkel (Perrot ZA 6). Bevattningsgivorna och vattenfördelningen i försöksrutorna uppmättes med 6-8 regnmätare.

#### **Bestämning av bevattningsbehovet**

En enkel modell för beräkning av markvattenunderskottet med hjälp av avdunstnings- och nederbördsdata användes för bestämning av lämpliga bevattningstidpunkter. Den potentiella evaporationen uppmättes med Anderssons evaporimeter placerad 1,5 meter över markytan. Nederbörden registrerades också på försöksplatserna.

Vid första bevattningen bestämdes bevattningstidpunkten och vattengivans storlek med hjälp av tensiometermätningar och i vissa försök även genom gravimetriska markfuktighetsbestämningar. För mätningarna användes snabbtensimetrar (Modell 2900 från Soilmoisture Equipment, USA). Tensiometermätningarna skedde på 15 och 30 cm djup från potatiskammens övre del.

Markvattenunderskottets storlek beräknades från och med första bevattningen med hjälp av ovan nämnda modell.

Ett mått på den aktuella evapotranspirationen ( $ET_a$ ) erhöles genom att de uppmätta potentiella avdunstningsvärdena ( $E_p$ ) multiplicerades med en empirisk faktor ( $k$ ).

$$ET_a = k \cdot E_p$$

Faktorn  $k$  antogs vara = 0,8 i de försöksled som bevattnades vid omkring 20 mm deficit. Där underskottet tilläts stiga till 30-35 mm användes faktorn 0,7.

Den uppmätta nederbörden antogs komma rotzonen tillgodo utom när fältkapaciteten överskreds. Då antogs att avrinning av överskottet skedde så att fältkapacitet erhöles ett dygn efter regnets slut. Som fältkapacitetsvärde användes vattenhalten vid dräneringsjämvikt med grundvattennivån 1,5 meter under markytan.

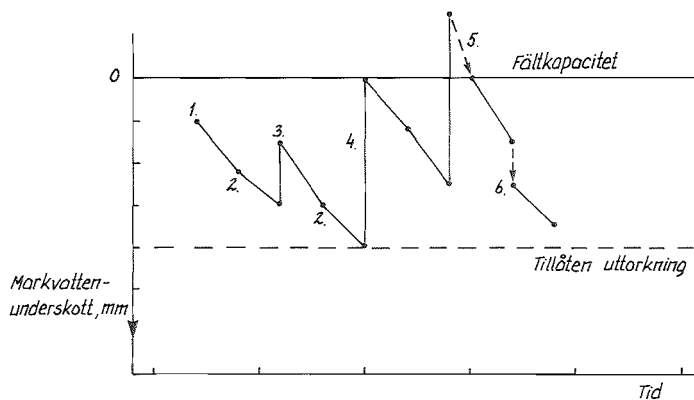
Den beräknade markfuktigheten fördes fortlöpande in i diagram (figur 34) varigenom en god överblick av markvattenförrådets förändringar erhöles.

För kontroll av de beräknade värdena bestämdes markfuktigheten gravimetriskt eller med hjälp av tensimetrar vid ett tiotal tillfällen under växtperioden. Vid behov anpassades bevattningstidpunkterna till de erhållna mätvärdena. I allmänhet var överensstämmelsen mellan uppmätta och beräknade värden på markfuktigheten mycket god.

Tabell 24. Jordens mekaniska sammansättning och mängden växtillgängligt vatten på platserna för fältförsöken 1975-78.

Mechanical composition and amount of plant available water in sites of 1975-78 field trials.

| Försöksplats<br>Site | Län<br>County | År<br>Year | Jordens mekaniska sammansättning<br>Mechanical composition |              |               |             | Jordartsbe-teckning för matjorden<br>Topsoil type |          |              | Växtillgängligt vat-ten i nivån 0-30 cm, mm<br>Plant available water in 0-30 cm layer |
|----------------------|---------------|------------|--|--------------|---------------|-------------|---|----------|--------------|---|
|                      |               |            | mul-<br>humus  | sand<br>sand | mjåla<br>silt | ler<br>clay | mo<br>fine<br>sand                                | mo<br>mo | sand<br>sand |   |
| Öjebro               | Östergötland  | 1975       | matj.<br>alv   | 2,1<br>0,7   | 47<br>52      | 41<br>41    | 5<br>4  | 5<br>2   | moig sand    | 45  |
| Ugerup               | Kristianstad  | 1975       | matj.<br>alv   | 3,5<br>2,7   | 58<br>60      | 28<br>29    | 5<br>4  | 6<br>4   | moig sand    | 42  |
| Öjebro               | Östergötland  | 1976       | matj.<br>alv   | 1,7<br>1,2   | 37<br>39      | 50<br>52    | 5<br>4  | 6<br>5   | sandig mo    | 45  |
| Mosslanda            | Kristianstad  | 1976       | matj.<br>alv   | 4,4<br>2,5   | 72<br>74      | 14<br>15    | 3<br>4  | 5<br>4   | sand         | 43  |
| Binga                | Kalmar        | 1976       | matj.<br>alv   | 2,2<br>1,1   | 48<br>30      | 43<br>61    | 3<br>5  | 4<br>3   | moig sand    | 42  |
| Alebäck              | Skaraborg     | 1976       | matj.<br>alv   | 3,7<br>2,4   | 43<br>44      | 46<br>49    | 3<br>2  | 4<br>3   | sandig mo    | 54  |
| Binga                | Kalmar        | 1977       | matj.<br>alv   | 1,8<br>0,7   | 21<br>9       | 70<br>81    | 3<br>5  | 4<br>4   | mo           | 53  |
| Södergård            | Kristianstad  | 1977       | matj.<br>alv   | 3,0<br>1,6   | 77<br>82      | 13<br>11    | 3<br>2  | 4<br>3   | sand         | 42  |
| Björka               | Kristianstad  | 1978       | matj.<br>alv   | 1,7<br>1,3   | 40<br>40      | 47<br>47    | 5<br>5  | 6<br>8   | sandig mo    | 48  |
| Södergård            | Kristianstad  | 1978       | matj.<br>alv   | 5,2<br>3,1   | 61<br>65      | 22<br>25    | 5<br>5  | 7<br>5   | sand         | 50  |



Figur 34. Modell för beräkning av förändringar i markvattenförrådet och för bestämning av bevattningstidpunkter. (1) Uppmätt eller uppskattat utgångsvärde. (2) Förrådet minskar med aktuell evapotranspiration  $ET_a (= E_p \cdot k)$ . (3) Förrådet ökar vid nederbörd eller vid (4) bevattning. (5) Överskott avrinner, fältkapacitet efter 1-2 dygn. (6) Justering till uppmätt värde.

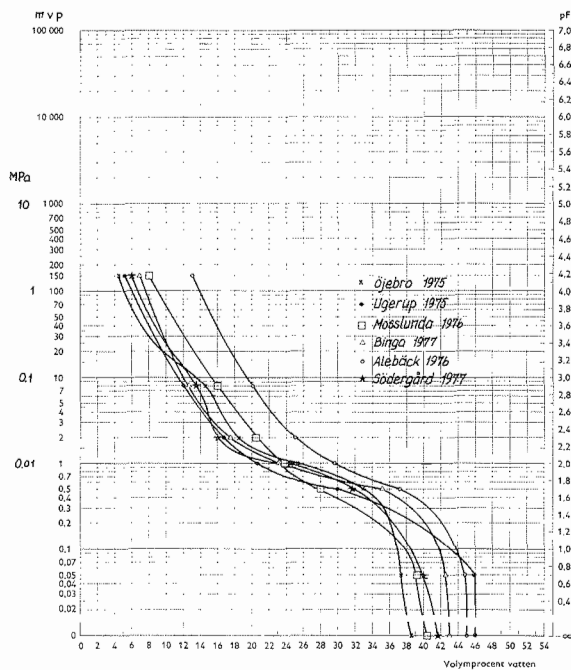
Model for calculating changes in soil water content and determining irrigation times: (1) Observed or estimated starting value. (2) Supply decreased by actual evapotranspiration  $ET_a (= E_p \cdot k)$ . (3) Supply increased by rainfall or (4) irrigation. (5) Runoff of excess, field capacity after 1-2 days. (6) Adjustment to an observed value.

### Markfysikaliska och markkemiska data från försöksplatserna

Fältförsöken genomfördes på jordar där sand- och grovmofraktionerna var dominerande. Jordarnas mekaniska sammansättning samt mängden växttillgängligt vatten som jordarna kunde kvarhålla i nivån 0-30 cm vid grundvattendjupet 1,5 meter redovisas i tabell 24. I flertalet försök begränsades rottdjupet av markfysikaliska eller markkemiska skäl till högst 30 cm. I några fall fanns enstaka rötter till 40-50 cm djup. Kapillär upptransport av vatten till rotzonen av nämnvärd betydelse för grödans vattenförsörjning kan inte förväntas på jordar av denna typ när grundvattendjupet är större än 1-1,5 meter (Bloemen, 1980).

Bindningskaraktistikor för några av försöksplatserna redovisas i figur 35. Som man med kännedom om den mekaniska sammansättningen hos jordarna kan förvänta sig har bindningskaraktistikorna i stort sett likartade förlopp.





Figur 35. Bindningskarakteristikor för matjorden på några av försöksplatserna.

Water retention of topsoil for some experimental sites.

Markkemiska analyser från försöksplatserna redovisas i tabell 25. Växtnäringsstillståndet var i allmänhet gott men pH-värdet var lågt på ett par av platserna.

### Väderlek och bevattning

Nederbörd och potentiell evaporation på försöksplatserna från grödans uppkomst till avslutad tillväxt anges i tabell 26. Den potentiella evaporationen under växtperioden varierade i olika försök mellan 304 och 418 mm. Nederbörden uppgick till 56-182 mm. Hur mycket bevattning som varit erforderlig i de olika försöksleden för att följa de i försöksplanen uppställda kriterierna framgår av tabell 27. Den första bevattningen i B<sub>1</sub> och B<sub>2</sub> sattes i flertalet försök in 8-20 dagar efter uppkomsten. I B<sub>3</sub> och B<sub>4</sub> påbörjades bevattningen i allmänhet 18-32 dagar efter uppkomsten. På en plats - Binga 1977 - var ingen bevattning aktuell förrän i augusti.

Tabell 25. Resultat av markkemiska analyser från försöksplatserna 1975-78.

Results of chemical analyses on experimental sites 1975-78.

| Försöksplats<br>Site |       | pH-H <sub>2</sub> O | pH-KCl | mg/100 g jord (mg/100 g soil) |      |       |       |       |
|----------------------|-------|---------------------|--------|-------------------------------|------|-------|-------|-------|
|                      |       |                     |        | P-AI                          | K-AI | Ca-AI | P-HCl | K-HCl |
| Öjebro               | matj. | 6,1                 | 5,5    | 15,8                          | 20,6 | 104   | 67    | 58    |
|                      | alv   | 6,6                 | 5,8    | 2,9                           | 8,1  | 65    | 34    | 39    |
| Ugerup               | matj. | 7,5                 | 7,0    | 18,6                          | 15,1 | 446   | 65    | 77    |
|                      | alv   | 7,5                 | 7,0    | 10,1                          | 7,6  | 403   | 53    | 56    |
| Öjebro               | matj. | 6,3                 | 5,6    | 8,8                           | 8,3  | 126   | 45    | 61    |
|                      | alv   | 6,3                 | 5,6    | 9,1                           | 7,4  | 106   | 47    | 65    |
| Mosslunda            | matj. | 6,7                 | 6,1    | 12,7                          | 7,0  | 209   | 53    | 55    |
|                      | alv   | 6,7                 | 6,1    | 11,0                          | 5,9  | 154   | 49    | 42    |
| Binga                | matj. | 6,0                 | 5,1    | 8,2                           | 10,5 | 69    | 39    | 36    |
|                      | alv   | 5,9                 | 5,5    | 6,8                           | 9,1  | 52    | 37    | 36    |
| Alebäck              | matj. | 5,6                 | 4,8    | 7,2                           | 11,3 | 56    | 36    | 38    |
|                      | alv   | 5,7                 | 4,8    | 5,8                           | 9,4  | 47    | 37    | 39    |
| Binga                | matj. | 5,2                 | 4,3    | 14,5                          | 11,7 | 19    | 52    | 38    |
|                      | alv   | 5,8                 | 4,7    | 4,6                           | 6,7  | 10    | 34    | 38    |
| Södergård            | matj. | 5,7                 | 5,0    | 11,1                          | 11,9 | 56    | 43    | 35    |
|                      | alv   | 5,9                 | 5,0    | 7,5                           | 8,3  | 45    | 35    | 33    |
| Björka               | matj. | 6,6                 | 6,0    | 26,0                          | 7,8  | 191   | 80    | 67    |
|                      | alv   | 6,7                 | 6,0    | 19,8                          | 6,0  | 207   | 79    | 60    |
| Södergård            | matj. | 7,4                 | 6,8    | 19,1                          | 6,4  | 738   | 76    | 46    |
|                      | alv   | 7,5                 | 6,9    | 11,7                          | 3,1  | 904   | 63    | 36    |

Tabell 26. Nederbörd och potentiell evaporation för perioden från grödans uppkomst till avslutad tillväxt i fältförsöken 1975-78.

Precipitation and potential evaporation between crop emergence and senescence in field trials. 1975-78.

| Försöksplats<br>Site | År<br>Year | Nederbörd, mm<br>Precipitation | Potentiell evaporation, mm<br>Potential evaporation |
|----------------------|------------|--------------------------------|---|
| Öjebro               | 1975       | 56                             | 391   |
| Ugerup               | 1975       | 79                             | 418   |
| Öjebro               | 1976       | 108                            | 361   |
| Mosslunda            | 1976       | 106                            | 384   |
| Binga                | 1976       | 120                            | 346   |
| Alebäck              | 1976       | 151                            | 330   |
| Binga                | 1977       | 177                            | 304   |
| Södergård            | 1977       | 182                            | 314   |
| Björka               | 1978       | 162                            | 351   |
| Södergård            | 1978       | 174                            | 356   |

Tabell 27. Antal bevattningar och tillförd mängd vatten i de olika försöksleden i fältförsöken 1975-78.

Number of irrigations and amount of water applied in field trials, 1975-78.

| Försöks-<br>plats<br>Site | År<br>Year | Potatissort<br>Variety | B <sub>1</sub>                    |     | B <sub>2</sub>                    |     | B <sub>3</sub>                    |     | B <sub>4</sub>                    |     |
|---------------------------|------------|------------------------|-----------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
|                           |            |                        | Antal<br>bev.<br>No. of<br>irrig. | mm  | Antal<br>bev.<br>No. of<br>irrig. | mm  | Antal<br>bev.<br>No. of<br>irrig. | mm  | Antal<br>bev.<br>No. of<br>irrig. | mm  |
| Öjebro                    | 1975       | King Edward            | 9                                 | 195 | 6                                 | 195 | 7                                 | 145 | 4                                 | 145 |
| Ugerup                    | 1975       | Dianella               | 11                                | 248 | 6                                 | 206 | 9                                 | 225 | 5                                 | 186 |
| Ugerup                    | 1975       | Saturna                | 10                                | 218 | 5                                 | 165 | 8                                 | 191 | 4                                 | 145 |
| Öjebro                    | 1976       | King Edward            | 5                                 | 125 | 4                                 | 121 | 4                                 | 105 | 3                                 | 99  |
| Öjebro                    | 1976       | Bintje                 | 5                                 | 125 | 4                                 | 121 | 4                                 | 105 | 3                                 | 99  |
| Mosslunda                 | 1976       | King Edward            | 9                                 | 187 | 4                                 | 155 | 8                                 | 159 | 4                                 | 134 |
| Mosslunda                 | 1976       | Bintje                 | 9                                 | 187 | 4                                 | 155 | 8                                 | 159 | 4                                 | 134 |
| Mosslunda                 | 1976       | Dianella               | 10                                | 199 | 6                                 | 180 | 9                                 | 178 | 5                                 | 159 |
| Mosslunda                 | 1976       | Saturna                | 10                                | 199 | 6                                 | 180 | 9                                 | 178 | 5                                 | 159 |
| Binga                     | 1976       | King Edward            | 6                                 | 122 | 3                                 | 72  | 5                                 | 119 | 2                                 | 69  |
| Binga                     | 1976       | Bintje                 | 6                                 | 122 | 3                                 | 72  | 5                                 | 119 | 2                                 | 69  |
| Alebäck                   | 1976       | Bintje                 | 6                                 | 156 | 3                                 | 111 | 5                                 | 108 | 2                                 | 74  |
| Binga                     | 1977       | King Edward            | 3                                 | 65  | 1                                 | 35  | 3                                 | 65  | 1                                 | 35  |
| Binga                     | 1977       | Bintje                 | 3                                 | 65  | 1                                 | 35  | 3                                 | 65  | 1                                 | 35  |
| Södergård                 | 1977       | Dianella               | 5                                 | 98  | 3                                 | 75  | 4                                 | 84  | 2                                 | 61  |
| Södergård                 | 1977       | Saturna                | 5                                 | 98  | 3                                 | 75  | 4                                 | 84  | 2                                 | 61  |
| Björka                    | 1978       | Dianella               | 4                                 | 84  | 2                                 | 55  | 4                                 | 84  | 2                                 | 55  |
| Björka                    | 1978       | Saturna                | 4                                 | 84  | 2                                 | 55  | 4                                 | 84  | 2                                 | 55  |
| Södergård                 | 1978       | Dianella               | 4                                 | 102 | 3                                 | 77  | 4                                 | 102 | 3                                 | 77  |
| Södergård                 | 1978       | Saturna                | 4                                 | 102 | 3                                 | 77  | 4                                 | 102 | 3                                 | 77  |
| Medeltal                  |            |                        | 6,4                               | 139 | 3,6                               | 111 | 5,6                               | 123 | 3,0                               | 96  |

### Odlingsåtgärder

Uppgifter om sättning, uppkomst etc. återfinns i tabell 28. Gödslingen följde de för odlingsområde, sort, jordart m.m. rekommenderade givorna. Kvävegivan till King Edward och Bintje var 90-120 kg N per hektar och till Dianella och Saturna 130-155 kg N per hektar.

Tabell 28. Tidpunkt för sättnig, uppkomst och skörd i fältförsöken 1975-78.

Dates of planting, emergence and harvest in field trials, 1975-78.

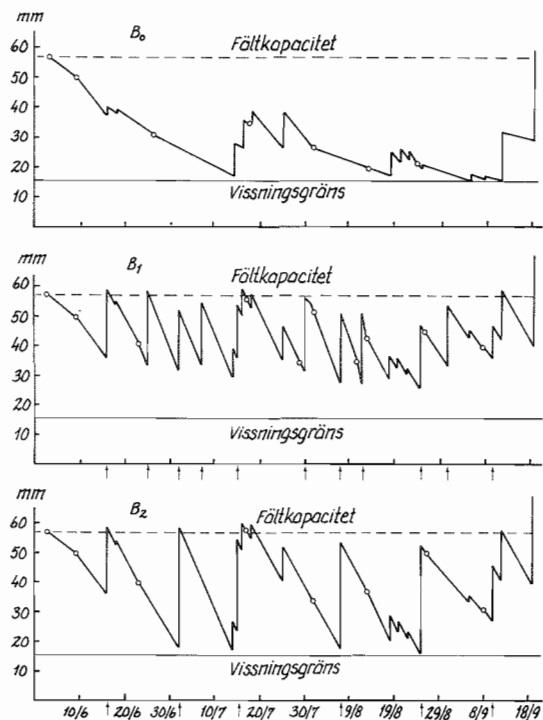
|           |      | Sättnig<br>Planting | Uppkomst<br>Emergence | Skörd<br>Harvest |
|-----------|------|---------------------|-----------------------|------------------|
| Öjebro    | 1975 | 30/4                | 20/5                  | 25/9             |
| Ugerup    | 1975 | 9/5                 | 8/6                   | 8/10             |
| Öjebro    | 1976 | 17/5                | 9/6                   | 23/9             |
| Mosslunda | 1976 | 28/4                | 4/6                   | 5/10             |
| Binga     | 1976 | 11/5                | 8/6                   | 14/10            |
| Alebäck   | 1976 | 14/5                | 8/6                   | 4/10             |
| Binga     | 1977 | 26/5                | 11/6                  | 6/10             |
| Södergård | 1977 | 13/5                | 8/6                   | 17/10            |
| Björka    | 1978 | 20/4                | 1/6                   | 10/10            |
| Södergård | 1978 | 20/4                | 31/5                  | 5/10             |

Växtnäringen spreds före sättnigen och brukades ned. Kupning, ogräsbekämpning etc utfördes enligt normal praxis. Bladmögelangrepp förhindrades genom förebyggande bekämpning i erforderlig utsträckning.

