

Slutrapport för SLF-projekt nr V0642002

Abraham Joel & Ingrid Wesström
SLU, Institution för Mark och Miljö, Box 7014, 750 07 Uppsala

Strategier för optimal bevattningsstyrning i potatis

Inledning

Potatis är en produktionsintensiv gröda med höga krav på ett fungerande samspel mellan vatten- och näringstillgång. Under normala år blir bevattning en nödvändig förutsättning för att tillgodose potatisen med optimal vattentillgång. En väl utförd bevattning ska försörja växten med tillräckligt mycket vatten vid rätt tidpunkt och med jämn spridning över fältet, samtidigt som den ska vara ekonomiskt och rationellt utformad.

Den vanligaste bevattningstekniken i Sverige är bevattningsmaskiner med storspridare. Tekniken är rationell för storskaligt bruk, men den har nackdelar i form av låg spridningsprecision, vindkänslighet och hög energiförbrukning. Rampbevattning är en annan teknik som finns på den svenska marknaden. Den har en bättre spridningsjämnhet och ett lägre energibehov än storspridare. Nackdelar med rampbevattning är att bevattningsintensiteten ofta blir för hög, i storleksordningen 50 till 150 mm h⁻¹. Detta innebär ökad risk för ytvattenavrinning på jordar med låg infiltrationskapacitet, eller ökade perkolationsförluster i jordar med hög infiltrationskapacitet.

Idag finns flera faktorer som begränsar bevattningsutförandet och som bör minimeras om målsättning med att optimera vattenförsörjningen till potatis ska kunna uppfyllas. En vanlig begränsande faktor är bevattningskapacitet, samt att arbetsprioriteringar måste göras med andra förekommande sysslor. Förutom detta tar ofta lantbrukarna beslut om när det är dags att bevattna efter erfarenhet som inte alltid stämmer överens med grödans behov. Utveckling av hjälpverktyg är nödvändigt för att bemöta potatisens vattenbehov både i tid och mängd. Genom en bättre vattenstyrning skapas förutsättningar för att uppnå en högre avkastning med jämnare kvalitet. Detta är positivt för potatisodlarna, eftersom det ger ett effektivare utnyttjande av odlingsinsatserna och därmed ett bättre ekonomiskt resultat för odling. Den positiva miljöeffekten är mindre näringsläckage genom mindre vattenförluster och mindre mängd restkväve efter skörd. Rätt markfuktighet främjar växtnäringsupptag och därmed blir näringsutlakningen från fältet mindre.

Det övergripande syftet med projektet var att utveckla olika strategier för optimal vattenstyrning till potatis, genom att väga in flera faktorer så som potatisodlingens krav på vattenförsörjning, bevattningsteknik, hjälpsystem för vattenstyrning och skördeutbyte.

Material och metoder

Arbetet inom projektet har vara indelat i tre delmoment. Det första delmomentet var att i fältförsök studera effekterna av vattentillförsel och vattentillgång i marken på avkastning, näringsupptag och vattenåtgång. Detta har utförts under två försöksår 2006 och 2007, genom bevattning vid olika grader av vattenstress och med olika bevattningsteknik. Det

andra delmomentet var inriktat på utveckling och utvärdering av olika beslutstödssystem som kan hjälpa lantbrukarna att optimera vattenförsörjning i tid och mängd. Det tredje delmomentet har varit inriktat på att utvärdera tillämpbarhet och ekonomi för de olika bevattningsstrategierna.

Försöksplats och försöksutförande

Försöken har utförts på två olika fält, år 2006 respektive 2007, i Gärds Köpinge, ca 8 km söder om Kristianstad, i nordöstra Skåne (figur 1). Jordarten på försöksplatserna består av lerig sand i matjorden och av mjälalera i alven.



Figur 1. Karta över nordöstra Skåne, med försöksplatsen i Gärds Köpinge.