### 3.3.2 Resultat

#### Markfuktighet

Som exempel på hur markfuktigheten varierade i olika försöksled visas resultat från Ugerup 1975 i figur 36. Markfuktigheten i det obevattnade försöksledet låg under en stor del av växtsäsongen nära vissningsgränsen. I det intensivt bevattnade ledet B<sub>1</sub> fanns det alltid lättillgängligt vatten i rotzonen och grödan visade inte några synliga symptom på vattenbrist. I försöksledet B<sub>2</sub> närmade sig markfuktigheten i rotzonen vissningsgränsen före bevattningarna. Vid varm och torr väderlek kunde vissningssymptom iakttas ett par dagar före bevattningarna. Att grödan var utsatt för vattenstress visar också den avkastningsreduktion på omkring 5000 kg/ha jämfört med B<sub>1</sub> som uppmättes vid skörden.

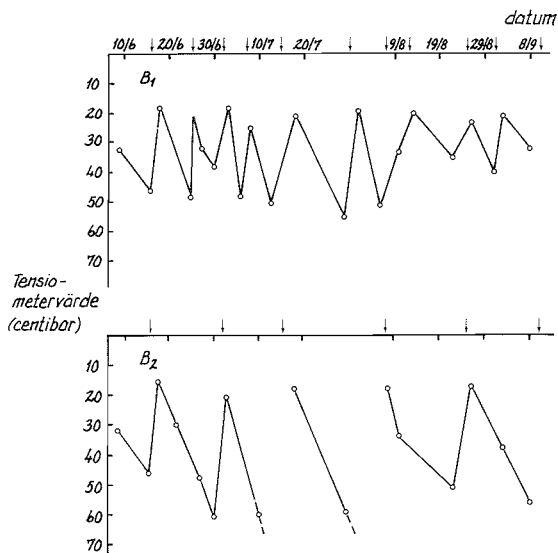


Figur 36. Markfuktigheten i nivån 0-30 cm i försöksleden B<sub>0</sub>, B<sub>1</sub> och B<sub>2</sub> i försöket vid Ugerup 1975. Ringarna anger gravimetriska bestämmningar av markfuktigheten. Pilarna anger bevattningstillfällena.

Soil moisture content of the 0-30 cm layer of plots B<sub>0</sub>, B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> in the Ugerup experiment 1975. Circles represent gravimetric determinations of soil moisture, arrows indicate irrigation events.

Trots att totalt mer än 200 mm vatten tillfördes i några försöksled kunde ingen ökning av markfuktigheten på större djup än 30 cm uppmätas under växtsäsongen. Detta visar att en till klimat, gröda och markförhållanden väl anpassad bevattning inte behöver leda till avrinning ur rotzonen och därmed förknippade risker för utlakning av näringsämnen (Linnér, 1978).

Resultat av tensiometermätningar i rotzonens centrala del redovisas i figur 37. Markvattnets tension varierade som framgår av figuren i stort sett mellan 20 och 50 centibar (1 centibar = 1 kPa) i det intensivt bevattande ledet B<sub>1</sub>. I B<sub>2</sub> sjönk värdena före bevattningarna så att mätområdet för tensiometern inte räckte till. I det obevattade



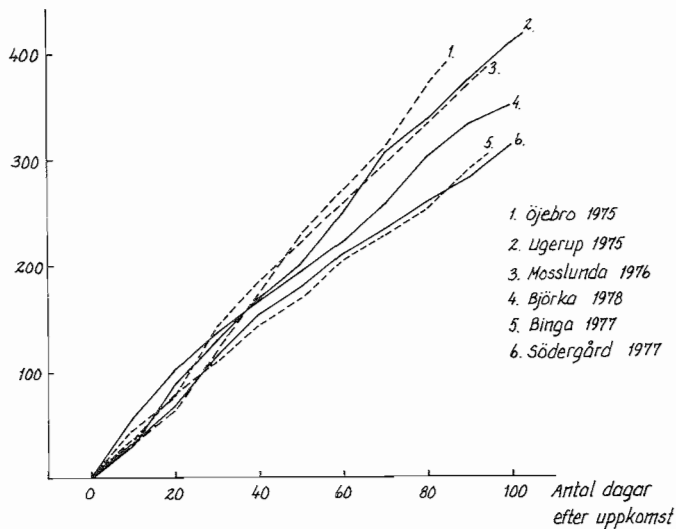
Figur 37. Tensiometeravläsningar på 15 cm djup i försöksleden B<sub>1</sub> och B<sub>2</sub> vid Ugerup 1973. Varje ring anger medelvärdet av sex mätningar. Pålarna anger bevattningstillfällen.

Tensiometer readings at 15 cm depth in plots B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> at Ugerup 1973. Each circle represents a mean of 6 readings, arrows indicate irrigation events.

försöksledet var tensionen under större delen av växtperioden högre än 70-80 centibar vilket utgör gränsen för tensiometerens mätområde.

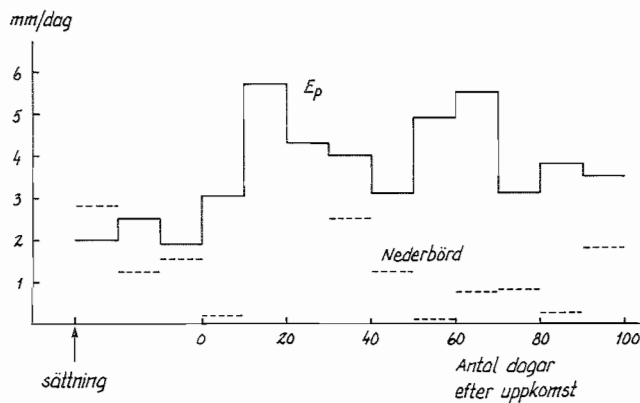
### Aktuell evapotranspiration

Den summerade potentiella evaporationen vid försöksplatserna har redovisats tidigare (tabell 26). Summationskurvor för  $E_p$  redovisas för några av försöksplatserna i figur 38. I genomsnitt för hela växtperioden var  $E_p$  mellan 3,1 och 4,6 mm per dygn.  $E_p$  varierade under enskilda dagar från nära noll till 8-9 mm. I figur 39 illustreras variationen mellan 10-dagars perioder. Figuren belyser vikten av att vid bevattning ta hänsyn till variationen i avdunstningsbetingelser. En schablonartad bevattning utgående från genomsnittliga avdunstningsvärden är inte optimal.



Figur 38. Summationskurvor för den potentiella evaporationen på några av försöksplatserna.

Summation curves for potential evaporation on some experimental sites.



Figur 39. Genomsnittlig potentiell evaporation ( $E_p$ ) och nederbörd under 10-dagarsperioder vid Ugerup 1975.

Mean potential evaporation and precipitation during 10-day periods, Ugerup 1975.

Kvoten  $ET_a/E_p$  redovisas i tabell 29. I de fall då försök med olika sorter genomfördes på samma plats anges medeltal för sorterna. Under huvuddelen av växtperioden var skillnaderna mellan sorter små ifråga

Tabell 29. Kvot mellan aktuell evapotranspiration ( $ET_a$ ) och potentiell evaporation ( $E_p$ ) enligt Anderssons evaporimeter i de olika försöksleden i fältförsöken 1975-78. Kvoten avser perioden från grödans uppkomst till avslutad tillväxt.

Ratio of  $ET_a$  to  $E_p$  between emergence and senescence in field trials, 1975-78.

| Försöks-<br>plats | År   | Kvoten $ET_a/E_p$ |       |       |       |       |
|-------------------|------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
|                   |      | $B_0$             | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ | $B_4$ |
| Öjebro            | 1975 | 0,26              | 0,69  | 0,69  | 0,56  | 0,56  |
| Ugerup            | 1975 | 0,24              | 0,77  | 0,65  | 0,71  | 0,62  |
| Öjebro            | 1976 | 0,30              | 0,65  | 0,63  | 0,59  | 0,57  |
| Mosslanda         | 1976 | 0,34              | 0,74  | 0,68  | 0,68  | 0,63  |
| Binga             | 1976 | 0,43              | 0,70  | 0,61  | 0,69  | 0,60  |
| Alebäck           | 1976 | 0,52              | 0,68  | 0,68  | 0,63  | 0,62  |
| Binga             | 1977 | 0,63              | 0,73  | 0,65  | 0,73  | 0,65  |
| Södergård         | 1977 | 0,60              | 0,71  | 0,67  | 0,75  | 0,71  |
| Björka            | 1978 | 0,56              | 0,76  | 0,68  | 0,76  | 0,68  |
| Södergård         | 1978 | 0,54              | 0,74  | 0,67  | 0,74  | 0,67  |
| Medeltal          |      | 0,44              | 0,72  | 0,66  | 0,68  | 0,63  |

om aktuell evapotranspiration. De skillnader som noterades berodde på olikheter i växtperiodens längd mellan sorterna.

Där ingen bevattning skedde varierade kvoten  $ET_a/E_p$  mellan 0,24 och 0,60 beroende på nederbördens storlek och fördelning. Vid intensiv bevattning blev kvoten omkring 0,7 för hela växtperioden. Under knöltillväxtperioden blev kvoten 0,80-0,85 där markfuktigheten var hög ( $B_1$  och  $B_3$ ). Där uttorkningen tilläts gå längre mellan bevattningarna ( $B_2$  och  $B_4$ ) blev kvoten omkring 0,7.

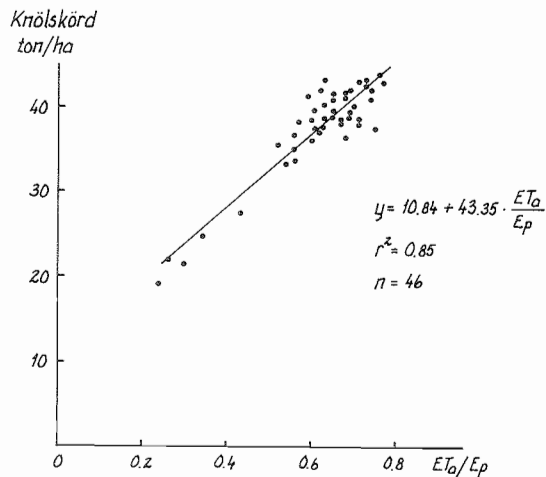
#### Evapotranspiration och knölskörd

Sambandet mellan relativa evapotranspirationen,  $ET_a/E_p$ , och knölskörden redovisas i figur 40. Sambandet beskrivs av ekvationen

$$Y = 10,8 + 43,4 \frac{ET_a}{E_p}$$

$$r^2 = 0,85$$





Figur 40. Samband mellan knölskör och relativ evapotranspiration ( $ET_a/E_p$ ) i fältförsöken 1975-78.

Relationship between tuber yield and relative evapotranspiration in field trials, 1975-78.

Andelen evaporation (E) av  $ET_a$  är svår att mäta eller beräkna. I allmänhet torde andelen E öka när kvoten  $ET_a/E_p$  ökar eftersom antalet tillfällen med våt markyta eller fuktigt bestånd ökar med ökande kvot.

Knölproduktionen per kubikmeter vatten blev högst i det obevattnade försöksledet och lägst i det intensivast bevattnade ledet (tabell 30). I genomsnitt behövdes 228-262 liter vatten för att producera ett kg torrsubstans. Utbytet av bevattning blev 8,6-10,4 kg knölar per kubikmeter. Hektarskörden ökade således med 86-104 kg för varje millimeter bevattningsvatten som tillfördes.

Genom vattenbalansberäkningarna kunde den andel av bevattningsgivan som ledde till ökad evapotranspiration fastställas. I genomsnitt bidrog omkring 70 procent av bevattningsgivorna till ökad evapotranspiration under växtperioden (tabell 31). Av återstoden rann en del av under växtperioden. En del fanns kvar i rotzonen vid växtperiodens slut.

Tabell 30. Knölproduktion per enhet vatten, evapotranspiration per producerad enhet och utbyte i knölar av bevattning. Medeltal av 20 fältförsök 1975-78.

Tuber production per unit water, evapotranspiration per unit produced and yield increase by irrigation. Average of 20 field experiments, 1975-78.

| Försöks-<br>led<br>Treat-<br>ment | Knölproduktion, kg/m <sup>3</sup><br>Tuber production |                            | Evapotrans-<br>piration,<br>liter/kg ts | Utbyte av bevattning, kg/m <sup>3</sup><br>Yield increase by irrigation |                            |
|-----------------------------------|---|----------------------------|---|---|----------------------------|
|                                   | Friskvikt<br>Fresh<br>weight                          | Torrsubstans<br>Dry matter |   | Friskvikt<br>Fresh<br>weight  | Torrsubstans<br>Dry matter |
| B <sub>0</sub>                    | 18,3  | 4,4                        | 228                                     | -   | -                          |
| B <sub>1</sub>                    | 16,0  | 3,8                        | 262                                     | 8,9   | 2,1                        |
| B <sub>2</sub>                    | 16,3  | 3,9                        | 259                                     | 8,6   | 2,0                        |
| B <sub>3</sub>                    | 17,1  | 4,0                        | 247                                     | 10,2  | 2,4                        |
| B <sub>4</sub>                    | 17,2  | 4,0                        | 247                                     | 10,4  | 2,3                        |

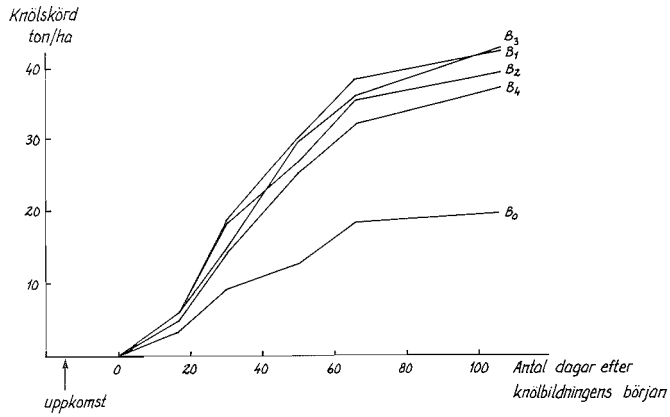
Tabell 31. Andel av bevattningsgivan som lett till ökad evapotranspiration. Medeltal av 20 fältförsök 1975-80.

Proportion of total irrigation that increased evapotranspiration. Average of 20 field experiments, 1975-78.

| Försöks-<br>led<br>Treatment | Bevattning,<br>mm<br>Irrigation | Evapotrans-<br>piration,<br>mm | Ökning av ET <sub>a</sub><br>vid bevatt-<br>ning, mm<br>Increase of<br>ET <sub>a</sub> by irrig. | Andel av bevattning<br>som gett ökad ET <sub>a</sub> ,<br>%<br>Prop. of irrig. that<br>increased ET <sub>a</sub> |
|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--|--|
| B <sub>0</sub>               | -                               | 158                            | -  | -  |
| B <sub>1</sub>               | 139                             | 258                            | 100  | 72   |
| B <sub>2</sub>               | 111                             | 236                            | 78   | 70   |
| B <sub>3</sub>               | 123                             | 243                            | 85   | 69   |
| B <sub>4</sub>               | 96                              | 226                            | 68   | 71   |

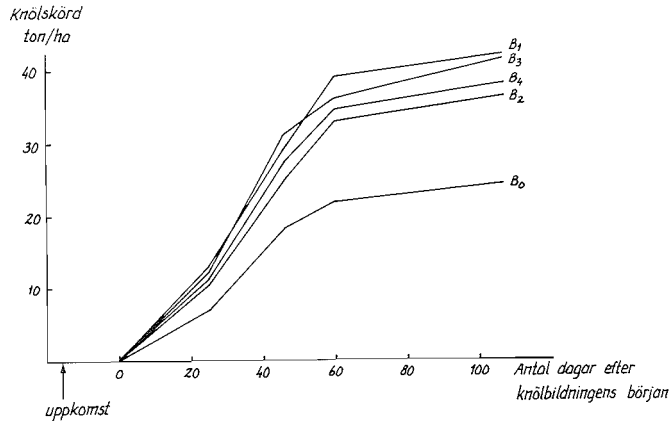
### Knöltillväxt

Knöltillväxtförloppet vid olika vattentillgång studerades genom provtagningar fyra gånger under sommaren. Tillväxtkurvor för Ugerup 1975 och Mosslunda 1976 redovisas i figurerna 41 och 42. Vid god vattentillgång var den dagliga tillväxten per hektar i allmänhet 6-800



Figur 41. Knöltillväxt vid olika markfuktighet. Medeltal för två sorter vid Ugerup 1975.

Tuber development at different soil moisture regimes. Average values for 2 varieties, Ugerup 1975.



Figur 42. Knöltillväxt vid olika markfuktighet. Medeltal för fyra sorter vid Mosslanda 1976.

Tuber development at different soil moisture regimes. Average values for 4 varieties, Mosslanda 1976.

kg under perioden 20-60 dagar efter knölbildningens början. Utan bevattning var tillväxten i flera fall mindre än hälften så stor.

### Knölantatal

Tabell 32 ger exempel på hur antalet knölar och knölmedelvikten på en försöksplats påverkades av vattentillgången. Bevattning ökade antalet knölar större än 20 mm med 18-34 procent i sorten Dianeella. I Saturna ökade antalet knölar med 4-32 procent. Största antalet knölar utvecklades då bevattningen påbörjades tidigt och där medelfuktigheten var högst. Knölmedelvikten blev högst då bevattningen startade senare och därefter utfördes med korta intervall (B<sub>3</sub>).

### Knölskörd

Bevattning höjde i medeltal knölskörden med 33-43 procent (tabell 33). Intensiv bevattning (B<sub>1</sub> och B<sub>3</sub>) gav i medeltal 2,7 ton/ha högre avkastning än bevattning vid mera långtgående uttorkning. Skillnaden är statistiskt signifikant. Starttidpunkten för första bevattningen påverkade inte knölskördens storlek. Den sena starttidpunkten gav i

Tabell 32. Resultat från försök vid Ugerup 1975.

Results from the Ugerup experiments 1975.

| Sort<br>Variety | Försöks-<br>led<br>Treat-<br>ment | Knölantatal<br>No. of tubers |            | Knölmedelvikt<br>Mean tuber<br>weight |            | Knöl-<br>skörd,<br>ton/ha<br>Tuber<br>yield | Torrsub-<br>stans, %<br>Dry matter<br>content |
|-----------------|-----------------------------------|------------------------------|------------|---------------------------------------|------------|---|---|
|                 |                                   | Per<br>stånd                 | Rel.tal    | Gram                                  | Rel.tal    |   |   |
| Dianeella       | B <sub>0</sub>                    | 11,9                         | <u>100</u> | 44                                    | <u>100</u> | 19,8  | 25,4  |
|                 | B <sub>1</sub>                    | 16,0                         | 134        | 69                                    | 157        | 42,1  | 25,8  |
|                 | B <sub>2</sub>                    | 14,3                         | 120        | 74                                    | 168        | 40,1  | 26,2  |
|                 | B <sub>3</sub>                    | 13,9                         | 117        | 80                                    | 182        | 42,3  | 26,3  |
|                 | B <sub>4</sub>                    | 14,1                         | 118        | 74                                    | 168        | 39,5  | 26,6  |
| LSD 5 % 2,2     |                                   |                              |            |                                       |            |   |   |
| Saturna         | B <sub>0</sub>                    | 14,6                         | <u>100</u> | 33                                    | <u>100</u> | 18,4  | 26,9  |
|                 | B <sub>1</sub>                    | 19,2                         | 132        | 60                                    | 182        | 43,8  | 23,5  |
|                 | B <sub>2</sub>                    | 18,6                         | 127        | 53                                    | 161        | 37,7  | 23,1  |
|                 | B <sub>3</sub>                    | 17,9                         | 123        | 64                                    | 194        | 43,8  | 23,4  |
|                 | B <sub>4</sub>                    | 15,2                         | 104        | 61                                    | 185        | 35,1  | 22,9  |
| LSD 5 % 2,8     |                                   |                              |            |                                       |            |   |   |

Tabell 33. Knölskörd vid olika vattentillgång. Fem försök i vardera av sorterna King Edward, Bintje, Dianella och Saturna 1975-78.

Tuber yields at varying soil moisture content in five trials on each of four varieties.

| Försöksled<br>Treatment | Knölskörd, ton/ha och relativtal<br>Tuber yield, t/ha and relative amount |            |        |            |          |            |         |            |                        |            |
|-------------------------|---|------------|--------|------------|----------|------------|---------|------------|------------------------|------------|
|                         | King Edward   |            | Bintje |            | Dianella |            | Saturna |            | Medeltal,<br>20 försök |            |
| B <sub>0</sub>          | 26,7  | <u>100</u> | 29,7   | <u>100</u> | 32,8     | <u>100</u> | 26,5    | <u>100</u> | 28,9                   | <u>100</u> |
| B <sub>1</sub>          | 41,2  | 154        | 39,7   | 134        | 45,0     | 137        | 39,4    | 149        | 41,3                   | 143        |
| B <sub>2</sub>          | 38,3  | 143        | 37,4   | 126        | 42,9     | 131        | 35,2    | 133        | 38,5                   | 133        |
| B <sub>3</sub>          | 41,5  | 155        | 40,6   | 137        | 44,8     | 136        | 38,9    | 147        | 41,5                   | 144        |
| B <sub>4</sub>          | 37,7  | 141        | 39,6   | 133        | 42,8     | 130        | 35,7    | 135        | 38,9                   | 135        |
| LSD 5 %                 | 3,9   |            | 4,2    |            | 4,9      |            | 5,2     |            | 2,0                    |            |

medeltal lika hög skörd som när bevattningen påbörjades före knölbildningens början. Utvecklingsförloppet och knölan-talet påverkades emellertid. Tidig bevattning påskyndade såväl blast- som knölutveckling. Under senare delen av växtsäsongen utjämnades skillnaderna.

De olika potatissorter som ingick i försöken reagerade på ett likartat sätt för graden av uttorkning mellan bevattningarna och för starttidpunkten. Mellan sorterna Dianella och Saturna kan direkta jämförelser göras eftersom dessa sorter odlades på samma försöksplatser. Saturna gynnades mer av intensiv bevattning (B<sub>1</sub> och B<sub>3</sub>) än Dianella. Beträffande starttidpunktens betydelse framkom inga sortskillnader.

#### Torrsubstanshalt

I genomsnitt påverkades ts-halten inte nämnvärt av vattentillgången i sorterna King Edward, Bintje och Dianella. I Saturna blev ts-halten lägre i alla bevattnade led (tabell 34).

#### Knölstorleksfördelning

Förbättrad vattentillgång ledde som väntat till en förskjutning av knölstorleken mot större knölar. Av tabell 35 framgår att andelen

Tabell 34. Torrsubstanshalt vid olika vattentillgång i 20 fältförsök 1975-80.

Dry matter content at varying soil moisture content in 20 field experiments 1975-80.

| Försöksled     | Torrsubstanshalt, % och relationstal      |     |                    |     |                      |     |                     |     |                       |     |
|----------------|---|-----|--------------------|-----|----------------------|-----|---------------------|-----|-----------------------|-----|
|                | Dry matter content, % and relative amount |     |                    |     |                      |     |                     |     |                       |     |
| Treatment      | King Edward<br>5 försök                   |     | Bintje<br>5 försök |     | Dianella<br>5 försök |     | Saturna<br>5 försök |     | Medeltal<br>20 försök |     |
| B <sub>0</sub> | 22,6                                      | 100 | 21,9               | 100 | 26,2                 | 100 | 25,3                | 100 | 24,0                  | 100 |
| B <sub>1</sub> | 22,6                                      | 100 | 22,0               | 101 | 26,3                 | 100 | 24,2                | 96  | 23,8                  | 99  |
| B <sub>2</sub> | 22,6                                      | 100 | 21,9               | 100 | 26,5                 | 101 | 23,9                | 94  | 23,7                  | 99  |
| B <sub>3</sub> | 22,7                                      | 100 | 21,8               | 100 | 26,4                 | 101 | 23,9                | 94  | 23,7                  | 99  |
| B <sub>4</sub> | 22,2                                      | 98  | 21,6               | 99  | 26,2                 | 100 | 23,8                | 94  | 23,5                  | 98  |
| LSD 5 %        | 0,50                                      |     | 0,55               |     | 0,69                 |     | 0,99                |     | 0,35                  |     |

Tabell 35. Knölstorleksfördelning vid olika vattentillgång. Medeltal av 20 försök 1975-78.

Tuber size distribution at varying soil moisture content. Average of 20 trials 1975-78.

| Försöksled     | Knölstorleksfördelning            |        |          |        |          |        | Knölskörd,<br>ton/ha<br>Tuber yield |
|----------------|-----------------------------------|--------|----------|--------|----------|--------|-------------------------------------|
|                | Frequency of tubers in size class |        |          |        |          |        |                                     |
|                | 20-35 mm                          |        | 35-55 mm |        | 55-75 mm |        |                                     |
| Treatment      | %                                 | ton/ha | %        | ton/ha | %        | ton/ha |                                     |
| B <sub>0</sub> | 11                                | 3,2    | 74       | 21,4   | 15       | 4,3    | 28,9                                |
| B <sub>1</sub> | 5                                 | 2,1    | 68       | 28,1   | 27       | 11,1   | 41,3                                |
| B <sub>2</sub> | 6                                 | 2,3    | 70       | 26,9   | 24       | 9,3    | 38,5                                |
| B <sub>3</sub> | 5                                 | 2,1    | 67       | 27,8   | 28       | 11,6   | 41,5                                |
| B <sub>4</sub> | 5                                 | 1,9    | 69       | 26,9   | 26       | 10,1   | 38,9                                |

stora knölar blev störst vid den intensiva bevattningen i B<sub>1</sub> och B<sub>3</sub>. Andelen stora knölar blev också något större vid sen bevattningsstart än vid tidig. I enskilda försök hamnade 34-93 procent av skördeökningen vid bevattning inom intervallet 35-55 mm medan 15-78 procent hamnade inom storleksintervallet 55-75 mm.

### Knölarnas kemiska sammansättning

Knölarnas innehåll av kväve, nitratkväve, fosfor, kalium, kalcium och magnesium analyserades vid Statens Lantbrukskemiska Laboratorium (SLL). I fabrikspotatissorterna Dianella och Saturna analyserades dessutom stärkelsehalten.

Knölarnas kemiska sammansättning påverkades i olika avseenden av grödans vattentillgång:

Ökad vattentillgång ledde genomgående till en sänkning av kvävehalten i knölarna. Knölskördens innehåll av kväve ökade emellertid i medeltal med 13-23 procent vid bevattning och mest påtagligt vid intensiv bevattning (tabell 36).

Halten av nitratkväve ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) i knölarna blev genomgående betydligt lägre vid förbättrad vattentillgång. Innehållet sjönk från 48 mg/kg utan bevattning till 30-33 mg/kg i de bevattnade försöksleden (tabell 37).

Hos alla de i undersökningen ingående potatissorterna ledde bevattning till en statistiskt säker ökning av fosforhalten i knölarna. Knölskördens innehåll av fosfor ökade med 44-62 procent i de olika bevattnade försöksleden (tabell 38).

Tabell 36. Knölskördens innehåll av kväve (N). Medeltal av 18 försök 1975-78.

N-content of harvested tubers. Average of 18 trials 1975-78.

| Försöks-<br>led<br>Treatment | N, % av torrsubstansen (% of D.M.) |        |          |         |          | N-upptagning<br>N-uptake |         |
|------------------------------|------------------------------------|--------|----------|---------|----------|--------------------------|---------|
|                              | King Edward                        | Bintje | Dianella | Saturna | Medeltal | kg/ha                    | Rel.tal |
| B <sub>0</sub>               | 1,51                               | 1,64   | 1,33     | 1,76    | 1,56     | 108                      | 100     |
| B <sub>1</sub>               | 1,19                               | 1,35   | 1,21     | 1,50    | 1,31     | 129                      | 119     |
| B <sub>2</sub>               | 1,20                               | 1,40   | 1,21     | 1,59    | 1,34     | 122                      | 113     |
| B <sub>3</sub>               | 1,21                               | 1,40   | 1,21     | 1,60    | 1,35     | 133                      | 123     |
| B <sub>4</sub>               | 1,21                               | 1,44   | 1,24     | 1,64    | 1,37     | 125                      | 116     |
| LSD 5 %                      | 0,12                               | 0,12   | 0,10     | 0,12    | 0,06     |                          |         |

Tabell 37. Knölskördens innehåll av nitratkväve (NO<sub>3</sub>-N). Medeltal av 10 försök 1975-78.

Nitrate-N content of harvested tubers. Average of 10 trials 1975-78.

| Försöksled<br>Treatment | NO <sub>3</sub> -N, % av torrsubstansen<br>% of dry matter |
|-------------------------|--|
| B <sub>0</sub>          | 0,020  |
| B <sub>1</sub>          | 0,013  |
| B <sub>2</sub>          | 0,013  |
| B <sub>3</sub>          | 0,013  |
| B <sub>4</sub>          | 0,014  |
| LSD 5 %                 | 0,002  |

Tabell 38. Knölskördens innehåll av fosfor (P). Medeltal av 18 försök 1975-78.

Phosphorus content of harvested tubers. Average of 18 trials 1975-78.

| Försöks-<br>led<br>Treatment | P, % av torrsubstanshalten (% of dry matter) |        |        |          |         | P-upptagning<br>P-uptake |       |
|------------------------------|--|--------|--------|----------|---------|--------------------------|-------|
|                              | King   | Edward | Bintje | DianeIIa | Saturna | Medeltal                 | kg/ha |
| B <sub>0</sub>               | 0,22   | 0,21   | 0,20   | 0,21     | 0,21    | 14,6                     | 100   |
| B <sub>1</sub>               | 0,25   | 0,24   | 0,22   | 0,23     | 0,24    | 23,6                     | 162   |
| B <sub>2</sub>               | 0,24   | 0,24   | 0,22   | 0,22     | 0,23    | 21,0                     | 144   |
| B <sub>3</sub>               | 0,25   | 0,24   | 0,22   | 0,23     | 0,24    | 23,6                     | 162   |
| B <sub>4</sub>               | 0,24   | 0,24   | 0,23   | 0,23     | 0,24    | 21,9                     | 150   |
| LSD 5 %                      | 0,02   | 0,03   | 0,02   | 0,03     | 0,01    |                          |       |

I medeltal minskade kaliumhalten i knölarna något vid bevattning. Sänkningen var statistiskt signifikant. Totala kaliumupptagningen i knölskörden ökade emellertid med 27-38 procent i de bevattnade försöksleden (tabell 39).

Bevattning ledde till en liten och osäker ökning av kalciumhalten i knölarna (tabell 40).



Tabell 39. Knölskördens innehåll av kalium (K). Medeltal av 18 försök 1975-78.

Potassium content of harvested tubers. Average of 18 trials 1975-78.

| Försöks-<br>led<br>Treatment | K, % av torrsubstanshalten (% of dry matter) |        |          |         |          | K-upptagning<br>K-uptake |         |
|------------------------------|--|--------|----------|---------|----------|--------------------------|---------|
|                              | King Edward                                  | Bintje | Dianella | Saturna | Medeltal | kg/ha                    | Rel.tal |
| B <sub>0</sub>               | 2,19   | 2,25   | 1,91     | 2,14    | 2,13     | 148                      | 100     |
| B <sub>1</sub>               | 2,11   | 2,09   | 1,81     | 1,97    | 2,01     | 198                      | 134     |
| B <sub>2</sub>               | 2,12   | 2,13   | 1,83     | 2,10    | 2,06     | 188                      | 127     |
| B <sub>3</sub>               | 2,13   | 2,12   | 1,82     | 2,16    | 2,07     | 203                      | 138     |
| B <sub>4</sub>               | 2,13   | 2,19   | 1,88     | 2,06    | 2,08     | 190                      | 129     |
| LSD 5 %                      | 0,14   | 0,09   | 0,17     | 0,16    | 0,06     |                          |         |

Tabell 40. Knölskördens innehåll av kalcium (Ca). Medeltal av 16 försök 1975-78.

Calcium content of harvested tubers. Average of 16 trials 1975-78.

| Försöks-<br>led<br>Treatment | Ca, % av torrsubstanshalten (% of dry matter) |        |          |         |          | Ca-upptagning<br>Ca-uptake |         |
|------------------------------|---|--------|----------|---------|----------|----------------------------|---------|
|                              | King Edward                                   | Bintje | Dianella | Saturna | Medeltal | kg/ha                      | Rel.tal |
| B <sub>0</sub>               | 0,030   | 0,030  | 0,031    | 0,028   | 0,030    | 2,1                        | 100     |
| B <sub>1</sub>               | 0,033   | 0,031  | 0,040    | 0,036   | 0,034    | 3,3                        | 161     |
| B <sub>2</sub>               | 0,031   | 0,027  | 0,036    | 0,030   | 0,031    | 2,8                        | 136     |
| B <sub>3</sub>               | 0,030   | 0,029  | 0,036    | 0,032   | 0,031    | 3,1                        | 147     |
| B <sub>4</sub>               | 0,032   | 0,029  | 0,040    | 0,031   | 0,032    | 2,9                        | 140     |
| LSD 5 %                      | 0,006   | 0,005  | 0,005    | 0,010   | 0,003    |                            |         |

Upptagningen av magnesium ökade med 25-36 procent vid bevattnings. Magnesiumhalten sjönk emellertid något. Sänkningen var statistiskt signifikant (tabell 41).

Bevattnings påverkade stärkelsehalten på olika sätt hos Dianella och Saturna. Hos Dianella uppmättes en statistiskt säker ökning vid bevattnings medan förhållandet var det motsatta hos Saturna (tabell 42).

Tabell 41. Knölskördens innehåll av magnesium (Mg). Medeltal av 16 försök 1975-78.

Magnesium content of harvested tubers. Average of 16 trials 1975-78.

| Försöks-<br>led<br>Treatment | Mg, % av torrsubstansen (% of dry matter) |        |        |          |         | Mg-upptagning<br>Mg-uptake |               |
|------------------------------|---|--------|--------|----------|---------|----------------------------|---------------|
|                              | King                                      | Edward | Bintje | Dianella | Saturna | Medeltal                   | kg/ha Rel.tal |
| B <sub>0</sub>               | 0,094                                     | 0,113  | 0,079  | 0,110    | 0,100   | 6,9                        | 100           |
| B <sub>1</sub>               | 0,090                                     | 0,099  | 0,078  | 0,110    | 0,095   | 9,3                        | 135           |
| B <sub>2</sub>               | 0,090                                     | 0,100  | 0,077  | 0,113    | 0,095   | 8,7                        | 125           |
| B <sub>3</sub>               | 0,089                                     | 0,100  | 0,079  | 0,114    | 0,096   | 9,4                        | 136           |
| B <sub>4</sub>               | 0,090                                     | 0,105  | 0,080  | 0,111    | 0,097   | 8,9                        | 128           |
| LSD 5 %                      | 0,004                                     | 0,004  | 0,007  | 0,010    | 0,003   |                            |               |

Tabell 42. Stärkelsehalt vid olika vattentillgång. Medeltal av 10 försök 1976-78.

Starch content at varying soil moisture content. Average of 10 trials 1976-78.

| Försöks-<br>led<br>Treatment | Stärkelsehalt, % (Starch content) |         |                     |
|------------------------------|-----------------------------------|---------|---------------------|
|                              | Dianella                          | Saturna | Medeltal, 10 försök |
| B <sub>0</sub>               | 19,2                              | 18,2    | 18,6                |
| B <sub>1</sub>               | 20,1                              | 17,4    | 18,8                |
| B <sub>2</sub>               | 20,1                              | 17,3    | 18,7                |
| B <sub>3</sub>               | 19,9                              | 17,4    | 18,6                |
| B <sub>4</sub>               | 19,6                              | 17,4    | 18,5                |
| LSD 5 %                      | 0,5                               | 0,4     | 0,3                 |

### Kokkvalitet

Hos matpotatissorterna Bintje och King Edward gjordes analyser av knölarnas benägenhet för sönderkokning, blötkokning och mörkfärgning efter kokning. Analyser utfördes på såväl oskalade som skalade knölar vid Institutionen för växtodling, SLU (tabell 43).

Tabell 43. Markfuktighetens inverkan på knölarnas kokegenskaper. Andel av knölarna med benägenhet för sönderkokning, blötkokning och mörkfärgning. Medeltal av 10 försök 1975-77.

Effect of soil moisture on frequency of cooking defects in tubers. Average of 10 trials 1975-77.

| Försöks-<br>led<br>Treatment | Sönderkokning, %<br>Disintegration |                   | Blötkokning, %<br>Sogginess |                   | Mörkfärgning, %<br>After-cooking darkening |                   |
|------------------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|--|-------------------|
|                              | Oskalade<br>Jacket                 | Skalade<br>Peeled | Oskalade<br>Jacket          | Skalade<br>Peeled | Oskalade<br>Jacket                         | Skalade<br>Peeled |
| B <sub>0</sub>               | 29                                 | 17                | 22                          | 25                | 3,5  | 1,9               |
| B <sub>1</sub>               | 36                                 | 32                | 27                          | 28                | 4,2  | 1,7               |
| B <sub>2</sub>               | 36                                 | 24                | 24                          | 24                | 3,1  | 3,0               |
| B <sub>3</sub>               | 33                                 | 31                | 24                          | 25                | 5,7  | 2,9               |
| B <sub>4</sub>               | 33                                 | 22                | 27                          | 29                | 7,1  | 3,1               |
| LSD 5 %                      | 10                                 | 7                 | 7                           | 8                 | 3,0  | 3,1               |

Ökad vattentillgång ledde till ökad benägenhet för sönderkokning. Ökningen var statistiskt säker hos skalade knölar och störst vid den intensiva bevattningen i B<sub>1</sub> och B<sub>3</sub>.

I Bintje påverkades sönderkokningen obetydligt hos oskalade knölar medan ökningen var statistiskt säker hos skalade knölar vid intensiv bevattning.

I King Edward ökade sönderkokningen hos såväl oskalade som skalade knölar. Ökningen var störst hos skalade knölar och vid den högsta markfuktigheten.

Inga statistiskt säkra skillnader konstaterades ifråga om benägenheten för blötkokning. I medeltal var det i Bintje en tendens till högre värden där markfuktigheten var hög men resultaten växlade så mycket mellan försök och mellan olika försöksled att skillnaderna kan vara helt slumpmässiga.

I huvuddelen av försöken påverkades benägenheten för mörkfärgning efter kokning inte av markfuktigheten. I ett par fall ökade mörkfärgningen hos oskalad King Edward där bevattningen påbörjats sent (B<sub>3</sub> och B<sub>4</sub>).

### Skorvangrepp

Angreppen av vanlig skorv graderades med hänsyn till hur stor andel av knölytan som var täckt av skorv enligt följande skala (Emilsson & Gustavsson, 1953).

1. Fri från skorv
2. <5 % av knölytan täckt av skorv
3. 5-25 % " " " " "
4. 25-50 % " " " " "
5. >50 % " " " " "

I samtliga analyserade försök var angreppen kraftigast i det obeväntade försöksledet. Skillnaderna mellan de olika bevattnade försöksleden var små och inte statistiskt signifikanta (tabell 44).

Tabell 44. Angrepp av vanlig skorv (*Streptomyces scabies*). Angreppen graderades i skalan 1-5 (se texten). Medeltal av 10 försök 1975-77.

Incidence of common scab on a scale 1-5. Average of 10 trials 1975-77.

| Försöksled<br>Treatment | Angreppsgrad<br>Degree of incidence |
|-------------------------|-------------------------------------|
| B <sub>0</sub>          | 2,39                                |
| B <sub>1</sub>          | 1,64                                |
| B <sub>2</sub>          | 1,76                                |
| B <sub>3</sub>          | 1,66                                |
| B <sub>4</sub>          | 1,62                                |
| LSD 5 %                 | 0,28                                |

### 3.4 Fältförsök med olika fördelning av kvävegivan vid god vattentillgång

Åren 1978-82 genomfördes försök med olika fördelning av kvävegivan till potatis. Spridning av hela kvävegivan före sättningen jämfördes med att en större eller mindre del av kvävegivan tillfördes under knöltillväxtperioden. Syftet med försöken var att studera hur tillväxt och knölskörd påverkades av kvävefördelningen samt att analysera

grödans upptagning av kväve under växtperioden. Markvattentillgången reglerades för att tillfört kväve omedelbart skulle bli tillgängligt för grödan.

#### 3.4.1. Undersökningens genomförande

##### Försöksplan

I försöken ingick fyra olika fördelningar av kvävegivan:

- A. Hela kvävegivan spreds och nedbrukades före sättningen.
- B. Kvävegivan minus 30 kg/ha nedbrukades före sättningen. En giva på 30 kg/ha tillfördes under knöltillväxten.
- C. Kvävegivan minus 60 kg/ha nedbrukades före sättningen. Två givor på 30 kg/ha tillfördes under knöltillväxten.
- D. Kvävegivan minus 90 kg/ha nedbrukades före sättningen. Tre givor på 30 kg/ha tillfördes under knöltillväxten.

Kvävegödslingsnivåerna var

|       |     |       |
|-------|-----|-------|
| $N_1$ | 60  | kg/ha |
| $N_2$ | 90  | "     |
| $N_3$ | 120 | "     |
| $N_4$ | 150 | "     |
| $N_5$ | 180 | "     |

Vid fördelningarna A, B och C ingick  $N_1$ - $N_4$ . I ledet D där minsta kvävegivan var 90 kg/ha ingick  $N_2$ - $N_5$ .

Som kvävegödselmedel användes kalksalpeter. Givorna under knöltillväxten tillfördes med bevattningsvattnet. För injektion av näringslösningen i bevattningsvattnet användes en doseringspump av fabrikat Amiad. Pumpen drevs av vattentrycket (Linnér, 1982).

Bevattningen av försöken skedde med åtta cirkelspridare (Perrot ZA 30D) som vid vindstilla förhållanden gav god spridningsjämnhet. Bevattningsgivorna och vattenfördelningen uppmättes med åtta regnmätare. Bevattningsbehovet fastställdes med hjälp av uppmätt nederbörd

och potentiell evaporation på försöksplatserna enligt den modell som beskrivits tidigare. Bevattningen påbörjades vid behov 2-3 veckor efter uppkomsten och sattes in vid markvattendeficit mellan 20 och 30 millimeter. Fuktighetsförhållandena i marken kontrollerades med tensiometrar.