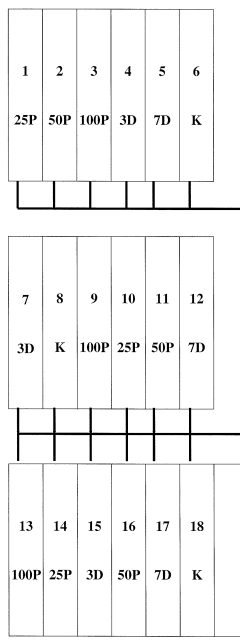
Försöket har bestått av tre randomiserade block med tre behandlingar i sex försöksrutor (10 x 25 m) samt tre kontrollrutor i anslutning till varje block (figur 2). Behandlingarna har bestått av tre olika beslutstödssystem för att styra bevattningstidpunkt. Beslutstödssystemen har baserats på markvattensensorer (led P), fastlagda bevattningsintervall (led D) och på klimatdata (led K).

I led P har bevattningen styrts efter olika vattenstressnivån i tre försöksrutor, där optimal nivå var satt till -25 kPa (led 25P), måttligt stress till -50 kPa (led 50P) och hög stress till -100 kPa (led 100P). Bevattningen har styrts efter vattentillgången på 0 till 30 cm djup. Efter varje bevattning har markfuktigheten återställt till maximal vattenhalt, dvs. -10 kPa. Vid ett vattenavförande tryck av -25 kPa är vatten fortfarande lättillgängligt för potatisen. Vattentillgången i marken blir därmed inte en begränsande faktor för tillväxten. Vid ett tryck av -100 kPa är vattenstressen tillräckligt stor för att bli en begränsande faktor.

I led D har bevattningen utförts efter två olika fastlagda bevattningsintervall i två försöksrutor. Ett intervall motsvarade ingen vattenstress med bevattning var tredje dag (led 3D). Ett andra intervall motsvarade vattenstress och bevattnades en gång per vecka (led 7D), ett vanligt förekommande intervall i Sverige. Intervallerna gällde för perioder utan nederbörd. Längre bevattningsintervall kunde förekomma under perioder med hög nederbörd.

I led K har bevattningen styrts efter uppmätt klimatdata i en försöksruta. När beräknad avdunstning motsvarade en vattenavgång på en tredjedel av det växttillgängliga markvattenförrådet i markprofilens översta 40 cm, utfördes bevattning med motsvarande giva för att täcka underskottet.

Kontrolledet var lantbrukarens normala bevattningsintervall på fältet som omgärdade försöksrutorna. Bevattningen utfördes efter brukarens eget beslut.



Figur 2. Försöksutförande med tre randomiserade block med tre behandlingar (P, K och D) och tre olika led (25P, 50P, 100P, K, 3D och 7D). Kontrollrutorna ligger i anslutning till blocken och är inte utsatta på försöksplanen.

Bevattningssystem

Försöksleden har bevattnats med droppbevattning som har gjort det möjligt att styra och kontrollera försöken på ett effektivare sätt. Syftet har också varit att testa hur tillämpligt droppbevattningssystem är för svensk potatisodling. Droppbevattningssystemet, Netafin streamline, har använts i försöken. Streamline är en tunnväggig lågtrycksdroppslang för radkulturer såsom jordgubbar, frilandsgurka, potatis, mm. Kostnaden per meter är ca 10 % av motsvarande tjockväggiga slangar. Systemet kan återanvändas i minst två säsonger. Droppavståndet har varit 30 cm. Systemet ger då ett flöde per meter motsvarande 3,5 l/h. Den rekommenderade max längden för slangarna är 226 m, för att bibehålla en jämn vattenfördelning.

I kontrolledet har bevattning skett med lantbrukarens egna bevattningssystem, en konventionell storspridare.

Mätningar

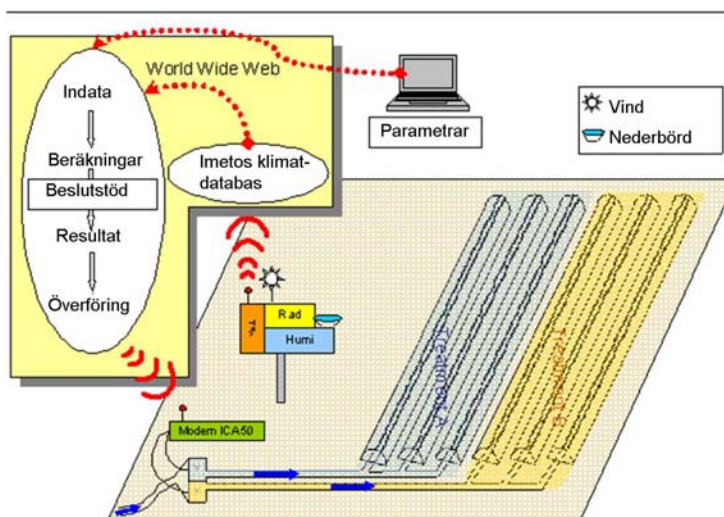
Markfuktighetsmätningar har utföras vid ett flertal tillfällen under växtsäsongen med en Delta-T sensor som anger den volymmetriska vattenhalt med hjälp av FD teknik (Frequency Domain). Markfuktigheten har bestämts ned till 1 m djup på 6 nivåer (10, 20, 30, 40, 60 och 100 cm). Mätningarna har utförts i fast monterade rör i marken med tre upprepningar i varje led. Data har samlats in och lagrats i en datalogger (Delta-T, HH2).

Som komplement till mätningarna av markfuktigheten har direkta mätningar av markvattenpotentialen med hjälp tensiometrar utförts.

Beslutstödssystem för bevattningsstyrning

Inom projektet har två metoder används för att styra bevattningen, en direkt och en indirekt metod. Den direkta metoden har bestått av mätningar av markvattenpotentialen med hjälp av tensiometrar. Tensiometrarna har reglerat vattentillförseln i det ena huvudledet (led P) med en signal som vid behov öppnar och stänger magnetventiler.

Den indirekta metoden har bestått av ett program som beräknar grödans vattenbehov, markvattenbalansen i fält och bevattningsgivornas storlek (Figur 3). Stödsystemet använder en indirekt metod för att uppskatta mängden växttillgängligt vatten i marken. En vattenbalans beräknas med hjälp av väderdata från en automatisk väderstation (IMT 300, Imetos). Mängden växttillgängligt vatten beräknas efter platsspecifika markfysikaliska parametrar och grödparametrar så som rotdjup och vattenbehov vid olika utvecklingsstadier (led K). Efter bearbetning av data är det möjligt att skicka en signal till magnetventiler så att bevattning utförs.



Figur 3. Schematisk skiss av beslutstödssystem för bevattningsstyrning (Robert, 2007).

Markkemiska analyser och skörd

Jordprovtagning för bestämning av mineralkväveförråd har genomförts 2 ggr per år, på våren före gödning och på hösten efter skörd (nivåer 0-30 cm och 30-60 cm). Före sätning har ett general prov tagits ut med 20 stick på nivån 0-30 cm och med 12 stick på nivån 30-60 cm. Proverna har slagits samman och tre analyser har utförts på varje nivå. Efter skörden skedde provtagning rutvis, med 10 stick på nivån 0-30 cm och 5 stick på nivån 30-60 cm. Efter sammanslagning har en analys utförts på varje nivå. Analyserna har gjorts på AnalyCen, Kristianstad, enligt svensk standard.

Skördens storlek bestämdes rutvis genom vägning av 2 rader à 12 meter i de två mittersta raderna i varje ruta. Ett prov per ruta togs ut för bestämning av N-innehåll, stärkelse och ts. Analyserna har utförts av Hushållningssällskapet, Kristianstad.