#### Markfysikalisk och markkemisk karakterisering av försöksplatserna

Försöken genomfördes på moiga och leriga sandjordar i Kristianstad län. Rotdjupet var i stort sett begränsat till de översta 25-30 cm. Det växttillgängliga vattenmagasinet uppgick till 50-70 millimeter. Försöksplatsernas jordart, pH och växtnäringstillstånd framgår av tabell 45.

#### Nederbörd och bevattning

I tabell 46 redovisas nederbörd och bevattning. Årligen utfördes 4-7 bevattningar med i medeltal 120 millimeter vilket ungefär motsvarar det genomsnittliga behovet för jordar av denna typ i Kristianstad län.

Tabell 45. Jordart, pH och växtnäringstillstånd på försöksplatserna.  
Soil type, pH and nutrient status of experimental sites.

| Försöks-<br>plats | År   | Jordartsbeteckning           | pH  | Fosforklass<br>P-class      |                             | Kaliumklass<br>K-class      |                             |
|-------------------|------|------------------------------|-----|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                   |      |                              |     | Lätt-<br>löslig råd<br>P-A1 | För-<br>löslig råd<br>P-HCl | Lätt-<br>löslig råd<br>K-A1 | För-<br>löslig råd<br>K-HCl |
| Site              | Year | Soil type                    |     |                             |                             |                             |                             |
| Klomedshus        | 1978 | 0-20 cm mmh moig sand        | 7,4 | IV                          | 3                           | II                          | 2                           |
|                   |      | 20-50 cm moig sand           | 7,5 | IV                          | 3                           | II                          | 2                           |
| Södergård         | 1979 | 0-20 cm mmh moig sand        | 6,1 | V                           | 4                           | IV                          | 2                           |
|                   |      | 20-50 cm moig sand           | 6,0 | IV                          | 2                           | III                         | 2                           |
| Södergård         | 1980 | 0-20 cm mmh lerig sand       | 6,6 | IV                          | 3                           | IV                          | 2                           |
|                   |      | 20-50 cm svagt lerig sand    | 6,5 | III                         | 3                           | III                         | 2                           |
| Mosslunda         | 1981 | 0-20 cm mr lerig sand        | 7,4 | IV                          | 4                           | I                           | 1                           |
|                   |      | 20-50 cm lerig sand          | 7,5 | IV                          | 4                           | I                           | 1                           |
| Södergård         | 1982 | 0-20 cm nmh svagt lerig sand | 5,9 | IV                          | 3                           | I                           | 1                           |
|                   |      | 20-50 cm svagt lerig sand    | 6,0 | III                         | 3                           | I                           | 1                           |

Tabell 46. Nederbörd och bevattning i försöken 1978-1982.  
Precipitation and irrigation in field trials 1978-82.

| År<br>Year | Nederbörd, mm (Precipitation) |      |      |         |           |       | Bevattning<br>Irrigation |              |
|------------|-------------------------------|------|------|---------|-----------|-------|--------------------------|--------------|
|            | maj                           | juni | juli | augusti | september | summa | mm                       | antal gånger |
| 1978       | 9                             | 42   | 64   | 50      | 82        | 247   | 96                       | 4            |
| 1979       | 48                            | 16   | 37   | 88      | 23        | 212   | 119                      | 4            |
| 1980       | 13                            | 57   | 48   | 54      | 34        | 206   | 70                       | 4            |
| 1981       | 22                            | 59   | 60   | 64      | 28        | 233   | 133                      | 5            |
| 1982       | 51                            | 77   | 14   | 79      | 26        | 247   | 181                      | 7            |

### Odling

Uppgifter om sättnig, uppkomst etc. finns i tabell 47. Radavstånd, utsädesmängder, bladmögelsbekämpning och övriga åtgärder under odlingen följde normal praxis. Blastdödning utfördes dock inte utan blasten fick vissna ned naturligt.

### Provtagningar och analyser

Tillväxtförloppet följdes genom att blast- och knölprover togs ut vid fyra tillfällen under växtperioden. I varje försöksled grävdes plantor

Tabell 47. Tidpunkt för sättnig, uppkomst m.m. samt för spridning av kväve under växtperioden.

Date of planting, emergence etc. and of N-application during the growth period.

| År<br>Year | Sättnig<br>Planting | Uppkomst<br>Emergence | Knölbild-<br>ningens<br>början<br>Tuber<br>initiation | Kvävegödsling<br>N-fertilization |                      |             | Skörd<br>Harvest |
|------------|---------------------|-----------------------|---|----------------------------------|----------------------|-------------|------------------|
|            |                     |                       |   | Tidig<br>Early                   | Medelsen<br>Moderate | Sen<br>Late |                  |
| 1978       | 9/5                 | 4/6                   | 22/6  | 17/7                             | 3/8                  | 22/8        | 19/9             |
| 1979       | 10/5                | 3/6                   | 23/6  | 11/7                             | 27/7                 | 20/8        | 12/10            |
| 1980       | 6/5                 | 2/6                   | 28/6  | 14/7                             | 30/7                 | 25/8        | 29/7             |
| 1981       | 8/5                 | 27/5                  | 24/6  | 8/7                              | 24/7                 | 12/8        | 20/9             |
| 1982       | 29/4                | 28/5                  | 27/6  | 14/7                             | 27/7                 | 11/8        | 21/9             |

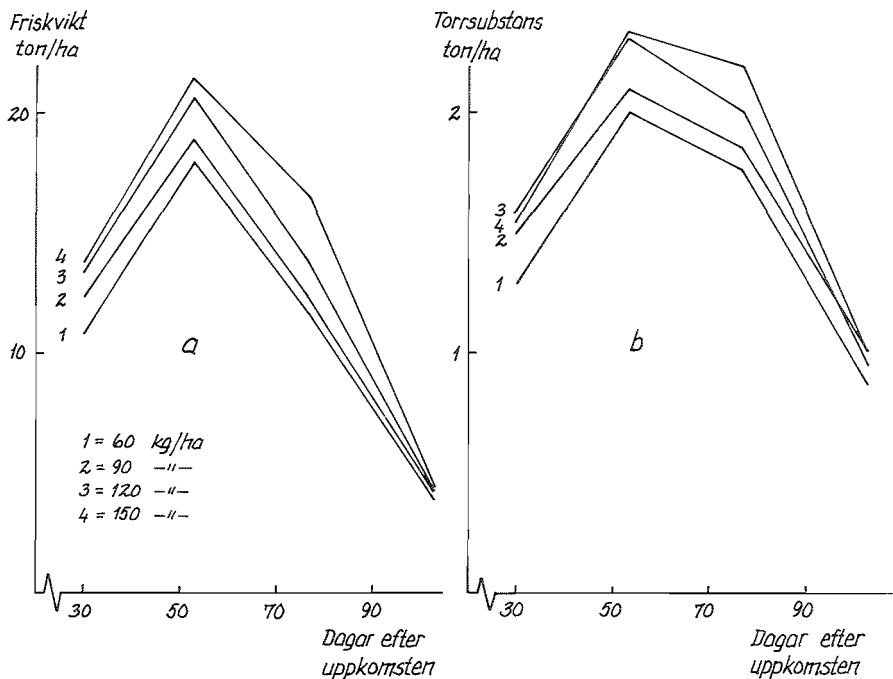
på 2,5 löpmeter av en rad upp. Blast och knölar vägdes och torrsbstanshalten bestämdes. Kväveinnehållet i de torkade proverna bestämdes. Blast- och knöltillväxten samt kväveupptagningsförloppet vid olika fördelning av kvävegivan kunde därigenom fastställas.

Plantorna grävdes upp så att underjordiska delar av stammen, stoloner och huvuddelen av rötterna tillvaratogs. Dessa delar vägdes och analyserades tillsammans med de ovanjordiska gröna delarna och redovisas i fortsättningen tillsammans med blasten.

### 3.4.2 Resultat

#### Blastproduktion

Bestämning av blast- och knöltillväxt gjordes i medeltal 30, 53, 77 och 103 dagar efter grödans uppkomst. Avvikelsen från dessa tidpunkter var högst ett par dagar. I figur 43 redovisas blastfriskvikten vid



Figur 43. Blastfriskvikt (a) och torrsbstans (b) vid olika kvävegivor före sättnigen. Medeltal av fem försök i Bintje 1978-82.

Fresh weight (a) and dry matter weight (b) of foliage at different levels of nitrogen applied before planting. Average of 5 trials with Bintje, 1978-82.



olika kvävenivåer. Den högsta uppmätta blastvikten fanns där hela kvävegivan gavs före sättningen. Skillnaderna mellan de olika kvävefördelningssätten var dock relativt små. Kvävegivorna som gavs i genomsnitt 43, 59 och 79 dagar efter uppkomsten ökade inte blastproduktionen nämnvärt men bidrog till att blasten förblev grön något längre.

Blastens torrsubstansproduktion blev högst då hela kvävegivan spreds före sättningen. Där givan före sättningen reducerades med 90 kg/ha (led D) blev högsta uppmätta torrsubstansproduktionen i medeltal cirka 10 procent lägre. Ökning av kvävegivan från 60 till 150 kg/ha höjde torrsubstansproduktionen med i genomsnitt 17 procent.

#### **Knöltillväxt och knölskörd**

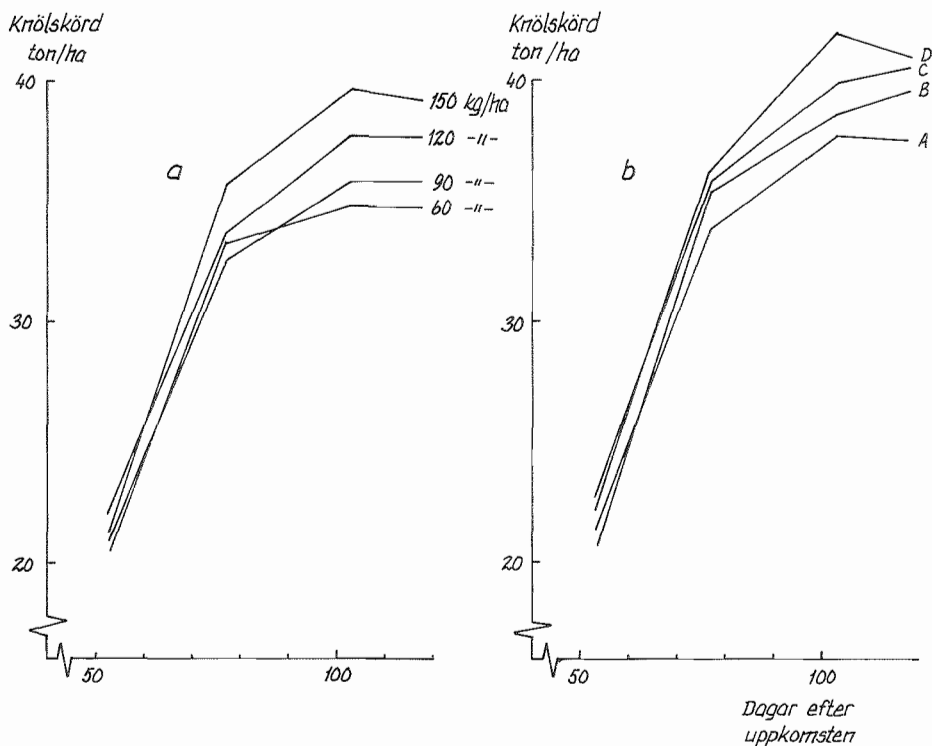
Knölbildningen började i genomsnitt cirka 24 dagar efter uppkomsten. Knölvikten bestämdes därefter vid fyra tidpunkter under tillväxten samt då tillväxten hade avslutats (figur 44). Vid de två första bestämningarna 30 respektive 53 dagar efter uppkomsten var skillnaderna mellan kvävenivåerna små. Därefter skilde sig tillväxtkurvorna alltmer åt.

Knölskörd och torrsubstanskörd vid olika kvävefördelning redovisas i tabell 48. För kväve som spreds före sättningen ökade knölskörden inom intervallet 60-150 kg/ha med 48 kg per kg kväve. Kväve som tillfördes under knöltillväxten hade större effekt på knölskörden. En giva på 30 kg/ha som tillfördes omkring 59 dagar efter uppkomsten höjde knölskörden med i genomsnitt 3,5 ton/ha dvs. med 117 kg per kg N.

Två givor på 30 kg/ha 43 respektive 59 dagar efter uppkomsten höjde avkastningen med i genomsnitt 7,3 ton/ha eller med 122 kg per kg N.

Tre givor på 30 kg/ha 43, 59 respektive 79 dagar efter uppkomsten gav i genomsnitt 8,0 ton/ha i merskörd dvs. 89 kg per kg N. Ökning av kvävegivan före sättningen med 90 kg/ha gav som jämförelse 4,3 ton i merskörd.

Det kväve som tillfördes under knöltillväxten gav i genomsnitt således mer än dubbelt så stort utbyte som motsvarande ökning av kvävegivan före sättningen.



Figur 44. Knöltillväxtförlopp vid olika kvävegivor före sättningen (a) och (b) vid olika fördelning av kvävegivorna under växtperioden (se texten). Kurvorna i (b) är medeltal för kvävegivorna 90, 120 och 150 kg/ha. Medeltal av fem försök i Bintje 1978-82.

Growth patterns of tubers at different levels of nitrogen applied (a) before planting and (b) at various stages of growth. Curves in (b) show average values for N-levels of 90, 120 and 150 kg/ha. Average of 5 trials with Bintje, 1978-82.

Vid de två första provtagningstillfällena var torrsubstanshalten i knölnarna klart lägre vid de höga kvävegivorna. Senare under knölnutvecklingen skedde en utjämning.

Delade kvävegivor, som innebar lägre kvävegiva före sättningen, medförde högre torrsubstanshalt i början av knölnutvecklingen. Vid skörden var skillnaderna i torrsubstanshalt små mellan de olika kvävefördelningssätten (figur 45). I medeltal för de fyra olika kvävefördelningarna sjönk torrsubstanshalten linjärt med stigande kvävegiva enligt sambandet

$$y = 21,76 - 0,007 x$$

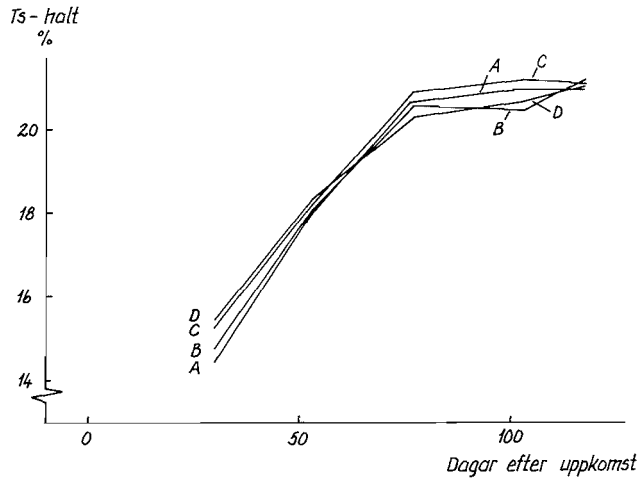
Tabell 48. Knölskörd, torrsubstansskörd, kvävehalt i knölna samt kväueupptagning i knölskörden. Medeltal av fem försök 1978-82.

Tuber yield, dry matter yield, N-content of tubers and N-uptake by tubers. Average of 5 trials 1978-82.

| Kväuefördehning                    | Total kväuegiva, kg/ha | Knöl-skörd, ton/ha | Torrsub-stansskörd, ton/ha | Kväuehalt, % | Kväueupp-tagning i knölar, kg/ha |
|------------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------------|--------------|----------------------------------|
| Time of N-application              | Total N applied        | Tuber yield        | Dry matter yield           | N-con-tent   | N uptake by tubers               |
| A. Hela givan före sättningen      | 60                     | 34,7               | 7,32                       | 1,61         | 118                              |
| Total N applied before planting    | 90                     | 35,8               | 7,45                       | 1,65         | 123                              |
|                                    | 120                    | 37,6               | 7,78                       | 1,79         | 139                              |
|                                    | 150                    | 39,0               | 8,23                       | 1,83         | 151                              |
| B. 30 kg/ha under knöltillväxten   | 60                     | 36,7               | 7,82                       | 1,56         | 122                              |
| 30 kg/ha during tuber growth       | 90                     | 37,5               | 7,91                       | 1,61         | 127                              |
|                                    | 120                    | 39,6               | 8,40                       | 1,72         | 144                              |
|                                    | 150                    | 41,4               | 8,65                       | 1,77         | 153                              |
| C. 2x30 kg/ha under knöltillväxten | 60                     | 36,8               | 7,91                       | 1,55         | 123                              |
| 2x30 kg/ha during tuber growth     | 90                     | 38,7               | 8,28                       | 1,59         | 132                              |
|                                    | 120                    | 41,4               | 8,61                       | 1,66         | 143                              |
|                                    | 150                    | 43,7               | 9,00                       | 1,84         | 166                              |
| D. 3x30 kg/ha under knöltillväxten | 90                     | 39,6               | 8,40                       | 1,61         | 135                              |
| 3x30 kg/ha during tuber growth     | 120                    | 40,3               | 8,46                       | 1,68         | 142                              |
|                                    | 150                    | 42,7               | 8,80                       | 1,83         | 161                              |
|                                    | 180                    | 44,8               | 9,14                       | 1,86         | 170                              |

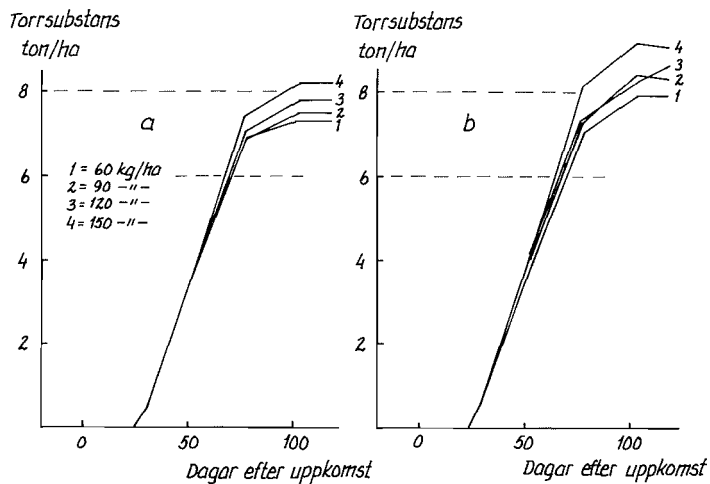
där y är torrsubstanshalten i procent och x är kväuegivan i kg/ha. Lutningskoefficienten för regressionslinjen varierade mellan -0,004 och -0,012 under de olika åren.

Torrsubstanstillväxten vid olika kväuegivor redovisas i figur 46 för spridningssätten A och C. Ökning av kväuegivan från 60 till 150 kg/ha före sättningen gav 12 procent högre torrsubstansskörd. I genomsnitt ökade torrsubstansproduktionen med 10 kg per kg N. Kväue som tillfördes under knöltillväxten gav 27, 23 respektive 16 kg torrsubstans i utbyte vid fördelningarna B, C respektive D.



Figur 45. Torrsubstanshalten i knölarna vid olika fördelning av kvävegivan under växtperioden (se texten). Kurvorna är medeltal för kvävegivorna 90, 120 och 150 kg/ha.

Dry matter content of tubers when nitrogen was applied at various stages of growth. Curves show average values for N-levels of 90, 120 and 150 kg/ha.



Figur 46. Torrsubstansskörd (knölar) vid olika kvävegivor då hela kvävegivan tillfördes före sättningen (a) och då 2x30 kg/ha tillfördes under knöltillväxten (b).

Dry matter yield of tubers for different N-levels when (a) total N-dressing was applied before planting and (b) when 2x30 kg/ha dressings were applied during tuber development.

Knölstorleksfördelningen påverkades föga av kvävefördelningen. I medeltal för alla kvävegivorna ökade andelen knölar som hamnade inom intervallet 35-75 mm med 1-2 procent vid delade kvävegivor medan andelen knölar mindre än 35 mm minskade i motsvarande grad. Skillnaderna var inte statistiskt signifikanta.

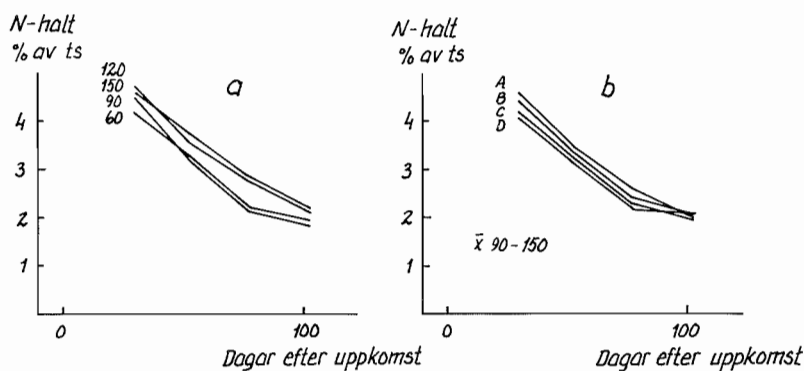
### Kvävehalt i blast och knölar

Kvävehalten i blasten avtog från första till sista provtagningen från omkring 4,5 till 2 procent av torrsubstansen. Vid delade kvävegivor blev kvävehalten i genomsnitt något lägre än då hela kvävegivan tillfördes före sättningen (figur 47).

Kvävehalten i knölarerna var högst vid första provtagningen. Vid skörden fanns ett klart samband mellan kvävegivans storlek och kvävehalten (figur 48a). Uppdelning av kvävegivan ledde till lägre kvävehalt i knölarerna vid de första provtagningarna. Vid skörden hade skillnaderna mellan de olika kvävefördelningarna jämnats ut (figur 48b).

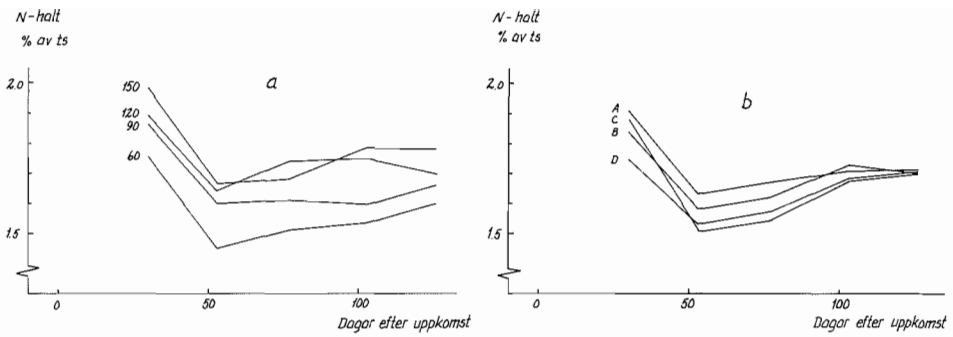
### Grödans kväveupptagningsförlopp

Kväveupptagningsförloppen vid olika kvävegödslingsnivå redovisas i figur 49 för de försöksled där hela kvävegivan tillfördes före sättningen.



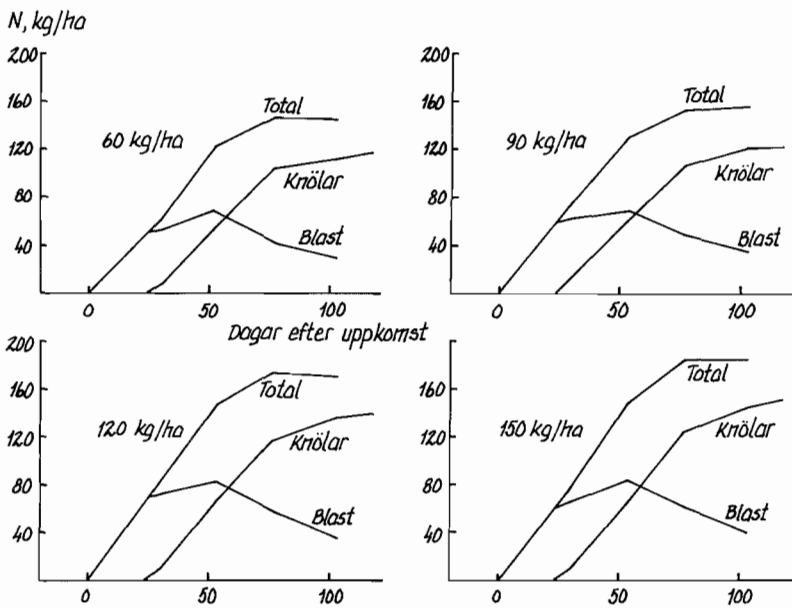
Figur 47. Kvävehalt i blasten vid olika kvävegivor före sättningen (a) samt (b) vid olika fördelning av kvävegivan under växtperioden (se texten). Kurvorna i (b) är medeltal för kvävegivorna 90, 120 och 150 kg/ha.

Nitrogen content of foliage at different N-levels applied (a) before planting and (b) at various stages of growth.



Figur 48. Kvävehalt i knölarna vid olika kvävegivor före sättningen (a) samt (b) vid olika fördelning av kvävegivan under växtperioden (se texten). Kurvorna i (b) är medeltal för kvävegivorna 90, 120 och 150 kg/ha.

Nitrogen content of tubers for different N-levels applied (a) before planting and (b) at various stages of growth. Curves in (b) show average values for N-levels of 90, 120 and 150 kg/ha.



Figur 49. Grödans kväveupptagning under växtperioden vid olika kvävegivor före sättningen.

Crop uptake of nitrogen during growing season for different nitrogen levels applied before planting.

Kväveinnehållet i blasten var högst vid provtagningen omkring 53 dagar efter uppkomsten. I genomsnitt innehöll blasten då 70-85 kg kväve per hektar vid tillförseil av 60-150 kg/ha. Innehållet varierade för enskilda försök inom intervallet 54-110 kg/ha.

Kväveinnehållet i blasten avtog under senare delen av växtperioden så att i genomsnitt 31-40 kg/ha återstod vid sista provtagningen. Eftersom kväveupptagningen i knölarna i stort sett var avslutad vid den tidpunkten kunde någon större omfördelning av kväve från blasten till knölarna inte längre ske. Huvuddelen av det kväve som fanns i blasten vid sista provtagningen blev därför kvar på fältet.

Grödans totala kväveupptagning var i stort sett linjär från uppkomsten till provtagningen omkring 53 dagar senare. Cirka 77 dagar efter uppkomsten nådde kväveinnehållet i grödan sitt maximum. Det fanns då 145-185 kg N/ha i knölarna och plantans övriga delar.

Med knölskörden upptogs 118-151 kg/ha då hela kvävegivan tillfördes före sättningen (tabell 48). Vid uppdelning av kvävegivan togs något mer kväve upp i knölskörden. Vid de tre första provtagningarna fanns det inga skillnader. Vid skörden var skillnaden i genomsnitt omkring 7 kg/ha.

Kväveupptagningen i blasten blev störst då hela kvävegivan gavs före sättningen. I medeltal innehöll blasten då omkring 9 kg/ha mer kväve vid växtperiodens mitt. Mot slutet av blastens livstid hade skillnaderna jämnats ut. Grödan tog således upp mindre kväve i blasten och mer kväve i knölarna när kvävegivan fördelades under växtperioden. Totalt blev upptagningen något större när kvävegivan delades upp.

#### **Kvoten knölar/blast**

Fördelningen av kvävegivan påverkade förhållandet mellan knöltillväxt och blasttillväxt. Av tabell 49 framgår att kvoten mellan knölskörd och blastfriskvikt i medeltal var 1,84 då hela kvävegivan gavs före sättningen. Vid uppdelning av kvävegivan blev kvoten 2,00-2,14.

Tabell 49. Kvot mellan knölskörd och blastfriskvikt vid olika fördelning av kvävegivan (A-D se tabell 48).

Ratio of tuber yield to foliage fresh weight for different N-application patterns (A-D see table 48).

| N-giva kg/ha<br>Total N applied | Kvävefördelning (N-application pattern) |      |      |      |
|---------------------------------|---|------|------|------|
|                                 | A                                       | B    | C    | D    |
| 60                              | 1,93                                    | 1,98 | 2,22 | -    |
| 90                              | 1,89                                    | 1,96 | 2,09 | 2,22 |
| 120                             | 1,82                                    | 2,05 | 1,99 | 2,20 |
| 150                             | 1,81                                    | 2,00 | 2,06 | 2,00 |
| $\bar{X}$ :90-150               | 1,84                                    | 2,00 | 2,06 | 2,14 |
| Rel.tal                         | 100                                     | 109  | 112  | 116  |

För torrsubstansproduktionen blev kvoten 3,48 vid gödsling enbart före sättningen mot 3,94-4,26 vid gödsling även under växtperioden (tabell 50). Vid beräkning av kvoterna har den högsta uppmätta blastfriskvikten respektive torrsubstansproduktionen i blasten under växtperioden använts.

Tabell 50. Kvot mellan torrsubstansproduktion av knölar och blast (A-D se tabell 48).

Ratio between dry matter yield of tubers and foliage. (A-D see table 48).

| N-giva kg/ha<br>Total N applied | Kvävefördelning (N-application pattern) |      |      |      |
|---------------------------------|---|------|------|------|
|                                 | A                                       | B    | C    | D    |
| 60                              | 3,66                                    | 3,72 | 4,44 | -    |
| 90                              | 3,56                                    | 3,90 | 4,08 | 4,52 |
| 120                             | 3,35                                    | 4,00 | 3,71 | 4,21 |
| 150                             | 3,52                                    | 3,91 | 4,15 | 4,04 |
| $\bar{X}$ :90-150               | 3,48                                    | 3,94 | 3,98 | 4,26 |
| Rel.tal                         | 100                                     | 113  | 114  | 122  |

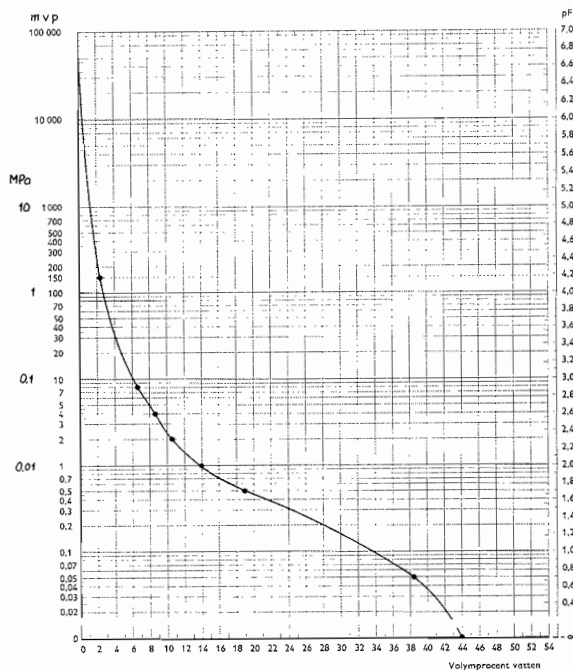


### 3.5 Stressfysiologiska studier

Under 1980 och 1981 utfördes studier av fysiologiska reaktioner hos potatisplantor vid olika markvattentillgång och vid olika grader av atmosfärisk stress. Undersökningarna genomfördes vid bioklimatstationen, Ultuna där av Institutionen för Växtodling för andra ändamål anlagda försök kunde utnyttjas.

#### 3.5.1 Undersökningens genomförande

Försöken genomfördes på en mullfattig moig sandjord vars bindningskaraktäristika framgår av figur 50. Ursprungligen har lerjorden på platsen schaktats bort till 0,5 meters djup och ersatts med sandjord från Nantuna. Under sandjordsskiktet finns lerjord med 30-40 % Terhalt. Rotutvecklingen är i huvudsak begränsad till de översta 20-30 cm av sandjorden.



Figur 50. Sambandet mellan vattenhalt och vattnets fysikaliska bindningstryck för försöksjorden vid bioklimatstationen.

Relationship between water content and matric tension in experimental plots at the Bioclimate Station.

Mätningar gjordes i bestånd av sorten Bintje. Förgrovt utsäde användes och uppkomst noterades i början av juni. Radavståndet var 70 cm och sätstavståndet 25 cm. Gödslingen uppgick till 150 kg kväve, 75 kg fosfor och 200 kg kalium per hektar.

Markfuktigheten reglerades genom bevattning och genom övertäckning av försöksrutorna med plastskärmar. I ett försöksled hölls markfuktigheten under hela växtperioden i närheten av fältkapaciteten. I ett annat led tilläts rotzonen torka ut till vissningsgränsen under knöltillväxten innan bevattning sattes in. Bevattningen utfördes med ett droppbevattningssystem av fabrikat Müco med en slang placerad i varje fåra.

#### **Potentialmätningar i systemet mark-växt-atmosfär**

Vattenpotentialen bestämdes i marken, i knölar, i blad och i luften ovanför beståndet.

Vattenpotentialen i marken ( $\Psi_s$ ) bestämdes med hjälp av snabbtensio-meter (Modell 2900 från Soilmoisture Equipment, USA). På grund av tensiometerens begränsade mätområde mättes markvattenpotentialen också med en tidigare omnämnd termoelektronisk utrustning (MCS 6000 från Moisture Control Systems, USA) med avsevärt större mätområde. Sensorerna placerades på 15-20 cm djup. I varje led placerades 3-4 sensorer.

Vattenpotentialen i bladen ( $\Psi_l$ ) och knölna ( $\Psi_t$ ) bestämdes med tryckkammarteknik (Scholander et al., 1965). Utrustningen som användes var Plant Water Status Console 3005 från Soilmoisture Equipment, USA. Diverse modifieringar för anpassning till svensk standard och för eliminering av säkerhetsrisker utfördes. Mätningarna skedde i fält för att tidsfördröjningen från avklippningen av blad och knölar till mätningen skulle bli så liten som möjligt.

Mätningarna utfördes på tredje eller fjärde bladet från toppen. Bladen sveptes in i tunn genomskinlig hushållsfolie varefter bladstjälken klipptes av. Bladen placerades därefter i hållaren så att 5-10 mm av stjälken stack ut. Knölna behandlades på liknande sätt och placerades i hållaren med 5-10 mm av den avklippta stolonen utanför.

Tryckökningen vid mätningarna skedde så långsamt som möjligt och med högst omkring 5 kPa per sekund. Vid varje mättillfälle uttogs 5-6 blad och 3-4 knölar. Standardavvikelsen blev då vanligen mindre än 30-50 kPa.

Luftens vattenpotential ( $\psi_a$ ) beräknades med formeln

$$\psi_a = \frac{R \cdot T}{V} \cdot \ln \frac{e_a}{e_m}$$

Temperatur och luftfuktighet mättes vid meteorologiska stationen i omedelbar närhet av försöksplatsen.

### 3.5.2 Resultat

1980 mättes vattenpotentialen i blad och knölar dels vid optimal markfuktighet och dels under ett upptorkningsförlopp då vattenpotentialen i rotzonen sjönk från -0,2 till -0,8 MPa. Mätningar skedde omkring klockan 07, 13 och 19 samtidigt som klimatdata registrerades vid den meteorologiska stationen. Klimatdata för de dagar då mätningar skedde redovisas i tabell 51. I figur 51 anges mätvärden på  $\psi_s$ ,  $\psi_t$  och  $\psi_l$  samt från klimatdata beräknade värden på  $\psi_a$ . Markfuktigheten hölls under mätperioden på en optimal nivå. Markvattenunderskottet tilläts inte bli större än omkring åtta mm. Markvattenpotentialen varierade mellan -7 och -12 kPa i centrala delen av rotzonen.

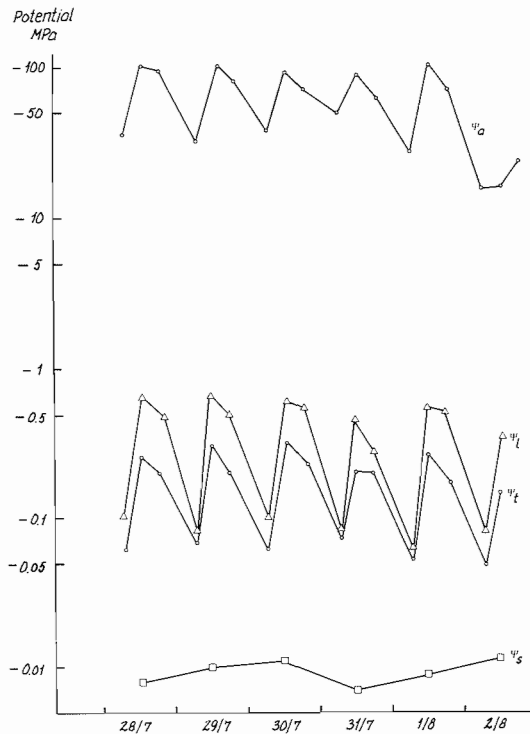
Luftens vattenpotential sjönk mitt på dagen till omkring -100 MPa och steg under natten till -25 - -50 MPa.

I spänningsfältet mellan atmosfär och mark ändrades vattenpotentialen i blad och knölar kraftigt under dygnet. På morgonen var  $\psi_l$  vanligen högre än -0,1 MPa. Mitt på dagen sjönk potentialen till -0,5 - -0,7 MPa.  $\psi_t$  var alltid högre än  $\psi_l$  vilket är en förutsättning för vattentransport från roten och genom stjälkar och blad. Såväl  $\psi_l$  som  $\psi_t$  kunde under natten återgå till utgångsläget.

I figur 52 redovisas resultat från samma period 1980 som i figur 51.  $\psi_a$  är således identisk i de båda figurerna. Som framgår av figur 52 var markvattenpotentialen här betydligt lägre och sjönk alltmer

Tabell 51. Klimatdata för bioklimatstationen, Ultuna.  
Data recorded at the Bioclimate Station, Ultuna.

| Datum<br>Date | Lufttemperatur (2 m)<br>Air temp |      |      | Rel. luftfuktighet<br>Rel. humidity |               |    | Insojation,<br>MJ/m <sup>2</sup><br>Radiation | Relativ sol-<br>skenstid, %<br>Rel. sunshine<br>duration | Potentialt evap.<br>enl. Penman<br>Potential E <sub>p</sub> |     |
|---------------|----------------------------------|------|------|-------------------------------------|---------------|----|---|--|---|-----|
|               | k1                               | 07   | 13   | 19                                  | min.<br>temp. | k1 |   |  |   | 07  |
| 28/7 1980     | 20,0                             | 25,6 | 22,4 | 12,4                                | 77            | 47 | 50  | 24,6   | 96  | 3,9 |
| 29/7 "        | 19,0                             | 25,7 | 22,4 | 11,0                                | 79            | 47 | 55  | 21,7   | 85  | 3,5 |
| 30/7 "        | 19,3                             | 25,9 | 22,8 | 10,6                                | 76            | 51 | 60  | 19,0   | 72  | 2,9 |
| 31/7 "        | 20,2                             | 25,7 | 22,8 | 13,7                                | 71            | 53 | 63  | 17,2   | 41  | 2,9 |
| 1/8 "         | 19,7                             | 25,9 | 23,5 | 12,8                                | 84            | 47 | 60  | 23,4   | 89  | 3,5 |
| 2/8 "         | 19,7                             | 20,2 | 20,5 | 12,7                                | 89            | 89 | 84  | 12,4   | 20  | 2,0 |
| 11/8 1981     | 16,9                             | 23,6 | 18,5 | 14,4                                | 77            | 63 | 74  | 18,6   | 62  | 3,1 |
| 12/8 "        | 17,7                             | 25,1 | 21,2 | 14,9                                | 85            | 51 | 80  | 19,7   | 78  | 2,9 |
| 17/8 "        | 10,1                             | 11,4 | 12,0 | 10,1                                | 91            | 84 | 88  | 5,4  | 0   | 1,3 |

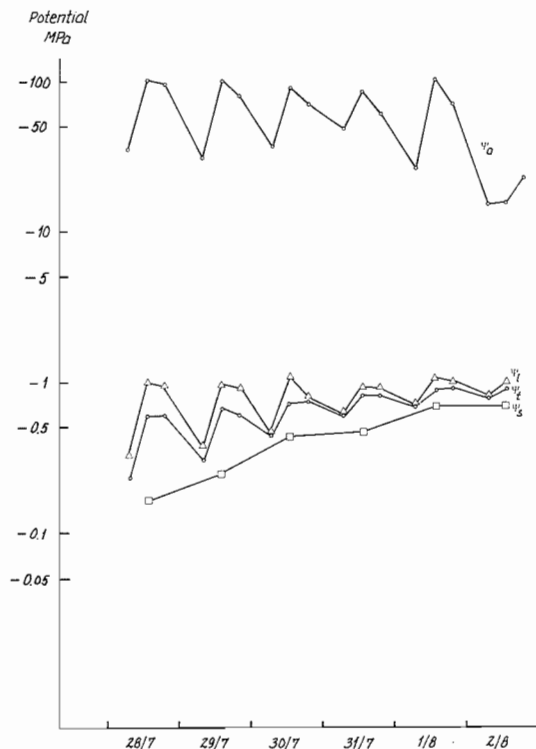


Figur 51. Vattenpotential i rotzonen (s), i knölnarna (t), i bladen (l) och i atmosfären (a) vid olika tider på dygnet under en period med mycket god vattentillgång.

Water potential in rootzone (s), tuber (t), leaf (l) and atmosphere (a) at different times of the day during a period with good soil water supply.

under mätperioden. De lägsta uppmätta  $\Psi_1$ -värdena var omkring -1,1 MPa mitt på dagen. Blasten slokade i synnerhet under senare delen av mätperioden kraftigt och kunde inte återhämta sig under natten.

1981 gjordes mätningar av  $\Psi_1$  med ett par timmars intervall mellan klockan 07 och 19.  $\Psi_t$  mättes kl. 07, 13 och 19 och  $\Psi_s$  mättes morgon och kväll. Mätningarna utfördes under dagar med olika avdunstningsförhållanden och vid olika markfuktighet. Mätresultat från tre dagar med skilda förhållanden redovisas i figur 53.