Skötselåtgärder och gödsling

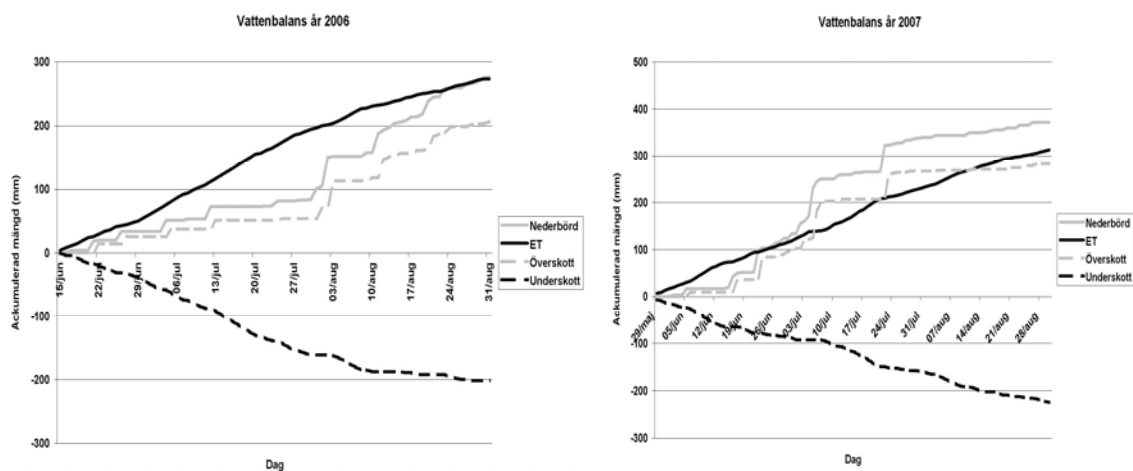
Försöket har skötts av lantbrukaren efter konventionella metoder som används vid potatisodling. Potatissorten Kuras har odlats båda försöksåren med höstvetete som förfrukt. Radavstånd och sätstavstånd var 75 respektive 37 cm. Försöken har inte plöjts på hösten. På våren har sättnings skett efter djupharvning (mulching). Kemisk bekämpning har utförts av ogräs, insekter och bladmögel. Gödsling av försöket har skett enligt tabell 1. Radmyllning av gödsel har skett i samband med kupning.

Tabell 1. Tillförelse av gödselmedel under försöksåren med näringsämnen i kg per ha⁻¹

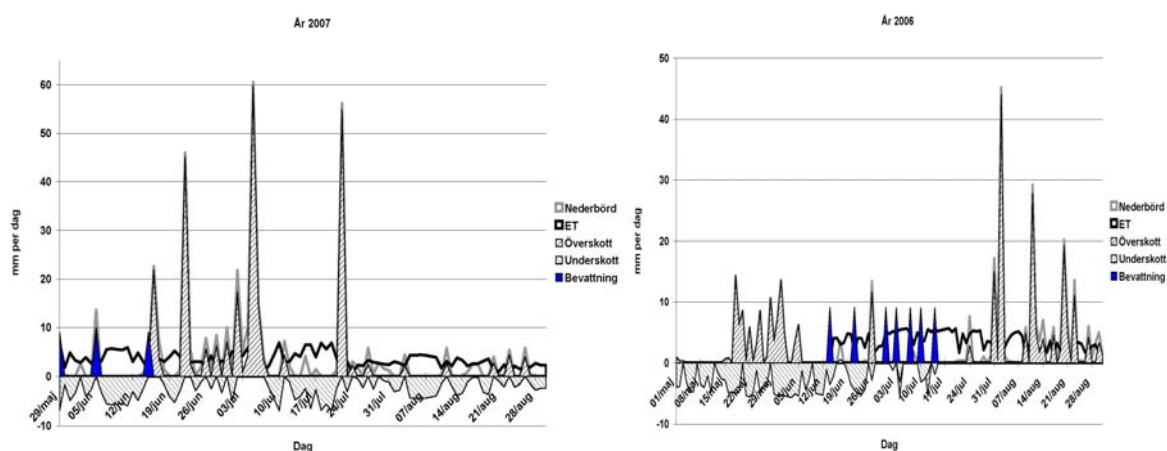
Datum	Gödselmedel	N	P	K	S
2005-12-01	Fastgödsel (26 ton)	13	39	104	
2006-05-26	Kaliumsulfat			105	45
2006-05-26	Försöksgödsel	110			
Totalt 2006		123	39	209	45
Totalt 2007-05-05	NPK (14-3-18)	126	27	162	

Resultat och diskussion

Båda försöksåren 2006 och 2007 karakteriserades av på olika sätt extrema väderförhållanden. År 2006 rådde försommartorka medan andra halvan av försöksperioden var mycket nederbördsrik och medförde bestående vattenstress hos grödan trots normalt bra dräneringsförhållande. Under juni och juli månad var nederbörden lägre än normalt och under augusti mer än tre gånger högre än normalt år 2006. Länsstyrelsen i Skåne län införde bevattningsförbud den 20 juli 2006. Motsatta förhållanden rådde under år 2007 då nederbörden var 3 gånger högre än normalt under juni och juli och lägre än normalt under augusti. Nederbörden på försöksplatsen var över den normala under de två försöksåren 823 mm (46 %) år 2006 och 806 mm (43 %) år 2007. Normalårsmedelnederbörden (1961-1990) vid SMHI:s väderstation i Kristianstad är 562 mm. Figur 4 visar vattenbalanser beräknade som ackumulerade skillnader mellan nederbörd och avdunstning för försöksplatsen under försöksperioderna år 2006 och 2007. I figur 5 redovisas dagligen beräknat under- och överskott av vatten samt antalet bevattningstillfällen under försöksperioden.



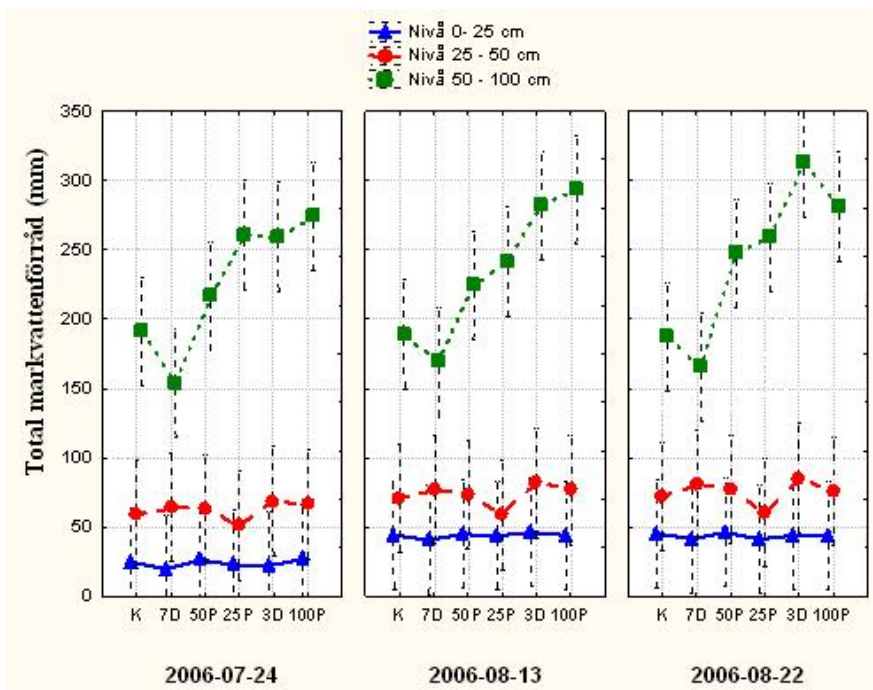
Figur 4. Ackumulerad vattenbalans för försöksperioden år 2006 och 2007, beräknad som skillnaden mellan nederbörd och avdunstning.



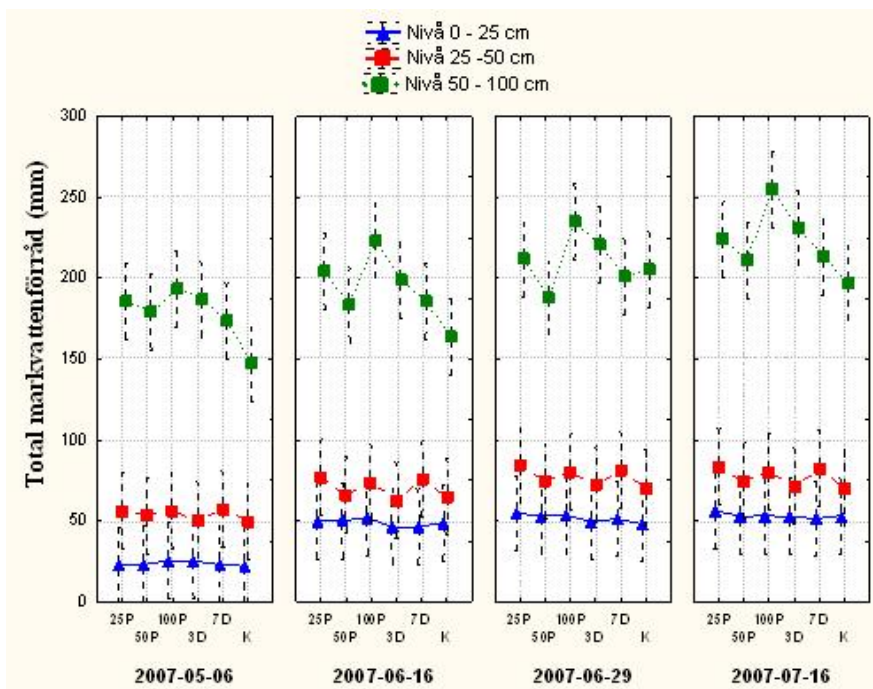
Figur 5. Daglig vattenbalans för försöksperioden år 2006 och 2007, över- och underskott av vatten, beräknad som skillnaden mellan nederbörd och avdunstning samt bevattningsstillfällen.

I figur 6 redovisas markvattenförrådet vid tre olika tillfällen där den första tidpunkten (en vecka efter den sista bevattningen) visar små variationer mellan försöksleden och de två andra mätilfällena visar maximalt markvattenförråd.

Under försöksåret 2007 regnade det mycket under hela odlings säsongen. I figur 7 redovisas markvattenförrådet vid fyra olika tillfällen; den första tidpunkten (kupningen) visar något torrare förhållanden, den andra tidpunkten visar markvattenförråd efter sista bevattningen och det tredje och fjärde tillfället bekräftar att vattenförråden kunde behållas med hjälp av nederbörden.



Figur 6. Markvattenförråd vid tre mättillfällen efter sista bevattning år 2006.



Figur 7. Markvattenförråd vid fyra mättillfällen år 2007.

Bevattning

Den första halvan av odlingssäsongen 2006 var mycket torr. Juli månad var i princip utan nederbörd med höga temperaturer och ett stort bevattningsbehov. Bevattning utfördes enligt försöksplanen och resulterade i 3 till 7 bevattningstillfällen, med en total

vattentillförsel på mellan 78 och 87 mm (Tabell 2). Observationer på fältet visade att grödan svarade positivt på bevattning i jämförelse med kontrollleden och skillnaderna mellan övriga led var små. Vid den första bevattningen den 14 juni tillfördes hela försöksytan 15 mm. Bevattningen skedde sedan enligt försöksplanen fram till den 20 juli då länsstyrelsen i Skåne län införde bevattningsförbud.

År 2007 utfördes den första bevattningen den 27 maj. Försöket bevattnades en sista gång den 16 juni. Riklig nederbörd under juli och augusti motverkade att bevattningsbehov uppstod. Bevattning utfördes enligt försöksplanen och resulterade i ett till tre bevattningstillfällen, med en total vattentillförsel på 24 till 36 mm (Tabell 2). Någon bevattningseffekt har därmed inte kunnat observeras.

Tabell 2. Bevattningsgivans storlek, antal utförda bevattningar samt total mängd bevattning för de olika leden under försöksåren 2006 och 2007

År		2006		2007	
Led	Giva (mm)	Antal bevattningar	Total bevattning (mm)	Antal bevattningar	Total bevattning (mm)
25P	9	7	63+15 = 78	3	27
50P	18	4	72+15 = 87	2	36
100P	24	3	72+15 = 87	1	24
K	9	7	63+15 = 78	3	27
3D	18	4	72+15 = 87	2	36
7D	24	3	72+15 = 87	1	24

Skörd

Skillnaderna i klimatförhållanden under försöksperioderna återspeglas i skillnader av skördenivåer år 2006 och 2007. Skörden var igenomsnitt 20 % högre år 2007. Observationer av skillnader i grödans tillväxt före bevattningsförbudet år 2006 mellan försöks- och kontrollled bekräftades av skörderesultatet (Tabell 3). Skörden var högre i samtliga försöksled jämfört med kontrollleden. Den rikliga nederbörden under försöksperioden år 2007, utan bevattningsbehov, ledde till utjämnade skörderesultat och inga signifikanta skillnader mellan leden (Tabell 4).

Tabell 3. Mängd skördad potatis och stärkelseinnehåll år 2006

Led	Knöl-skörd (ton ha ⁻¹)	Ts-skörd (kg ha ⁻¹)	Rel. tal	Stärkelsehalt (%)	Stärkelse (kg ha ⁻¹)	Rel. tal
25P	42,6	12947	107	24,3	10335	106
50P	39,9	12116	100	24,8	9871	101
100P	44,0	13643	113	24,2	10636	109
K	41,0	12211	101	24,0	9848	101
3D	43,7	13275	110	23,9	10422	107
7D	40,7	12633	104	24,4	9930	102
Kontroll	40,6	12132	100	24,0	9771	100

Tabell 4. Mängd skördad potatis och stärkelseinnehåll år 2007

Led	Knölskörd (ton ha ⁻¹)	Ts-skörd (kg ha ⁻¹)	Rel. tal	Stärkelsehalt (%)	Stärkelse (kg ha ⁻¹)	Rel. tal
25P	54,5	17370	105	25,4	13827	104
50P	52,5	17105	103	25,8	13568	102
100P	49,4	15170	92	25,3	12485	94
K	49,9	15748	95	25,1	12522	94
3D	52,3	16036	97	25,8	13488	102
7D	49,5	15429	93	25,8	12772	96
Kontroll	52,0	16560	100	25,5	13266	100

Kväveinnehåll i grödan och i marken

Skillnader i kväveinnehåll i grödan vid skörd var större mellan försöksåren än mellan försöksleden (Tabell 5 och 6). Kväveinnehållet var i genomsnitt 10 % högre år 2007 än 2006. Kväveinnehållet i grödan vid skörd var högre än tillförd mängd kväve båda försöksåren. Skillnaden mellan tillförd och bortförd mängd kväve kunde delvis förklaras av en minskning av mineralkväveförrådet under odlingssäsongen. Resterande mängd kväve, cirka 15 kg ha⁻¹, bör ha tillförts grödan genom mineralisering.

Tabell 5. Kväveinnehåll i knölar, tillförd mängd kvävegödsel samt skillnader i mineralkväve mellan vår- och höstprovtagning år 2006

Led	N-innehåll i knölar (kg ha ⁻¹)	Rel. tal	Tillförd mängd N (kg ha ⁻¹)	Skillnad bortfört och tillfört N (kg ha ⁻¹)	Skillnad i mineral-N (kg ha ⁻¹)
25P	142	106	123	-19	-2
50P	133	101	123	-10	-2
100P	150	109	123	-27	-9
K	134	101	123	-11	-2
3D	146	107	123	-23	-2
7D	138	102	123	-16	-9
Kontroll	133	100	123	-10	8

Tabell 6. Kväveinnehåll i knölar, tillförd mängd kvävegödsel samt skillnader i mineralkväve mellan vår- och höstprovtagning år 2007

Led	N-innehåll i knölar (kg ha ⁻¹)	Rel. tal	Tillförd mängd N (kg ha ⁻¹)	Skillnad bortfört och tillfört N (kg ha ⁻¹)	Skillnad i mineral-N (kg ha ⁻¹)
25P	150	105	126	-30	-16
50P	165	115	126	-45	-11
100P	162	113	126	-41	-15
K	152	106	126	-32	-15
3D	160	112	126	-34	-17
7D	139	97	126	-13	-12
Kontroll	144	100	126	-23	-19

Slutsatser

Trots de ogynnsamma bevattningsförhållanden under försöksåren har ändå erfarenheterna från båda odlingssäsongerna tillfört ny kunskap och belyst frågor som t.ex. hur man kan uppnå en bättre vattenstyrning till potatis och de stora riskerna som finns med näringsutlakning under rikliga nederbördsförhållanden. Framtida bevattningsstrategier bör ge möjligheter att bevattna med mindre bevattningsgivor (< 10 mm), automatisera bevattningsutförandet och kunna tillföra näringsämnen med bevattningsvattnet. Av de bevattningssystemen som finns på marknaden idag är det endast droppbevattning som uppfyller dessa krav. Med en vidare utveckling av rampbevattning skulle också detta system kunna tillmötesgå framtida krav.

Fördelen med droppbevattning är att vatten kan tillföras med små doser och oftast med 1 till 2 dagars bevattningsintervall. En god vattenstatus kan därför bibehållas under hela säsongen. Metoden kan automatiseras med endast översyn under bevattningssäsongen. Vattnet tillförs direkt i kupan därmed kan uppfuktning av fåran undvikas. Systemen ger också möjligheter till delade gödslingsgivor, som i tidigare försök har visat ge goda effekter. Teknisk utveckling har gått framåt och idag finns det färdiga system för 7 ha som totalt tar ca 5 timmar att lägga ut och ta in. Hantering av slangar bör dock förenklas ytterligare. Priserna på droppbevattningssystem har sjunkit avsevärt de senaste åren. En studie har genomförts på Gotland år 2005 av två examensarbetare med goda resultat i alla avseende.

Utöver fältförsöket har vi arbetat med att utveckla system för bevattningsstyrning med hjälp av sensorer som känner av markfukt, styrning och automatisering av bevattning med hjälp av väderinformation och genom sms-tjänst. Resultaten visar att det finns en relativt stor variation inom fältet mellan de olika mätplatserna. För att täcka den variation skulle det gå åt alldeles för många sensorer som innebär höga kostnader och svårigheter med hantering av all information. Styrning av bevattning med hjälp av väderdata och genom modellberäkning har en stor potential. Modellen behöver dock information om markegenskaper och väderdata. Inom ramen för projektet har vi arbetat med att ta fram parametervärde för olika jordar. Innan detta kan tillämpas i fullskala bör flera jordtyper studeras och resultaten måste valideras i fält.

Väderdata har samlats in via en IMetos väderstation. Väderstationerna som marknadsförs i Sverige är idag utrustade med ett gränssnitt för lagring och fördelning av information till flera användare. Därmed kan flera lantbrukare anslutas och ta del av information. Stationen är också utrustad med varningsprognoser för ett flertal grödor och kan kompletteras med ytterligare mjukvara för fullständig styrning av bevattning. Automatisering av bevattning via sms var praktisk genomförbart för droppbevattningssystem och innebär en stor arbetsbesparing. En liknande utveckling är värd att testa på exempelvis rampbevattning.

Publikationer och övrig resultatförmedling

Robert, P. 2007. Dynamic web tool to automate crop water supply. Automation of a drip irrigation system for a potato field in the south of Sweden. Examensarbete. SLU, Inst. för markvetenskap/École supérieure d'agriculture d'Angers, France. 36 s.

Projektet har presenterats på Bevattningsdagar i Kristianstad (Hushållningssällskapet, augusti 2006), vid två bevattningskurser för lantbrukare i Skellefteå och Östersund (Hushållningssällskapet, februari 2007) samt vid Potatisdagar i Alnarp, april 2008.