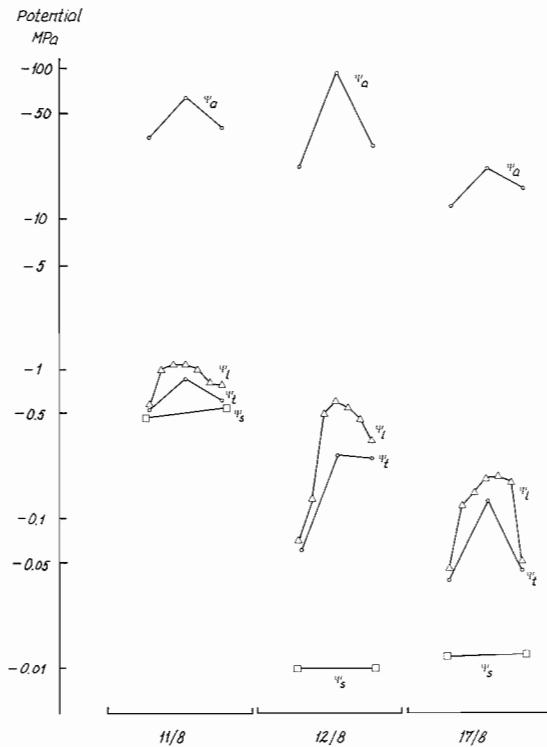
Figur 52. Vattenpotential i rotzonen (s), i knölnarna (t), i bladen (l) och i atmosfären (a) vid olika tider på dygnet under en period med minskande vattentillgång i rotzonen.

Water potential in rootzone (s), tuber (t), leaf (l) and atmosphere (a) at different times of the day during a period with decreasing soil water content.

Den 11 augusti hade växlande molnighet och måttlig atmosfärisk stress ( $\psi_a$ ). Rotzonen var ganska torr med värden på  $\psi_s$  omkring  $-0,5$  MPa. Mellan kl. 9 och 15 var  $\psi_l$  lägre än  $-1$  MPa.

Det 12 augusti var en solig dag med låg  $\psi_a$  mitt på dagen. Rotzonen var uppfuktad till fältkapacitet.  $\psi_l$  sjönk kl. 13 till  $-0,6$  MPa och steg sedan under eftermiddagen.

Den 17 augusti var en sval, mulen dag med nordlig vind.  $\psi_a$  var hög på grund av den höga luftfuktigheten. Markfuktigheten var i närheten av



Figur 53. Vattenpotential i knölar (t) och blad (l) under dagar med olika atmosfäriska förhållanden ( $\psi_a$ ) och vid olika vattentillgång i rotzonen ( $\psi_s$ ).

Water potential in tuber (t) and leaf (l) during days with different atmospheric conditions ( $\psi_a$ ) and rootzone moisture conditions ( $\psi_s$ ).

fältkapacitet.  $\psi_l$  sjönk denna dag endast till -0,2 MPa. Transpirationen var på grund av förhållandena i atmosfären mycket låg varför någon kraftig gradient  $\psi_s - \psi_l$  inte uppstod.

Mätningarna den 11 augusti tyder på att någon tillväxt inte varit möjlig under de rådande förhållandena. Trots att det uppenbarligen fanns växttillgängligt vatten i rotzonen tvingades växten tidigt stänga klyvöppningarna för att minimera vattenförlusten.

Den 12 augusti reducerades tillväxten troligen endast en kort stund mitt på dagen. Växtens vattenupptagning kunde i stort sett ske i takt med transpirationen.

Vid de betingelser som rådde den 17 augusti bör transpiration, fotosyntes och tillväxt inte ha begränsats av vattenfaktorn.



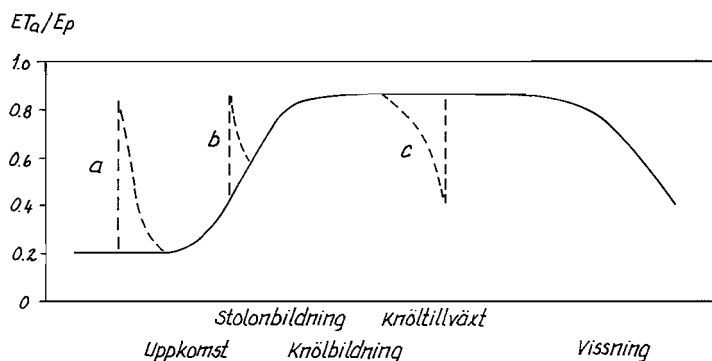
#### 4. SAMMANFATTNING AV RESULTATEN MED DISKUSSION

##### Modellförsöken

Ett av syftena med modellförsöken var att fastställa potatisens vattenbehov i relation till den potentiella evaporationen. I figur 54 åskådliggörs detta samband schematiskt.

Evaporationen före grödans uppkomst är i hög grad beroende av markytans fuktighet och av markens kapillära egenskaper. När markytan är fuktig blir evaporationen tillfälligt hög för att åter avta när ytlagret torkar ut. I genomsnitt uppgick evaporationen före grödans uppkomst till 20-25 procent av den potentiella evaporationen.

Efter uppkomsten stiger den relativa evapotranspirationen ( $ET_a/E_p$ ) snabbt och når efter omkring tre veckor maximal nivå. Bladyteindex är då detta inträffar cirka 3-4 och grödans täckningsgrad omkring 50 procent. Transpirationen begränsas då inte längre av bladytans storlek utan främst av den omgivande luftens förmåga att ta emot och

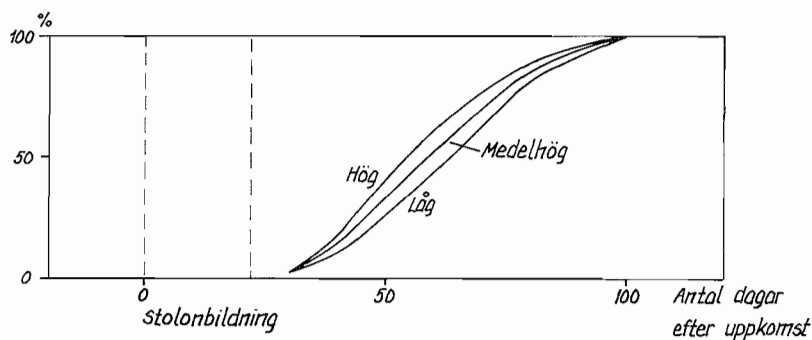


Figur 54. Samband mellan aktuell evapotranspiration och potentiell evaporation hos potatis som är välförsörjd med vatten (heldragen linje). Streckade linjer anger ökad evaporation då markytan (a) eller beståndet (b) är fuktigt och minskad transpiration vid otillräcklig markvattentillgång (c).

Relationship between actual evapotranspiration and potential evaporation for adequate soil moisture (continuous line) and under conditions of wet soil (a) or foliage (b) and limited soil water (c).

transportera bort vattenånga från växternas omedelbara närhet. Under den tid då blasten är grön och i tillväxt förblir kvoten  $ET_a/E_p$  ungefär konstant om grödan är välförsörjd med vatten i rotzonen. När markfuktigheten sjunker till en kritisk gräns avtar transpirationen för att åter bli maximal efter nederbörd eller bevattning. Var den kritiska gränsen går beror bland annat på jordens hydrauliska egenskaper, på rotdjup och rotintensitet och på avdunstningsbetingelserna. Vid hög potentiell evaporation begränsas transpirationen redan vid måttligt markvattendeficit. Vid låg eller måttlig atmosfärisk stress kan uttorkningen gå betydligt längre utan att transpirationen begränsas. Hur potatisgrödan påverkas av att på grund av begränsad markvattentillgång tvingas begränsa transpirationen under olika delar av växtperioden har modellförsöken givit en del upplysningar om.

Under stolonbildningsperioden påskyndades blasttillväxten av mycket god vattentillgång. En snabb blastveckling är önskvärd vid produktion av potatis för tidig skörd. Vid odling av sen matpotatis eller fabrikspotatis kan avkastningen bli minst lika hög om markfuktigheten är måttlig under veckorna närmast efter uppkomsten. Blasten tillväxer då långsammare men dess effektiva livslängd ökar. Knöltillväxten kan därför fortsätta under längre tid. I figur 55 visas schematiskt hur knöltillväxtförloppet påverkas av vattentillgången under tiden efter uppkomsten. Hög markfuktighet före knölbildningen påskyndade tillväxten så att skördenivån 20 ton/ha i Bintje uppnåddes 4-8 dagar



Figur 55. Knöltillväxt vid olika markfuktighet under stolonbildningen. Tuber growth as result of differences in soil moisture during stolon formation.

tidigare än vid medelhög eller låg markfuktighet under samma tid. Nivån 30 ton/ha nåddes 2-4 dagar tidigare vid hög markfuktighet efter uppkomsten.

Omkring 95 dagar efter uppkomsten hade skillnaden i tidighet jämnats ut. Slutskörden blev inte sällan högst där markfuktigheten var relativt låg under de första veckorna efter uppkomsten.

Knölskörden ökade med ökad markvattentillgång under knölbildnings- och knöltillväxtperioderna. I medeltal avtog skörden med 0,8 ton/ha för varje meter vattenpelare som den genomsnittliga tensionen i rotzonen ökade under knölbildningsperioden. För knöltillväxtperioden blev motsvarande reduktion 0,9 ton/ha.

Varje dag då uttorkningsgraden i rotzonen var mellan 25 och 50 % blev knöltillväxten 0,16 ton/ha lägre än då uttorkningen hölls inom intervallet 0-25 %. Vid uttorkning till 50-75 % reducerades knölskörden varje dag med 0,52 ton/ha.

Torka under knölbildningsperioden reducerade knöltillväxten kraftigare än torka senare under utvecklingen. Varje dag med måttlig eller stark uttorkning av rotzonen under knölbildningen innebar att knölskörden blev 0,27 respektive 0,69 ton/ha lägre. Under knöltillväxtperioden blev den dagliga tillväxtreduktionen i genomsnitt 0,15 respektive 0,41 ton/ha vid motsvarande uttorkning av rotzonen.

Antalet knölar som utvecklades påverkades av markfuktigheten under knölbildningsperioden. Markfuktigheten under knöltillväxtperioden var emellertid avgörande för hur många av de bildade knölarerna som uppnådde kommersiell storlek.

Jämn och hög markfuktighet påverkade knölkvaliteten i positiv riktning i många avseenden. Således blev frekvensen av knölar med sprickor, omväxningar och vanlig skorv låg vid god markfuktighet. Beträffande kokkvaliteten blev skillnaderna mellan behandlingarna i modellförsöken små. Orsaken torde vara att förhållandena inte ens i de torraste leden var så extrema som de ofta blir i fält. Även i de torraste leden fanns

det alltid växttillgängligt vatten i rotzonen. I bevattnade fält torkar rotzonen periodvis ut till vissningsgränsen vilket leder till irreversibla förändringar i knölnarna.

Markfuktigheten påverkade i hög grad grödans upptagning av växtnäring. Halten av kväve i knölnarna sjönk vid hög markfuktighet men grödans totala upptagning blev ändå betydligt större. Även fosfor- och kaliumupptagningen gynnades av god vattentillgång.

### **Fältförsök med olika bevattningsintervall och starttidpunkter**

För uppföljning och kontroll av de på artificiellt uppbyggda profiler erhållna resultaten genomfördes fältförsök i de södra delarna av landet. Försöken placerades på sand- och grovmojordar med kapacitet att kvarhålla 40-50 mm växttillgängligt vatten i rotzonen. Bevattning skedde när omkring 50 eller 75 procent av det växttillgängliga vattnet förbrukats.

Den potentiella evaporationen från grödans uppkomst till tillväxtens avslutning var 304-418 mm på de olika försöksplatserna. Nederbörden under samma tid var 56-182 mm. Behovet av bevattning varierade från 35 till 250 mm. För bestämning av bevattningsbehovet beräknades markvattenförrådets förändringar fortlöpande med hjälp av uppmätt nederbörd och potentiell evaporation. Metoden gav tillförlitlig beskrivning av markfuktighetsvariationen.

Kvoten  $ET_a/E_p$  blev i genomsnitt 0,44 i obevattnade försöksled, omkring 0,70 i försöksled som bevattnades vid 50 procents uttorkning och 0,65 i led som bevattnades vid 75 procents uttorkning.

Sambandet mellan knölskörden ( $y$ , ton/ha) och den relativa evapotranspirationen blev:

$$y = 43,4 \frac{ET_a}{E_p} + 10,8$$

För produktion av ett kilo knölar åtgick 55-63 liter vatten. Evapotranspirationen för varje kilo torrs substans blev 228-262 liter.

Av bevattningsvattnet bidrog omkring 70 procent till ökad evapotranspiration. I genomsnitt höjdes knölskörden med 8,6-10,4 kg för varje kubikmeter vatten som tillfördes. Det innebär att avkastningen per hektar ökade med 86-104 kg för varje mm bevattning. Totalt ökade bevattning knölskörden med 33-44 procent eller med 9,6-12,6 ton/ha.

Starttidpunkten för bevattningen hade inom det intervall som prövades ingen betydelse för knölskördens storlek men liksom i modellförsöken påverkades knöltillväxtförloppet av markfuktigheten under de första veckorna efter uppkomsten.

Bevattning med små givor och korta intervall gav i medeltal nära 3 ton/ha högre avkastning än bevattning vid 75 procents uttorkning. Skillnaden var större i sorterna Saturna och King Edward än i Dianella och Bintje.

Knölanantalet ökade vid bevattning. Största antalet knölar utvecklades då bevattningen startade tidigt och då uttorkningen inte tilläts överskrida 20-25 mm mellan bevattningstillfällena. Knölmedelvikten ökade vid god vattentillgång. Den högsta medelvikten erhöles då bevattningen påbörjades relativt sent och därefter skedde med korta intervall.

Torrsubstanshalten påverkades inte nämnvärt av vattentillgången i Bintje, King Edward eller Dianella. I Saturna sänktes torrsubstanshalten vid bevattning. Stärkelsehalten steg i Dianella men sjönk i Saturna då vattentillgången ökade.

Knölstorleken försköts mot större knölar vid bevattning. I medeltal hamnade halva avkastningsökningen inom intervallet 35-55 mm och halva inom intervallet 55-75 mm. I enskilda försök varierade andelen av skördeökningen som hamnade inom intervallet 35-55 mm mellan 34 och 93 procent medan 15 till 78 procent hamnade inom storleksintervallet 55-75 mm. Sortskillnader, utsädesmängd, sättknölsstorlek, sättavstånd, bevattningens utförande m.m. bidrog till de stora variationerna i knölstorleksfördelning. Vid lämplig kombination av olika odlingsåtgärder bör det vara möjligt att styra knölstorleksfördelningen i önskad riktning.

Knölarnas kemiska sammansättning påverkades av vattentillgången. Kvävehalten sjönk genomgående vid ökad vattentillgång. Upptagningen av kväve i knölskörden blev emellertid i medeltal 18 procent större vid bevattning. Halten av nitratkväve i knölna blev signifikant lägre i de bevattnade leden. Några litteraturuppgifter om vattentillgångens inverkan på nitrathalten i knölna har inte hittats.

Fosforhalten i knölna ökade vid förbättrad vattentillgång. Upptagningen av fosfor blev i medeltal 55 procent större vid bevattning.

Kaliumhalten i knölna sjönk något men upptagningen blev ändå drygt 30 procent större vid bevattning. Upptagningen av kalcium och magnesium ökade också vid god vattentillgång.

Angreppen av vanlig skorv blev signifikant lägre vid bevattning. Några säkra skillnader i angreppsfrekvens mellan de olika bevattningsleden kunde inte fastställas.

Benägenheten för sönderkokning ökade i synnerhet hos knölar som skalades före kokningen. Beträffande blötkokning och mörkfärgning efter kokning kunde inga säkra skillnader konstateras.

#### **Fältförsök med fördelning av kvävegivan under växtperioden**

Försöken genomfördes på jordar med kapacitet att magasinera 50-70 mm växttillgängligt vatten i rotzonen. Bevattning skedde vid 20-30 mm uttorkning av rotzonen. Grödan var således alltid relativt välförsörd med vatten. De olika försöken bevattnades 4-7 gånger med totalt 70-180 mm.

Spridning av hela kvävegivan före sättningen jämfördes med uppdelning av kvävegivan i 2-4 givor. Givorna under växtperioden tillfördes med bevattningsvattnet omkring 43, 59 och 79 dagar efter uppkomsten.

Blastproduktionen blev störst då hela kvävegivan gavs före sättningen. Kvävegivorna under växtperioden bidrog till att blasten förblev grön något längre på hösten.

Ökning av kvävegivan från 60 till 150 kg/ha före sättningen ökade produktionen av knölar med i medeltal 48 kg per kg kväve. Kväve som gavs under knöltillväxtperioden gav i utbyte 117, 122 respektive 89 kg knölar per kg vid 1, 2 respektive 3 givor. I genomsnitt blev utbytet av kväve som gavs under knöltillväxtperioden mer än dubbelt så stort som för kväve som gavs före sättningen.

Torrsubstansskörden ökade med 10 kg per kg kväve som gavs före sättningen. Kväve som gavs under växtperioden ökade ts-skörden med 27, 23 respektive 16 kg per kg kväve vid 1, 2 respektive 3 givor. Utbytet per kg kväve blev således störst då en eller två givor på 30 kg/ha tillfördes under växtperioden. Givan som gavs omkring 79 dagar efter uppkomsten hade sämre effekt på knölskörden än de givor som gavs omkring 43 eller 59 dagar efter uppkomsten.

Kväveupptagningen i blasten uppgick i genomsnitt till 70-85 kg/ha vid gödsling med 60-150 kg/ha. I enskilda försök fanns det mellan 54 och 110 kg i blasten vid provtagning drygt 50 dagar efter uppkomsten. Kväveinnehållet i blasten reducerades därefter så att 31-40 kg/ha återstod vid sista provtagningen.

I knölskörden fanns det i genomsnitt 118-170 kg kväve per hektar. Kväveinnehållet i knölskörden var i medeltal cirka 7 kg/ha större där en del av kvävegivan gavs under växtperioden.

Grödans kväveupptagning var i stort sett linjär under de första 50 dagarna efter uppkomsten. Omkring 80 dagar efter uppkomsten nådde grödans kväveinnehåll sitt maximum. Därefter var ökningen av kväve i knölskörden ungefär lika stor som minskningen i blasten.

Kvoten mellan knöl- och blasttillväxt ökade vid uppdelning av kvävegivan. Knöländelen av totalproduktionen blev således större när kvävegivan före sättningen reducerades och motsvarande mängd istället gavs under knöltillväxten.

Orsakerna till att knölskörden blev högre och kväveutnyttjandet effektivare vid uppdelning av kvävegivan kan vara flera. För det

första minskar risken för kväveförluster under försommaren när kvävekoncentrationen i markvätskan sänks. Avrinningsituationer inträffar inte varje försommar men vissa år förloras en stor del av det kväve som tillförs före sättningen med dräneringsvattnet eller till grundvattnet. Risken är naturligtvis störst på jordar med svag vattenhållande förmåga dit en stor del av potatisjordarna hör.

För det andra har kväve som tillförts under växtperioden bidragit till att blastens effektiva livlängd ökat. Även knöltillväxten har därför kunnat pågå något längre. Uppgifter i litteraturen tyder på att knölbildningen försenas av höga kvävegivor. Reducerad kvävegiva före sättningen kan således medföra att knöltillväxten påbörjas tidigare.

För det tredje har uppdelning av kvävegivan påverkat fördelningen mellan knöltillväxt och blasttillväxt i gynnsam riktning. Blasttillväxten har reducerats något och en större andel av totalproduktionen har blivit knölar.

Uppdelning av kvävegivan till Bintje har således givit högre knölskörd och ett effektivare utnyttjande av tillfört kväve. Totala kvävegivan har kunnat reduceras med 30 kg/ha eller mer jämfört med en engångsgiva före sättningen utan att avkastningsnivån sjunkit.

#### **Stressfysiologiska studier**

Vattenpotentialen i marken, i knölna och i bladen mättes och atmosfärens potential beräknades med hjälp av meteorologiska data. Syftet med undersökningen var att studera under vilka betingelser grödan utsätts för sådan vattenstress att tillväxten begränsas. Detta sker enligt uppgifter i litteraturen när bladvattenpotentialen sjunker till omkring  $-0,5$  MPa.

När markfukigheten var i närheten av fältkapacitet (dräneringsjämvikt med en grundvattenyta på omkring en meters djup) och lufttemperaturen omkring  $20^{\circ}\text{C}$  uppnådde bladvattenpotentialen inte några kritiska värden. Vid temperaturen  $25^{\circ}\text{C}$  och relativ luftfuktighet omkring 50 procent uppmättes mitt på dagen värden på bladvattenpotentialen mellan  $-0,5$  och  $-0,7$  MPa. Under några timmar varje dag begränsades tillväxten således på grund av vattenstress trots att markvattentillgången var



mycket god. Med stigande temperatur och avtagande luftfuktighet ökar den tid då tillväxten är begränsad.

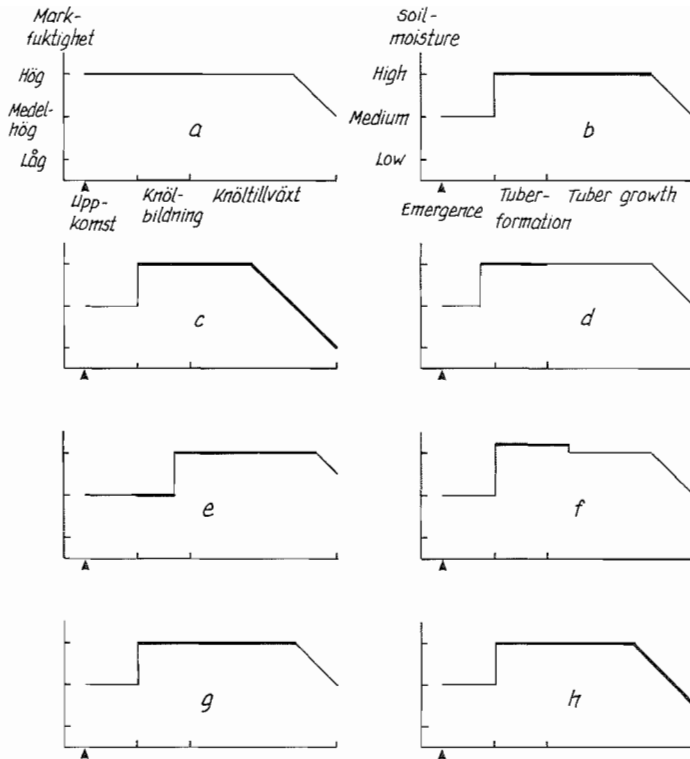
Under ett upptorkningsförlopp då markvattenpotentialen sjönk från  $-0,2$  MPa till  $-0,8$  MPa (dvs. tensionen steg från omkring 20 till 80 m vp.) uppmättes så låga värden på bladvattenpotentialen att någon tillväxt inte var möjlig under dagarna. Maximalt sjönk bladvattenpotentialen till omkring  $-1,0$  MPa men sällan längre. Uppenbarligen stängdes klyvöppningarna helt vid omkring  $-1,0$  MPa och någon ytterligare sänkning av bladvattenpotentialen skedde inte. Det innebär att markvattenpotentialen genom potatisens transpiration inte kan sänkas längre än omkring  $-1,0$  MPa. Vissningsgränsen för potatis är således omkring  $-1,0$  MPa (= 10 bar, ca 100 m vp). Inom markfysiken anges vissningsgränsen vanligen till 15 bar eller 150 m vp.

Under några dagar med olika förhållanden i rotzonen och i atmosfären uppmättes potentialen i växten med ett par timmars intervall. Mätningarna exemplifierar dels förhållanden då optimal tillväxt med hänsyn till vattenfaktorn är möjlig, dels förhållanden då tillväxten begränsas under en del av dagen och dels förhållanden då ingen nämnvärd tillväxt kan ske.

Mätningarna visar att potatisgrödan ofta är utsatt för vattenstress. Under krävande atmosfäriska betingelser inträffar detta temporärt även då markfuktigheten är hög. Utländska studier har också visat att knöltillväxten huvudsakligen sker under natten då växten återhämtat sig från stressen.

### **Riktlinjer för reglering av markfuktigheten**

Med ledning av erfarenheterna från de utförda undersökningarna och från uppgifter i litteraturen rörande potatisens reaktioner på fuktighetsförhållandena i marken kan modeller för optimal styrning av grödans vattentillgång ställas upp. I figur 56 har på ett schematiskt sätt angivits hur markfuktigheten bör styras då man önskar påverka odlingsresultatet i olika riktningar. Hög markfuktighet innebär att vatteninnehållet i rotzonen är nära fältkapacitet. Uttorkningen i rotzonen bör, beroende på jordart och avdunstningsförhållanden, inte



Figur 56. Schematiska markfuktighetsmodeller för potatis vid prioritering av a. tidig skörd, b. hög avkastning, c. hög torrsbstanshalt, d. stort antal knölar, e. stora knölar, f. låg frekvens av vanlig skorv, g. låg frekvens av växtsprickor och omväxningar och h. god kokkvalitet. De viktigaste perioderna har markerats med kraftigare streck.

Idealized soil moisture regimes for potatoes in order to obtain a. early harvest, b. high yield, c. high dry matter content, d. high number of tubers, e. high proportion of big tubers, f. low frequency of common scab, g. low frequency of cracks and deformations, h. good cooking quality.

överskrida 10-30 mm för att markfuktigheten skall betecknas som hög. Om grödans rotsystem är svagt utvecklat måste markfuktigheten vara högre än vid större rotdjup och rotintensitet för att grödans vattenbehov skall tillgodoses i motsvarande grad. Om vädret karakteriseras av hög potentiell evaporation är kraven på god vattentillgång i

marken likaså större än vid mindre krävande avdunstningsförhållanden. Med medelhög markfuktighet avses i figur 56 att omkring hälften av det växttillgängliga vattnet i rotzonen återstår.

För att påskynda tillväxten och för att erhålla en tidig skörd bör markfuktigheten styras enligt figur 56a. Markfuktigheten bör vara hög redan från tiden strax efter uppkomsten för att stimulera till en snabb vegetativ utveckling av beståndet. Det leder till en snabb knöltillväxt och till tidig avslutning av tillväxten.

För att erhålla en hög avkastning måste markfuktigheten vara hög under knölbildningen och knöltillväxten (figur 56b). Måttlig vattentillgång efter uppkomsten begränsar blasttillväxten något men förlänger knöltillväxtperioden vilket ger förutsättningar för en hög slutskörd.

Torrsubstanshalten blir hög om vattentillgången är hög och jämn under knölbildningen och under första delen av knöltillväxten. Lägre markfuktighet mot slutet av knöltillväxtperioden begränsar knölarnas storlekstillväxt mer än torrsubstansproduktionen vilket leder till hög torrsubstanshalt (figur 56c).

För att många knölar skall utvecklas krävs god vattentillgång särskilt under knölbildningsperioden (figur 56d). För att de bildade knölarerna skall utvecklas vidare måste vattentillgången vara god även under knöltillväxtperioden.

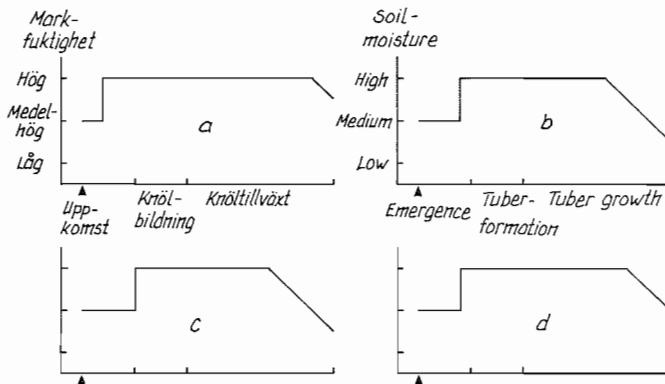
En förskjutning av knölstorleken mot större knölar kan åstadkommas om markfuktigheten regleras enligt figur 56e. Knölantalet begränsas av måttlig vattentillgång under huvuddelen av knölbildningsperioden. Under tiden därefter bör markfuktigheten vara hög för att knölarerna skall utvecklas till maximal storlek.

Om angrepp av vanlig skorv skall förhindras effektivt måste markfuktigheten vara mycket hög under knölbildningsperioden och ytterligare någon vecka därefter (figur 56f). Fuktighetsförhållandena före och efter denna period påverkar inte angreppsfrekvensen.

Om markfuktigheten är hög och jämn under knölbildnings- och knöltillväxtperioderna blir andelen knölar med växtsprickor, omväxningar och andra missformningar låg (figur 56g).

Knölarnas kokkvalitet förbättras i de flesta avseenden av en hög och jämn vattentillgång under större delen av växtperioden. Under slutskedet av knöltillväxtperioden bör markfuktigheten vara något lägre. Det gäller speciellt för potatis som skördas innan tillväxten avslutas. Hög markfuktighet ända fram till skörden kan då bland annat medföra problem med blötkokning (figur 56h). Generellt finns det risk för att hög markfuktighet under tiden närmast skörden har negativt inflytande på kvalitet och lagringsegenskaper.

I figur 57 anges optimal markfuktighet vid fyra olika odlingsinriktningar. Vid odling av färskpotatis (figur 57a) har tidig skörd hög prioritet. Markfuktigheten bör därför vara hög under större delen av växtperioden. En viss återhållsamhet med bevattning tiden närmast efter uppkomsten kan gynna den tidiga utvecklingen eftersom temperaturen vanligen är den mest begränsande tillväxtfaktorn tidigt på säsongen. Hög markfuktighet kan då sänka marktemperaturen och därmed



Figur 57. Optimal markfuktighet vid olika odlingsinriktningar. a. färskpotatis, b. matpotatis, c. utsädespotatis och d. fabrikspotatis. Generalized soil moisture regimes for a. early potatoes, b., main crop potatoes, c. seed potatoes and d. potatoes for industrial purposes.

försena utvecklingen något. Med hänsyn till risken för blötkokning bör bevattning upphöra omkring en vecka före skörden av färskpotatis.

I matpotatisodlingar är avkastningsnivån och kokkvaliteten avgörande för odlingens ekonomi. Markfuktighetsregimen i figur 57b ger förutsättningar för hög skörd, god kokkvalitet och motverkar dessutom angrepp av vanlig skorv. Utvecklingen kan påskyndas något om bevattningen påbörjas tidigare än vad som anges i figuren.

Vid odling av utsädespotatis (figur 57c) eftersträvas att en stor andel av knölskörden hamnar inom en speciell storleksklass. Hög markfuktighet under knölbildningsperioden gynnar utvecklingen av många knölar. Om markfuktigheten är hög under större delen av knöltillväxten kan knölarne utvecklas till lämplig storlek. Under senare delen av knöltillväxten kan markfuktigheten tillåtas sjunka så att knölarne storlekstillväxt begränsas.

Potatis som odlas för bränneri- och stärkelseindustrin bör i första hand ge så stort utbyte av torrs substans som möjligt. Markfuktigheten bör då vara hög under större delen av växtperioden. Tiden närmast efter uppkomsten och ett par veckor före tillväxtens avslutning är potatisen inte lika beroende av hög markfuktighet (figur 57d).

#### **Avslutande synpunkter**

I denna skrift har litteratur och undersökningar rörande vattenfaktorns inflytande på potatisens blastutveckling, knöltillväxt, knölkvalitet, näringsupptagning, evapotranspiration etc. presenterats. Potatisens tillväxt och kvalitet påverkas som framgått i många avseenden av vattentillgången. De krav som ställs på potatisskörden beror på vilket användningsområde skörden är avsedd för. Olika egenskaper prioriteras vid odling av färskpotatis, utsädespotatis, matpotatis och vid odling av potatis som skall bearbetas industriellt till stärkelse, pommes frites, potatismos eller chips. Ju fler tillväxtfaktorer som kan kontrolleras desto större blir möjligheterna att styra produktionen i önskad riktning. Reglering av vattentillgången är ofta en av de mest betydelsefulla åtgärderna därvidlag.

Effektiv bevattning förutsätter emellertid inte bara kännedom om grödans vattenbehov under olika utvecklingsstadier och om hur vattenbehovet påverkas av väderlekens skiftningar. Det behövs också metoder och hjälpmedel för att bedöma eller mäta när bevattning skall ske och hur mycket vatten som skall ges. Ett stort antal instrument och metoder har utvecklats för detta ändamål (Linnér, 1983). Den metod som använts i fältförsöken är enkel men uppfyller väl praktikens krav på precision.

Optimal bevattning ställer också stora krav på bevattningsutrustningens kapacitet och dess förmåga att sprida vattnet med precision under olika väderleksförhållanden. Den tekniska utvecklingen var under en period främst inriktad på att minska arbetsbehovet vid bevattning. Under senare år har utvecklingsarbetet i större utsträckning inriktats mot förbättrad precision i spridningen och mindre energikrävande teknik (Linnér, 1982).

För optimering av vattenfaktorn i odlingen behövs framtida insatser främst inom följande områden:

1. Utveckling av vatten- och energisnål teknik med hög precision.
2. Utveckling och tillämpning av metoder för styrning av bevattningen.
3. Ökade kunskaper om grödornas krav och reaktioner och om samspel mellan olika tillväxtfaktorer.

## 5. SUMMARY

The potato is a drought-sensitive crop, grown in many cases on soil types which are subject to drought. Irrigation has therefore become increasingly important in Swedish potato cultivation. In 1983, more than half the area cultivated for potatoes was irrigated. During the last ten years, yields from irrigated potato crops have been on average 25 % higher than those from non-irrigated.

The investigations reported here explore, as the title suggests, the relationship between soil moisture conditions and evapotranspiration, growth, nutrient uptake, yield and quality of the potato crop. Results show how irrigation, in combination with other cultivation factors, can be modified to soil moisture and weather conditions and to crop growth pattern thus achieving an optimal crop yield and effective utilization of water and nutrients while minimizing negative effects on the environment.

The experimental work for this thesis was carried out in the period 1971-82 and consists of:

- model experiments carried out in a controlled environment to investigate the effect of different drought intensities at various stages of development of early and late potato varieties,
- field trials on household and industrial potato varieties to show the effects of: timing of the first irrigation and degrees of soil water depletion between irrigations,
- field trials on nitrogen applications during growth when soil water is not limiting,
- moisture-stress experiments on potato plants under varying atmospheric and soil moisture conditions.

The literature review provides a background to the experimental part of this report. Development patterns and yield-determining factors for the potato crop are first described. There follows a theoretical illustration of the plant in the soil-water-air environment. Drought sensitivity of the potato is compared to other crops and related to measurements of moisture stress. Finally investigations into the influence of moisture factors on potato yield and quality are described.

## Model experiments

Model experiments were carried out under controlled conditions on early and late maincrop potatoes. The soil profile was built up artificially (table 1, figure 5) and rainfall was excluded by a plastic roof. Irrigation was provided using special plot irrigators.

Effects of three degrees of drought severity at progressive stages of crop development were compared to a control treatment where moisture depletion never exceeded 25 % of plant-available water in the rootzone (table 4, figure 7). The importance of soil moisture conditions at various stages of development could thus be assessed. Soil moisture and crop development were measured at short intervals.

The relationship between  $ET_a$  and  $E_p$  was established. Figure 12 shows this relationship - the crop coefficient curve - for the control treatment on late maincrop potatoes where water supply was always adequate. The corresponding relationship for early potatoes is shown in figure 30.

Results of trials on late maincrop potatoes are given in tables 13 and 15-20. Yields of early potatoes under various irrigation regimes are given in table 23.

Reductions in yield brought about by increased drought severity have been calculated. For every day of 25-50 % moisture depletion, tuber development was reduced by, on average, 0.16 t/ha compared to the control. For every day of 50-75 % depletion, yields were reduced on average by 0.52 t/ha.

Drought sensitivity at progressive stages of development was quantified (table 14). Drought during stolon formation did not significantly affect yields (figure 25). The average daily growth reduction was greater when drought occurred during tuber initiation than when it occurred later during development. Yields were reduced as much by drought during the tuber formation as during the tuber developing stage. Since the tuber formation stage is considerably shorter, it can be regarded as a critical stage with respect to availability of water.

For early potatoes, an early harvest is important and soil moisture should be high from emergence (table 23).



### **Field experiments on drought intensity**

In 20 field trials between 1975-78, importance of drought intensity and timing of first irrigation was investigated. Soil moisture depletion was 50 or 75 % when irrigation to field capacity was initiated. Irrigation was planned with help of water balance determinations using measurements of potential evaporation and precipitation. Actual evapotranspiration was calculated using crop factors. Calculated values agreed well with measured values.

Approximately 70 % of the water applied in field trials contributed to increased evapotranspiration (table 31).

Tuber development, number of tubers, tuber yields etc. are shown in figure 41 and 42 and in tables 32 and 33. Chemical composition of tubers, their reactions to boiling and incidence of potato scab at different soil water availabilities are shown in tables 36-44.

### **Split applications of nitrogen**

Field trials on the potato variety Bintje compared the traditional method of a single nitrogen dressing applied pre-planting with a split-dressing system comprising a smaller pre-planting N-dressing and 1-3 applications of 30 kg/ha N during tuber development. Dressings given during growth were applied with the irrigation water. All treatments were irrigated so that water was not limiting.

Nitrogen uptake by foliage and tubers was determined at four stages of growth. Rate of uptake at pre-plant dressing is shown in figure 49. Split dressings of nitrogen reduced N-uptake by foliage and increased N-uptake by tubers. Foliage production was reduced but tuber yield was increased. Thus the tuber/foliage ratio was improved by application of N in split dressing (table 49 and 50).

Utilization of nitrogen supplied during growth was more effective than that of nitrogen applied pre-planting. Tuber yield was increased on average by 48 kg for each kg N applied before planting and by 89-122 kg per kg N applied during growth.

### **Stress physiology of potato plants**

Investigations into stress physiology involved measurement of water potential in the soil, in the atmosphere, in potato leaves and in

tubers on a number of days with varying conditions. Matric potential in the rootzone was determined using tensiometers and thermo-electronic sensors. Tuber and leaf water potential were determined using the pressure chamber method. Atmospheric water potential was calculated from meteorological data.

Responses of potato plants to changes in soil moisture and evaporation rates were monitored. Results are given in figures 51-53. Other sources report cessation of potato growth when leaf water potential falls below -0.5 MPa. Assuming that this value is correct, results recorded in this report show that the potato plant is often subjected to growth limiting moisture stress. Leaf water potential fell below -0.5 MPa at least for some hours of practically every day recording was carried out.

### **Soil water models**

Using information gained from the experiments carried out and from current literature, schematic models for optimizing soil moisture in potato cultivation have been produced. Models showing how soil water influences eight important tuber characteristics are described in figure 56. "High soil moisture" in figure 56 means soil water content approaching field capacity. The maximum water deficit permissible before irrigation depends on soil type, depth of rooting and prevailing evaporation rates. A soil moisture deficit of 10-30 mm is often sufficient to limit potato growth.

In figure 57 optimal soil moisture regimes for four types of potato production are shown. The models in figure 57 show practical compromises between growers demand for high yields and specific quality demands of the market.

Finally, the need for research and development into optimizing soil water in cultivation is discussed. Areas of special interest in this respect are:

- Development of water and energy conserving irrigation techniques.
- Development and application of irrigation schedules and techniques.
- Increased research into crop needs and responses and into the relationship between various growth factors.

## 6. LITTERATURFÖRTECKNING

- Ackerson, R.C., Krieg, D.R., Miller, T.D. & Stevens, R.G. 1977. Water relations and physiological activity of potatoes. *J. Am. Soc. Horti. Sci.* 102, s. 572-575.
- Andersson, S. 1969. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XVIII. Om en ny och enkel evaporimeter. *Grundförbättring* 22, s. 59-66.
- Andersson, S. & Wiklert, P. 1970. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XX. Studier av några markprofiler i Norrland. *Grundförbättring* 23, s. 3-76.
- Aslyng, H.C. 1963. Soil physics terminology. *Int. Soc. Soil Sci. Bull.* no. 23, s. 7-10.
- Begg, J.E. & Turner, N.C. 1976. Crop water deficits. *Adv. Agron.* 28, s. 161-217.
- Biswas, A.K. 1980. Water: A perspective on global politics. United Nations. Economic Commission for Asia and the Far East. *Water Resources Journal* 11:4, s. 30-41.
- Bloemen, G.W. 1980. Calculation of hydraulic conductivities of soils from texture and organic matter content. *Z. Pflanzenernähr. Bodenkd.* 143, s. 581-605.
- Bodin, B. 1983. Utvecklingsförlopp och kvalitetsetablering hos potatis. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Inst. för växtodling. Rapport 125.
- Bodlaender, K.B.A. 1963. Influence of temperature, radiation and photoperiod on development and yield. In: Ivins, J.D. & Milthorpe, F.L. (red.): *The growth of the potato*, s. 199-210.
- Bodlaender, K.B.A., Lugt, C. & Marinus, J. 1964. The induction of second growth in potato tubers. *Eur. Potato J.* 7, s. 57-71.
- Bodlaender, K.B.A., Marinus, J. & van der Waart, M. 1982. Het effect van stikstofbemesting in verschillende ontwikkelingsstadia op groei en opbrengst van aardappelen op zand- en dalgrond. *Stikstof* 101, s. 9-16.
- Bolt, G.H. 1976. Soil physics terminology. *Int. Soc. Soil Sci. Bull.* no. 49, s. 26-36.
- Boyer, J.S. 1969. Measurement of the water status of plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 20, s. 351-364.
- Bradley, G.A. & Pratt, A.J. 1954. The response of potatoes to irrigation at different levels of available moisture. *Am. Potato J.* 31, s. 305-310.

- Bradley, G.A. & Pratt, A.J. 1955. The effect of different combinations of soil moisture and nitrogen levels on early plant development and tuber set of the potato. *Am. Potato J.* 32, s. 254-258.
- Bremner, P.M. & El Saeed, A.K. 1963. The significance of seed size and spacing. In: Ivins, J.D. & Milthorpe, F.L. (red.): *The growth of the potato*, s. 267-280.
- Brouwer, W. 1959. Beregning nach dem Entwicklungszustand der Pflanzen. In: Schierbeck, E.W. (red.): *Report of the conference on supplemental irrigation*. Copenhagen 1958, s. 93-98. Wageningen: Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding.
- Burrows, F.J. 1969. The diffusive conductivity of sugar beet and potato leaves. *Agric. Meteorol.* 6, s. 211-226.
- Burton, W.G. 1966. *The potato: A survey of its history and of factors influencing its yield, nutritive value, quality and storage*, 2:a uppl. Wageningen: Veenman & Zonen.
- Burton, W.G. 1981. Challenges for stress physiology in potato. *Am. Potato J.* 58, s. 3-14.
- Campbell, G.S. 1974. A simple method for determining unsaturated conductivity from moisture retention data. *Soil Sci.* 117, s. 311-314.
- Campbell, M.D., Campbell, G.S., Kunkel, R. & Papendick, R.I. 1976. A model describing soil-plant-water relations for potatoes. *Am. Potato J.* 53, s. 431-441.
- Carlsson, H. 1964. Utvecklingsförlopp och tillväxt hos potatis under vegetationsperioden. Lantbrukshögskolan, Uppsala. Inst. för växtodling. Licentiatahandling.
- Carlsson, H. 1975. Förgroning och bevattning av matpotatis. Lantbrukshögsk. Medd. A 235. Uppsala.
- Carlsson, H. 1977. Bredspridning och radmyllning av kvävegödsel till potatis. Lantbrukshögskolan, Uppsala. Inst. för växtodling. Rapporter och avhandlingar 57.
- Carlsson, H. 1979. Färskpotatisens kvalitet. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Inst. för växtodling. Rapport 76.
- Cavagnaro, J.B., de Lis, B.R. & Tizio, R.M. 1971. Drought hardening of the potato plant as an after-effect of soil drought conditions at planting. *Potato Res.* 14, s. 181-192.
- Cowan, I.R. 1965. Transport of water in the soil-plant-atmosphere system. *J. Appl. Ecol.* 2, s. 221-239.

- Davies, W.J. 1977. Stomatal responses to water stress and light in plants grown in controlled environments and in the field. *Crop Sci.* 17, s. 735-740.
- Dragland, S. 1978. Virkninger av tørkeperioder og to nitrogenmengder på potetsorten Saphir. *Forskn. Fors. Landbr.* 29, s. 277-299.
- Durrant, M.J., Love, B.G.J., Messen, A.B. & Draycott, A.P. 1973. Growth of crop roots in relation to soil moisture extraction. *Ann. Appl. Biol.* 74, s. 387-394.
- Emilsson, B. & Gustafsson, N. 1953. Scab resistance in potato varieties. *Acta Agric. Scand.* 3, s. 33-52.
- Franck, O. 1928. Redogörelse för resultat från bevattnings- och lysimeterförsök å Experimentalfältet 1923-27. *Medd. no. 332 Cent. Anst. Försöksv. Jordbr., Stockholm.*
- Fulton, J.M. 1970. Relationship of root extension to the soil moisture level required for maximum yield of potatoes, tomatoes and corn. *Can. J. Soil Sci.* 50, s. 92-94.
- Fulton, J.M. & Findlay, W.I. 1964. Cumulative effects of supplemental irrigation on fertilizer requirement, yield and dry matter content of early potatoes. *Am Potato J.* 41, s. 315-318.
- Gandar, P.W. & Tanner, C.B. 1976a. Leaf growth, tuber growth, and water potential in potatoes. *Crop Sci.* 16, s. 534-538.
- Gandar, P.W. & Tanner, C.B. 1976b. Potato leaf and tuber water potential measurements with a pressure chamber. *Am. Potato J.* 53, s. 1-14.
- van Genevgen, J. 1965. Beregeningsproeven met aardappelen op zware zeekelegrond. Proefstation voor det akker- en weidegebouw, Wageningen. *Mededeling 98.*
- Haddock, J.L. 1961. The influence of irrigation regime on yield and quality of potato tubers and nutritional status of plants. *Am. Potato J.* 38, s. 423-434.
- Hahlin, M. & Carlsson, H. 1980. Verkan av kväve, fosfor och kalium på avkastning och kvalitet hos några matpotatissorter. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. *Avd. för växtnäringslära. Rapport 124.*
- Hahlin, M. & Johansson, O. 1973. Fosfor- och kaliumgödning till matpotatis. *Lantbrukshögsk. Medd. A 192. Uppsala.*
- Hallgren, G. 1947. Studies on the influence of precipitation on crop yields in Sweden. *Lantbrukshögsk. Ann.* 14, s. 173-289. Uppsala.

- Hallgren, G. 1955. Forskning och teknisk utveckling på bevattningens område - en översikt. Grundförbättring 8, s. 190-222.
- Hallgren, G. 1960. Planläggning av bevattningsanläggningar. Jordbruksjournalen 1960:3, s. 4-5.
- Harris, F.S. 1917. The irrigation of potatoes. Utah Agric. Exp. Stn, Logan. Bull. 157.
- Harris, P.M. (red.) 1978. The potato crop. The scientific basis for improvement. London: Chapman & Hall.
- Herrmann, F.-J. 1955. Die Beregnung. Mittel zur Sicherung und Steigerung der Erträge im Kartoffelbau. Der Kartoffelbau 6:3, s. 52-53.
- Hillel, D. 1980. Applications of soil physics. New York: Academic Press.
- Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. Annu. Rev. Plant Physiol. 24, s. 519-570.
- Iwins, J.D. & Milthorpe, F.S. (red.) 1963. The growth of the potato. London: Butterworths.
- Johansson, W. 1967. Inflytandet av fuktighetsförhållandena i marken på potatisens tillväxt, utveckling och knölskörd. Grundförbättring 20, s. 29-40.
- Johansson, W. 1969. Meteorologiska elements inflytande på avdunstningen från Anderssons evaporimeter. Grundförbättring 22, s. 83-105.
- Johansson, W. 1970a. Erfarenheter från bevattning av potatis. Lantbrukshögskolan, Uppsala. Inst. för växtodling ... Resultat från försök och forskning med potatis. Potatisdag 1970.
- Johansson, W. 1970b. Beräkning av potentiell evaporation med ledning av observerade eller skattade värden för insolation, vindhastighet och ångtrycksdeficit. Grundförbättring 23, s. 95-115.
- Johansson, W. & Linnér, H. 1977. Bevattning. Behov-effekter-teknik. Stockholm: LTs förlag.
- Johansson, W. & Svensson, B. 1962. Potatisens tillväxt och utveckling som funktion av vattentillgången i marken. Lantbrukshögskolan, Uppsala. Inst. för agronomisk hydroteknik. Stencil.
- Jones, S.T. & Johnson, W.A. 1958. Effect of irrigation at different minimum levels of soil moisture and of imposed droughts on yield of onions and potatoes. Proc. Am. Soc. Horti. Sci. 71, s. 440-445.

- Jurriëns, M. & Bos, M.G. 1981. Developments in planning of irrigation projects. In: Land reclamation and water management. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Wageningen. Publication 27, s. 100-111.
- Jørgensen, V. 1977. Vanding af kartofler dyrket på kamme og uden kamme. Stofproduktion og vandforbrug. Tidsskr. Planteavl 81, s. 95-103.
- Jørgensen, V. 1979. Virkninger af varieret vandingsfrekvens i forskellige udviklingsfaser hos kartofler. Statens Planteavl-forsøg, Lyngby. Meddelelse 1469.
- Kirkerød, T. 1978. Vanning til poteter. Forskn. Fors. Landbr. 29, s. 499-518.
- Kleinkopf, G.E. 1983. Potato. In: Teare, I.D. & Peet, M.M. (red.): Crop-water relations, s. 287-305.
- Kramer, P.J. 1969. Plant and soil water relationships: A modern synthesis. New York: McGraw-Hill.
- Krug, H. & Wiese, W. 1972. Einfluss der Bodenfeuchte auf Entwicklung und Wachstum der Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum* L.). Potato Res. 15, s. 354-364.
- Labryère, R.E. 1971. Common scab and its control in seed-potato crops. Versl. landbouwk. onderz. 767. Wageningen.
- Lapwood, D.H. 1966. The effect of soil moisture at the time potato tubers are forming on the incidence of common scab (*Streptomyces scabies*). Ann. Appl. Biol. 58, s. 447-456.
- Lapwood, D.H. & Hering, T.F. 1968. Infection of potato tubers by common scab (*Streptomyces scabies*) during brief periods when soil is drying. Eur. Potato J. 11, s. 177-187.
- Lapwood, D.H. & Hering, T.F. 1970. Soil moisture and the infection of young potato tubers by *Streptomyces scabies* (common scab). Potato Res. 13, s. 296-304.
- Lapwood, D.H., Wellings, L.W. & Hawkins, J.H. 1973. Irrigation as a practical means to control potato common scab (*Streptomyces scabies*): Final experiment and conclusions. Plant Pathol. 22, s. 35-41.
- Letnes, A. 1958. The effect of soil moisture on the sprouting of potatoes. Eur. Potato J. 1, s. 27-32.
- Levy, D. 1983. Varietal differences in the response of potatoes to repeated short periods of water stress in hot climates. 1. Turgor maintenance and stomatal behaviour. Potato Res. 26, s. 303-313.

- Linnér, H. 1970. En droppbevattningsanläggning för försöksrutor. Grundförbättring 23, s. 157-161.
- Linnér, H. 1978. Vatten- och kvävehushållningen vid bevattning av en sandjord. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för lantbrukets hydroteknik. Rapport 113.
- Linnér, H. 1982. Växtnäringsbevattning. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för lantbrukets hydroteknik. Rapport 128, s. 9-16.
- Linnér, H. 1983. Bevattningsstyrning. Nord. Jordbrugsforsk. 65, s. 692-693.
- Llewelyn, J.C. 1963. Irrigation of potatoes. Univ. Nottingham. Rep. Sch. Agric. 1962, s. 47-51.
- van Loon, C.D. 1981. The effect of water stress on potato growth, development, and yield. Am. Potato J. 58, s. 51-69.
- Lugt, C., Bodlaender, K.B.A. & Goodijk, G. 1964. Observations on the induction of second-growth in potato tubers. Eur. Potato J. 7, s. 219-227.
- Millar, B.D. & Hansen, G.K. 1975. Exclusion errors in pressure chamber estimates of leaf water potential. Ann. Bot. 39, s. 915-920.
- Miller, D.E. 1973. Water retention and flow in layered soil profiles. In: Bruce, R.R. et al. (red.): Field soil water regime, s. 107-117. Soil Sci. Soc. Amer., Madison.
- Miller, D.E. & Bunger, W.C. 1963. Moisture retention by soil with coarse layers in the profile. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 27, s. 586-589.
- Milthorpe, F.L. & Moorby, J. 1979. An introduction to crop physiology, 2:a uppl. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Munns, R. & Pearson, C.J. 1974. Effects of water deficit on translocation of carbohydrate in *Solanum tuberosum*. Aust. J. Plant Physiol. 1, s. 529-537.
- North, J.J. 1960. Irrigation of farm crops. J.R. Agric. Soc. 121, s. 7-20.
- Penman, H.L. 1963. Vegetation and hydrology. Tech. Commun.-Commonw. Bur. Soils 53.
- Peeler, C.H., Harvey, P.N. & Rosser, W.R. 1966. Effect of irrigation on yield and tuber diseases of maincrop potatoes. Exp. Husb. 14, s. 30-42.



- Phene, C.J., Hoffman, G.J. & Rawlins, S.L. 1971a. Measuring soil matric potential in situ by sensing heat dissipation within a porous body: I. Theory and sensor construction. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35, s. 27-33.
- Phene, C.J., Rawlins, S.L. & Hoffman, G.J. 1971b. Measuring soil matric potential in situ by sensing heat dissipation within a porous body: II. Experimental results. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35, s. 225-229.
- Phene, C.J., Hoffman, G.J. & Austin, R.S. 1973. Controlling automated irrigation with soil matric potential sensor. *Trans. ASAE* 16, s. 773-776.
- Phene, C.J., Fouss, J.L. & Howell, T.A. 1981. Scheduling and monitoring irrigation with the new soil matric potential sensor. In: *Irrigation scheduling for water and energy conservation in the 80's*. ASAE Publ. 23-81, s. 91-105.
- Philip, J.R. 1966. Plant water relations: Some physical aspects. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 17, s. 245-268.
- Pätzold, C. & Stricker, H.W. 1964. Untersuchungen über den Knollenansatz und Ertragszuwachs bei Kartoffeln. *Z. Acker Pflanzenbau* 119, s. 149-158.
- Radley, R.W. 1963. The effect of season on growth and development of the potato. In: *Ivins, J.D. & Milthorpe, F.L. (red.): The growth of the potato*, s. 211-220.
- Rijtema, P.E. & Aboukhaled, A. 1973. Crop water use in the Arab Republic of Egypt. FAO Report, RNEA, Cairo.
- Robins, J.S. & Domingo, C.E. 1956. Potato yield and tuber shape as affected by severe soil-moisture deficits and plant spacing. *Agron. J.* 48, s. 488-492.
- Rognerud, B. 1966. Vatning mot nattefrost er lønnsomt. *Norsk Landbruk* 12/66, s. 6-7.
- Russel, M.B. (red.) 1959. Water and its relations to soils and crops. *Adv. Agron.* 11, s. 1-131.
- Rønsen, K. 1978. Nitrogenbehov ved vatning av poteter. *Norsk Landbruk* 21/78, s. 6-7.
- Sale, P.J.M. 1976. Effect of shading at different times on the growth and yield of the potato. *Aust. J. Agric. Res.* 27, s. 557-566.
- Salter, P.J. & Goode, J.E. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. *Commonw. Agr. Bur.*, Farnham Royal.

- Schendel, U. 1952. Die Wirkung künstlicher Beregnung in Sortenversuchen bei Winterweizen, Wintergerste, Erbsen und Kartoffeln. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkd. 59, s. 27-48.
- Schnieder, E. 1978. Einfluss der Beregnung und Stickstoffdüngung auf die Lagerungsverluste von Kartoffeln. Arch. Acker. Pflanzenbau Bodenkd. 22, s. 59-67.
- Scholander, P.F., Hammel, H.T., Bradstreet, E.D. & Hemmingsen, E.A. 1965. Sap pressure in vascular plants. Science 148, s. 339-345.
- Simpson, K. 1962. Effects of soil-moisture tension and fertilizers on the yield, growth and phosphorus uptake of potatoes. J. Sci. F. Agric. 13, s. 236-248.
- Simpson, G.M. 1981. Water stress on plants. New York: Praeger.
- Slatyer, R.O. 1967. Plant-water relationships. London: Academic Press.
- Slavík, B. 1974. Ecological studies 9. Methods of studying plant water relations. Berlin: Springer.
- SMJ. 1984. Rapporten från de objektiva skördeuppskattningarna 1983. Statistiska Centralbyrån, Stockholm. Statistiska meddelanden J 1984:8.3.
- Sparks, W.C. 1958. Abnormalities in the potato due to water uptake and translocation. Am. Potato J. 35, s. 430-436.
- Squire, G.R., Black, C.R. & Gregory, P.J. 1981. Physical measurements in crop physiology II. Water relations. Exp. Agric. 17, s. 225-242.
- Stegman, E.C. & Nelson, D.C. 1973. Potato response to moisture regimes. North Dakota Agr. Exp. Stn Research Report 44.
- Stegman, E.C., Schiele, L.H. & Bauer, A. 1976. Plant water stress criteria for irrigation scheduling. Trans. ASAE 19, s. 850-855.
- Steineck, O. 1958. Die Bewässerung der Kartoffel. Deutsche landwirtschaftliche Presse 81, s. 185-186.
- Struchtemeyer, R.A. 1961. Efficiency in the use of water by potatoes. Am. Potato J. 38, s. 22-24.
- Svensson, B. 1982. Potatis. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Inst. för växtodling. Rapport 98.
- Svensson, B. & Carlsson, H. 1969. Inverkan av ammoniumsulfat på potatisens avkastning och kvalitet. Lantbrukshögsk. Medd. A 110. Uppsala.
- Svensson, E., Johansson, O. & Jónsson, L. 1973. Försök med kvävegödsling till fabrikspotatis. Lantbrukshögsk. Medd. A 206. Uppsala.

- Taylor, S.A. & Rognerud, B. 1959. Water management for potato production. Utah Farm Home Sci. 20, s. 82-84.
- Teare, I.D. & Peet, M.M. (red.) 1983. Crop-water relations. New York: John Wiley & Sons.
- Welch, J.S. 1914. Irrigation practice. Idaho Agric. Exp. Stn Bull. 78.
- Wellings, L.W. 1973. The effect of irrigation on the yield and quality of maincrop potatoes. Exp. Husb. 24, s. 54-69.
- Wiebe, H.H. 1966. Matric potential of several plant tissues and biocolloids. Plant Physiol. 41, s. 1439-1442.
- Wiese, W. 1974. Einfluss der Wasserversorgung auf die Ertragsbildung der Kartoffelpflanze und auf Werteigenschaften der Knollen für die industrielle Verarbeitung. Dissertation. Tech. Univ. Berlin.
- Wheaton, R.Z., Kidder, E.H. & Erickson, A.E. 1963. Water requirements of potatoes. Mich. Agric. Exp. Stn Q. Bull. 46, s. 480-487.
- van der Zaag, D.E. & Burton, W.G. 1978. Potential yield of the potato crop and its limitations. 7th Tr. Conf. EAPR. Survey papers, s. 7-22.
- Zonn, I. 1974. Bewässerungsflächen in der Welt. ICID-Nachrichten 4:24. Ingår i Wasser und Boden 26:10.







Förteckning över utgivna häften i publikationsserien

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP.  
AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. RAPPORTER.

- 126 Eriksson, J. 1982. Markpackning och rotmiljö. Packningsbenägenheten hos svenska åkerjordar. Förändringar i markens funktion orsakade av packning. 138 s.
- 127 Erpenbeck, J.M. 1982. Irrigation Scheduling. A review of techniques and adaptation of the USDA Irrigation Scheduling Computer Program for Swedish conditions. 135 s.
- 128 Berglund, K & Björck, R. 1982. Om skördeskadorna i Värmlands län 1981.8 s.  
Linnér, H. 1982. Växtnäringsbevattning. 8 s.  
Eriksson, J. 1982. A field method to check subsurface-drainage efficiency. 7 s.
- 129 Karlsson, I. 1982. Soil moisture investigation and classification of seven soils in the Mbeya region, Tanzania. 56 s.
- 130 Wiklert, P. †, Andersson, S. & Weidow, B. 1983. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktsammanställning. Del V. Skaraborgs län. 130 s.
- 131 Wiklert, P. †, Andersson, S. & Weidow, B. 1983. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktsammanställning. Del VI. Örebro och Västmanlands län. 82 s.
- 132 Wiklert, P. †, Andersson, S. & Weidow, B. 1983. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktsammanställning. Del 1. Ultuna, Uppsala län. 125 s.
- 133 Wiklert, P. †, Andersson, S. & Weidow, B. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktsammanställning. del VII. Uppsala län. 140 s.
- 134 Wiklert, P. †, Andersson, S. & Weidow, B. 1983. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktsammanställning. Del VIII. Stockholms, Södermanlands och Östergötlands län. 122 s.
- 135 Wiklert, P. †, Andersson, S. & Weidow, B. 1983. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktsammanställning. Del IX. Hallands, Jönköpings, Kronobergs, Kalmar och Gotlands län. 104 s.
- 136 Wiklert, P. †, Andersson, S. & Weidow, B. 1983. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktsammanställning. Del X. Malmöhus och Kristianstads län. 116 s.
- 137 Wiklert, P. †, Andersson, S. & Weidow, B. 1983. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktsammanställning. Del XI. Kristianstads län. 110 s.
- 138 Berglund, G., Huhtasaari, C. & Ingevall, A. 1984. Dränering av jordar med rostproblem. 20 s.  
Ingevall, A. 1984. Dränering av tryckvatten. 10 s.
- 139 Persson, R. 1984. Vattenmagasin för bevattning. 57 s.
- 140 Ingevall, A. 1984. Beräkning av lerhalt från vattenhaltsdata. En jämförelse mellan hygroskopicitets- och vissningsgränsdata som

I denna serie publiceras forsknings- och försöksresultat vid avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet. Tidigare nummer i serien redovisas längst bak i rapporten och kan i mån av tillgång anskaffas från avdelningen.

This series contains reports of research and field experiments from the Division of Agricultural Hydrotechnics, Department of Soil Sciences. Earlier issues are listed at the end of the report and can be ordered - if still in stock - from the Division of Agricultural Hydrotechnics.

---

DISTRIBUTION:

Sveriges Lantbruksuniversitet  
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik