

## 6 Allmän diskussion och slutsatser

*Kerstin Berglund, SLU, Jens Blomquist, SBU, Bertil Christensson, Berndt Gerhardson, Olof Hellgren, Hans Larsson och Tomas Rydberg, SLU, Thomas Wildt-Persson, SBU*

Vid starten av projekt 4T ställdes följande övergripande mål upp:

1. kartlägga väsentliga, påverkbara faktorer som begränsar respektive befrämjar sockerskörden
2. presentera odlingstekniska lösningar som ger förutsättningar för avgjort högre sockerskörd

I det följande diskuteras resultaten av 4T-projektets olika delar – parstudie, fältförsök och biotronundersökningar – med utgångspunkt från de uppställda målen.

### Begränsande och befrämjande faktorer för sockerskörden

Påverkbara faktorer som begränsar och befrämjar sockerskörden diskuteras lämpligast i detta sammanhang med utgångspunkt i den modell för sockerskörd, med data från parstudiens fält, som presenteras i kapitel 3.6. Modellens begränsningar framgår av kapitel 3.8. Den statistiska analysen baserad på fyra variabler, med skörd av utvinnbart socker i ton per ha som funktion av variablerna, gav följande resultat:

$$\text{Skörd} = 2.9 + 1.5 \times \text{Vertikal infiltration} + 1.12 \times \text{pH i matjord} - 0.07 \times \text{Sådatum} - 0.4 \times \text{medelsvamp}$$

### Vertikal infiltration

Den första variabeln säger att varje 0,1 cm ökad **vertikal infiltration** av vattnet i matjord och alv, inom intervallet 0,1-0,9 cm/timme, ökar sockerskörden med 150 kg per hektar. Det är viktigt att poängtera att sambandet bara gäller inom giltighetsområdet vilket framgår av kapitel 3.8. Där framgår att effekten på sockerskörden blir mindre ju högre värde man har på den vertikala infiltrationen. Annorlunda uttryckt så har en ökning av den vertikala infiltrationen större effekt vid låga nivåer än vid redan höga. Detta illustreras också i figur 3 och 4 i kapitel 3.4.2.

De statistiska sambanden i kapitel 3.6 visar tydligt att en hög vertikal infiltrationsförmåga fanns på gårdar med hög bördighet och stor förekomst av dagmaskar. Det finns flera sätt att höja den vertikala infiltrationsförmågan i jorden – dränering, alvluckring, kalkning, grödval med mera. Alla strukturuppbyggande åtgärder ökar med andra ord den vertikala infiltrationsförmågan.

En välfungerande dränering är en grundläggande förutsättning för att upprätthålla tillväxtvänliga proportioner mellan fast material, vatten och luft i marken. Dräneringen är emellertid eftersatt i de svenska betfälten. Ungefär hälften av betarealen 1998 hade enligt frågekorten till betodlarna en tillfredsställande, ganska dåligt eller dåligt fungerande dränering det året (Blomquist, 1999). Förbättrad dränering och därmed högre vertikal infiltration i de svenska

sockerbetsfälten hade alldeles säkert höjt sockerskördarna enligt orsakssambandet i formeln ovan.

Grödval är en annan viktig komponent i diskussionen kring vertikal infiltration. Moberg (2001) jämförde i samma provpunkter i fält i Skåne och Uppland, markens fysikaliska status 1997 med data från 1950- och 1960-talen. Med avseende på porositet i marken fanns ingen signifikant minskning. Däremot fanns en tydligt försämrade vattengenomsläpplighet som gjorde sig gällande speciellt i alven under en halv meters djup. Detta kan tolkas som att odlingssystemen har förändrats genom att grödvalet har förskjutits över tiden. Vallodlingen har försvunnit och ersatts av ettåriga grödor. Med vallodling i växtföljden följde bättre upp-torkning och högre mängd skörderester som gynnade både multhalt och dagmaskpopulationer. Kontentan av resonemanget är att odlingen ur markfysikalisk synpunkt befinner sig på ett sluttande plan.

Det går dock att öka vattengenomsläppligheten genom relativt enkla medel vilket visas i kapitel 4.2.3 (figur 2 och 3) och 4.2.5 (figur 2 och 3). Av resultaten i kapitel 4.2.5 framgår att en ettårig grönträda med 30 procent rödklöver eller blålusern, ökade infiltrationen i matjorden 3-5 gånger jämfört med höstveten när mätningen gjordes följande år i sockerbetor. I alven ökade infiltrationen med mellan 20 och 50 procent. Om en trädesvall tillåts ligga mer än ett år visar också resultaten i kapitel 4.2.5 att dagmaskpopulationerna ökar explosionsartat vilket ytterligare bör öka infiltrationskapaciteten. Bedömningen av dessa resultat i samband med modellen ovan är, att en ettårig trädesvall med baljväxter är ett effektivt sätt att förbättra markens vattengenomsläpplighet och därmed potential för en högre sockerskörd.

I detta sammanhang kan det vara intressant att backa 80-90 år i tiden och lyssna till hur Juhlin Dannfelt (1916) beskrev bland annat sockerbetornas önskemål om jordens beskaffenhet för att avkasta höga skördar:

*"För att lämna tillfredsställande skördeavkastning ställa rotfrukterna stora anspråk på jordens beskaffenhet, som bör vara lucker, fri från stillastående vatten, väl genomluftad, ogräsfri och innehålla rik tillgång på lätt tillgänglig växtnäring. Då rotfrukterna i allmänhet (rovor och kålrötter dock minst) hava benägenhet att nedsända sina rötter djupt i jorden men ej äga förmåga att genomtränga hård och obrukad jord, är en djup matjord och en av naturen lätt genomtränglig eller genom bearbetning eller föregående grödors rötter luckrad alv ägnad att medföra hög skörd. Djup bearbetning av jorden är därför ett kraftigt medel att höja rotfrukternas avkastning och snart sagt ett villkor för en rätt lönande odling av de mest fordrande av dessa, betor, om ej jorden av naturen har en lätt genomtränglig alv."*

Också Rydberg et al. (1912) menade att sockerbetorna tillväxer bäst när jorden är lucker:  
*"Rotfrukter trivas endast i en väl genomluftad jord. Följaktligen måste rotfruktsfältet vara väl avdikat och ytan hållas lucker, så att luften har lätt tillträde".*

Av ovanstående stycken framgår att sockerbetorna besvarar en lucker, genomluftad och alv-genomtränglig jord, dvs en jord i god struktur, med hög skörd. En sådan jord kännetecknas av höga värden på den vertikala infiltrationsförmågan, vilket överensstämmer med resultaten av 4T-projektet.

## pH i matjorden

Den andra variabeln säger att höjning av **pH-värdet i matjorden** med 1 enhet inom intervallet 6,4-7,6 ökar sockerskörden med 1 120 kg per hektar.

Det stora beroende som sockerbetorna enligt modellen visade för pH i matjorden, ligger väl i linje med resultaten från undersökningarna i biotronen. Enligt kapitel 5.2 orsakade sockerbetorna en kontinuerlig sänkning av pH-värdet i sin rotmiljö, när de odlades i klimatkammare med kontinuerligt sprayad näringslösning på rötterna. Denna pH-sänkning orsakade en kraftig tillväxthämning hos sockerbetorna och krävde en kontinuerlig titrering med hydroxid. Sockerbetsplantans krav på pH visade sig i experimenten vara så speciella att fortsatta undersökningar är att rekommendera. Det man redan vet är att sockerbetsplantans tillväxt begränsas av låga pH i jorden. Det man inte vet är den dynamik som sockerbetsplantan kräver mellan rotyta och omgivande jord för att bästa näringsupptagning ska uppnås.

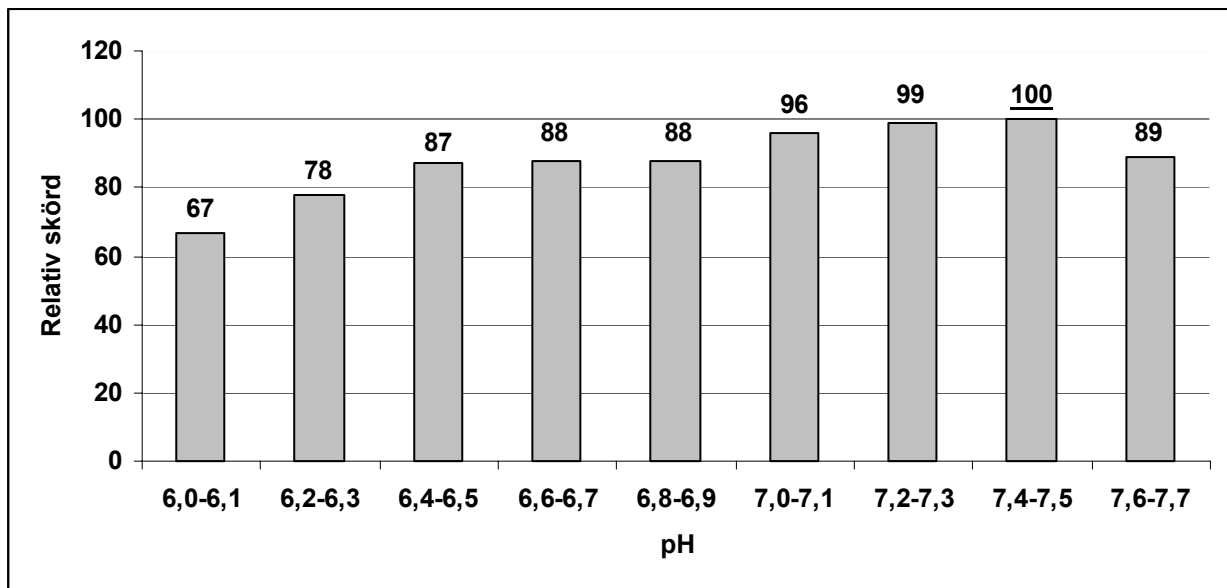
Titringen i biotronexperimenten kan tänkas motsvara den buffrande kapacitet som jorden måste besitta för att sockerbetornas tillväxt inte ska äventyras. Om inte denna buffrande förmåga finns drabbas sockerbetorna av tillväxthämningar. En hög buffringsförmåga följer av en hög basmättnadsgrad. Sockerbetornas starka beroende av en hög basmättnadsgrad är väl dokumenterad i de permanenta kalkningsförsöken från 1960-, 1970- och 1980-talen, där sockerbetorna var den enda gröda som svarade med högre skörd när basmättnadsgraden ökade från 70 till 100 procent (Siman, 1997).

På senare år har rapporter om tillväxthämningar till följd av fläckvis låga pH-värden ökat (Lindkvist & Blomquist, 2000). Med all sannolikhet är dessa fläckar bara den synliga toppen på isberget och motsvarar den tillväxthämning som ögat kan registrera när pH-värdena ligger i området kring och under 5,5. Mindre synlig för ögat är å andra sidan troligen den skördeökning på 560 kg socker per hektar som enligt modellen, skulle bli svaret om pH-värdet höjdes 0,5 enheter på hela den sockerbetsodlande arealen.

Också med avseende på pH i jorden kan det vara nyttigt att se sig om i backspegeln och erinra om vad Arrhenius (1931) skrev angående sockerbetor och pH för 70 år sedan.

*"Genom talrika kärlförsök har det blivit klarlagt att betan har sitt bästa växande vid en markreaktion av 7,2-7,6; alla jordar, som ha lägre reaktionstal måste således, för att ge bästa möjliga betskörd, gödslas med så mycket kalk att reaktionstalet 7,2 uppnås".*

Sedan slog författaren fast att dessa kärlförsök nu också kunde bekräftas genom undersökning av odlade sockerbetsjordar, ty *"disponent Cederborg vid Staffanstorp har för år 1923 sammanställt skördesiffrorna med markreaktionen inom Staffanstorpsdistriktet."* Dessa resultat presenteras i figur 1.



Figur 1. Relativa skörden av sockerbetor i Staffanstorpsdistriktet 1923 i olika pH-klasser (efter Arrhenius, 1931).

Av figur 1 framgår att höjningen av pH-värdet med en enhet från 6,4-6,5 till 7,4-7,5 medför en höjning av skörden av betor med 13 procent, från relativtal 87 till 100. Detta pH-område är ungefär det giltighetsområde inom vilket den inledande modellen gäller. Översätter man dessa 13 procent till medelskörden 9 500 kg socker per hektar (samtliga pargårdar 1998-2000) så innebär det drygt 1 200 kg socker per hektar. Enligt modellen skulle en höjning med en pH-enhet innebära drygt 1 100 kg socker per hektar. Överensstämmelsen mellan modellen som presenteras i kapitel 3.6 och de äldre resultat som Arrhenius (1931) skrev om, är alltså god.

Av resonemanget ovan framgår att de presenterade resultaten från 4T-projektet ligger väl i linje med äldre uppgifter och att sockerbetorna är en pH-känslig gröda som svarar på en höjning av kalktillståndet i matjorden med högre sockerskörd.

### Sådatum

Den tredje variabeln i modellen säger att för varje dag som **sådatum** för sockerbetorna kan tidigareläggas i april månad, ökar sockersköörden med 70 kg per hektar.

Resultaten i kapitel 3.4.1 visar att tidig sådd var avgörande för en hög sockerskörd, vilket ligger i linje med tidigare resultat (Jaggard et al., 1983; Marcussen, 1985; Sperlingsson, 1987; Märländer, 1991; Jarvis, 1997; Raininko, 1998; Hoikkala, 1999; Nyholm Thomsen, 1999) och erfarenheter som presenteras i kapitlet. Lika viktigt att trycka på är emellertid att en tidig sådd är eftersträvansvärd bara då den lyckas, dvs då etableringen av sockerbetsbeståndet inte hindrades av till exempel skorpa. Oavsett när man sår är det viktigt att uppkomstfasen är kort, dvs att det går åt få daggrader för att etablera ett bestånd. Vid tidig sådd var det viktigare att nå ett högt plantantal och inte drabbas av skorpa, enligt resultaten i kapitel 3.4.1. Vid senare sådder under torrare förhållanden var fröplaceringen och vattenförhållandena i såbädden av större vikt och avgörande för sockersköörden. Oberoende av om sådden skedde tidigt eller sent under våren, var det undantagslöst bäst att så när såfönstret öppnades och inte att vänta.

Gammal erfarenhet med sockerbeter menar att det gäller att utnyttja en värmeperiod genom att så i början av en sådan. Resultaten från biotronundersökningarna i kapitel 5.3 visar att sockerbeterna under mycket tidiga tillväxtfaser kan acklimatisera sig snabbt och utnyttja korta tidsskeden med högre temperaturer under perioder med i övrigt låga medeltemperaturer. Om resultaten i kapitel 5.3 också gäller under gröningsfasen kan det förklara vad som händer när man sår tidigt under varma betingelser. Annorlunda uttryckt kan sockerbeter alltså tillväxa under varma stunder, även om dygnsmedeltemperaturen inte överstiger de 3 plusgrader som normalt används för att beräkna temperatursummor i sockerbetsodlingen. Den odlare som behärskar och sammanlänkar den kunskap som presenteras i kapitel 3.4.1 och kapitel 5.3 sår inte bara tidigt utan sår också "rätt", dvs i början av en torr värmeperiod när sockerbetan kan "injiceras" med höga doser av daggrader och när risken för hämmande skorpa är liten.

De statistiska sambanden i kapitel 3.6 visade att variabeln sådatum var positivt korrelerad med hög porositet och negativt med skrymdensitet i bearbetningsbotten. De fält som såddes tidigt hade alltså lägre porositet och högre skrymdensitet i bearbetningsbotten än de som såddes senare. Sannolikt var detta en effekt av tidpunkten, dvs de fält som såddes tidigt hade högre vattenhalt vilket minskade porositeten och ökade skrymdensiteten genom överfarterna i vårbruket. Icke desto mindre såddes dessa fält med framgång, vilket ger anledning till att fråga sig vad som gjorde att just dessa fält såddes tidigt. Såddes de tidigt för att de torkade upp tidigare eller för att viljeinriktningen var att prioritera den tidiga sådden? Framtida projekt inom området bör klarlägga orsak och verkan angående såtidpunkt.

Bortsett från orsaken till tidig och gynnsam sådd, så kan det också i detta sammanhang vara nyttigt med en historisk reflexion över kunskapsläget på området strax efter 1:a världskriget. Forsberg (1920), professor på Alnarp men uppenbarligen med fötterna i myllan, klagade i mitten av maj detta år över att "*en fabulös regnmängd*" på 150 mm hade fallit från den 8 april och en månad framåt. Detta spåddes få effekter på sockerbetsskörden.

*"Tyda sålunda alla tecken på, att vårsåddens försening kommer att i mycket ogynnsam grad påverka skördeutbytena, så torde detta förhållande kanske i starkare grad än för något annat växtslag komma att göra sig gällande för sockerbetan, vilken växt på grund av dess fordran på lång växttid i vårt relativt kalla klimat ej kan annat än ofördelaktigt påverkas av en försenad sådd och uppkomst och därmed förkortad växttid".*

Som grund för denna profetia använde författaren försök på Alnarps försöksfält vilka "*hava blivit utförda på en väl avdikad lättlera i hög växtkraft*". Försöken såddes den 20 april, 1 maj, 10 maj och 20 maj varje år under 1916-1919. Sådd den 20 maj gav i medeltal polsockerskörden 6 990 kg/ha, medan sådd den 20 april gav 8 100 kg/ha i polsockerskörd. I medeltal var merskörden 16 procent och varierade mellan 4 och 38 procent under de fyra åren. I sammanhanget bör påpekas att den 1 maj betraktades som normal såtidpunkt.

Tungsint konstaterar skribenten därefter att det är "*ej att undra över, att lantmännen i dessa dagar gå i stort missmod över den för betsådden hinderliga väderleken*". Litanian avslutas dock i konstruktiv anda då författaren råder läsarna att "*så snart jorden upptorkat tillräckligt och hunnit beredas till en god och tjänlig såbädd, genast verkställa betsådden, och detta även om sädessådden ej skulle vara fullbordad*".

Resultaten från 4T-projektet bekräftar således tidigare resultat och visar att en tidig sådd är positiv för sockerskörden, förutsatt att den sker under gynnsamma betingelser.

## Medelsvamp

Den fjärde variabeln i formeln säger att för varje procentenhet ökad svampförekomst på sockerbetorna, mätt som **medelsvamp**, minskar sockerskörden med 400 kg per hektar.

I kapitel 3.4.5, 3.4.6 och 3.6 förklaras att det inte är svampangreppet allena som är orsaken till skördeförlusten, utan också de skadedjursangrepp som ligger bakom. De statistiska sambanden visar att det bakom svampangreppsbedömningen fanns starka korrelationer till andelen friska plantor, skadebedömningen (damage score) och det skadedjursindex som tar hänsyn till skadedjurens påverkan på tillväxt och skörd. Angreppen på sockerbetorna av svamp och skadedjur samspelar alltså med varandra, genom att insektsnag lätt blir inkörsportar för angrepp av svampar.

Icke desto mindre framkommer det i kapitel 3.4.7 att rotbrandssvamparna är allmänt förekommande i sockerbetsodlingen. Resultaten tyder på att det är *Aphanomyces cochlioides* som normalt står för de något senare angreppen medan svampar av släktet *Pythium* dödar eller försvagar sockerbetorna före eller närmast efter uppkomsten. Angreppen av dessa båda svampar regleras i hög grad av väder- och markfaktorer. Väderfaktorerna gör att svampangreppet blir tydligt årsmånsberoende. Angående markfaktorerna framkommer i kapitel 3.4.7 att det existerar en sjukdomshämning mot rotbrand som hänger samman med hög andel smektit i förhållande till vermikulit i lermineralen. Emellertid kan effekten av denna sjukdomshämning sättas ur spel när sockerbetorna återkommer för ofta i växtföljden.

Mot bakgrund av att växtföljderna har förkortats och att det är tätare mellan sockerbetsgrödorna nu jämfört med för 5-10 år sedan, finns det anledning att ta varningsklockorna i kapitel 3.4.6, 3.4.7 och 3.6 på allvar. På jordar med inslag av sjukdomshämning kan treåriga växtföljder vara motiverade, medan det på andra lokaler inte alls bör odlas sockerbetor oftare än till exempel vart sjätte år. Hur kunskapen om sjukdomshämning i jorden kan appliceras i den svenska betodlingen kräver dock nya undersökningar innan sambanden klarnar.

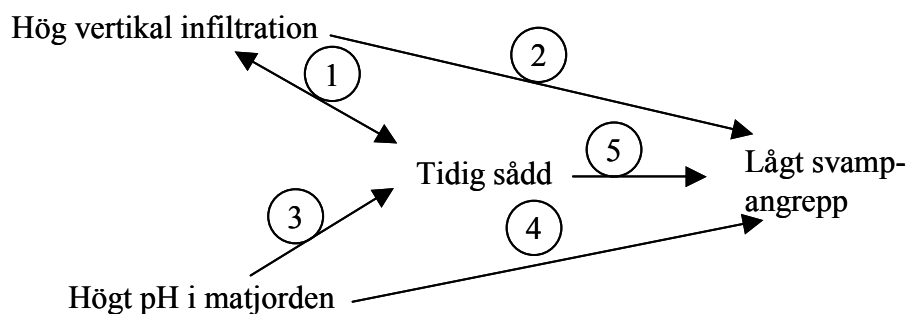
Markfaktorerna spelar också stor roll för svampangreppen inte bara genom sjukdomshämning utan också genom både vattenfaktorn och pH-värdet, vilket framgår av kapitel 3.4.6 och 3.4.7. Det är framför allt rotbrands- och rotrotsvampen *A. cochlioides* som gynnas av höga vattenhalter och låga pH-värden i jorden.

Ännu en historisk tillbakablick kan vara av intresse i sammanhanget med avseende på rotbrandssvamp, markvatten och pH-värden. I en uppsats som behandlade rotbrand hos sockerbetor menade Arrhenius (1924) att "*de hos oss för betodlingen oftast ogynnsamma faktorerna synas vara dålig dränering samt sur reaktion hos marken*". Författaren ansåg att "*den friska betan har sitt optimum i närheten av pH 7,5*" och konkluderade avslutningsvis i uppsatsen att "*alla av betrotbrand sjuka jordar äro sura*" samt att man "*genom en lämpligt avpassad kalkning kan undgå rotbranden*".

Den samlade bilden ger vid handen att svampangreppen i samspel med skadedjur utgör en allvarlig begränsning för sockerbetornas tillväxt och skörd. I enlighet med äldre litteraturuppgifter visar resultaten från undersökningarna i 4T att svampangreppen missgynnas av både god avvattning och dränering samt höga pH-värden.

## Samband mellan de fyra variablerna

I kapitel 3.6 poängteras att det är samspelet av de fyra behandlade variablerna som gör att modellen kan förklara variationer i sockerskörd. De fyra variablerna hänger ihop på ett sätt som gör det svårt att avgöra vad som är orsak och verkan. Några reflexioner på sambanden i modellens fyra variabler ges nedan (figur 2).



Figur 2. Samband och beroenden mellan de i modellen ingående fyra variablerna.

En hög vertikal infiltration krävs för att jorden ska vara tillräckligt torr för att tillåta tidig sådd (1). Processen är emellertid dubbelverkande eftersom en tidig sådd samtidigt påverkar markstrukturen och därmed den vertikala infiltrationen genom att torka ut jorden mera. Hög vertikal infiltration gör också marken torrare och minskar därmed angreppen av rotbrandssvampar (2). Ett högt pH i matjorden ger en ytstruktur som också är en förutsättning för att jorden ska reda sig och tillåta tidig sådd (3). Samtidigt ger ett högt pH minskade angrepp av rotbrandssvampar (4). Både hög vertikal infiltration och högt pH i matjorden är två av faktorerna som särskiljer fält med låg potentiell smittorisk och svampangreppen i fält enligt diskriminantanalysen i kapitel 3.4.6. Slutligen påverkar en tidig sådd i sig sockerbetorna så att angreppen av svampar minskar (5). Som har påpekats tidigare är variabeln medelsvamp egentligen en spegling av sockerbetans tillstånd och påverkas också av angrepp av insekter. Figur 2 indikerar med andra ord att det inte är endast en av variablerna i modellen som leder till högre skörd utan ett samspel mellan dessa.

## De fyra valda variablerna på plus- och medelgårdar

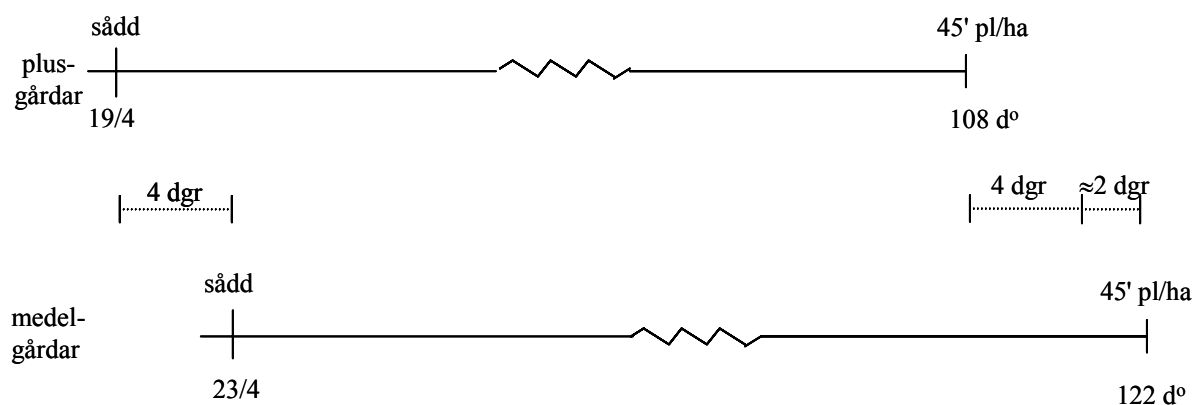
Ökar man upplösningsgraden från de generella sambanden och tittar på vad skillnaden var mellan grupperna plus- och medelgårdar i parstudien med avseende på dessa fyra variabler finner man följande mönster.

Den vertikala **infiltrationen** var enligt kapitel 3.4.2 för plusgårdgruppen 0,78 cm/h och för medelgårdgruppen 0,43 cm/h. På plusgårdarna var alltså infiltrationsförmågan i jorden ca 80 procent högre. Enligt modellen innebär denna skillnad, vid övriga variabler konstanta, 525 kg socker per hektar högre skörd på plusgårdarna.

När det gäller **pH i matjorden** så var värdena i medeltal något högre på medelgårdarna enligt kapitel 3.3. I denna grupp var pH-värdet i matjorden 7,1 medan det var 7,0 på plusgårdarna. Skillnaden på 0,1 pH-enheter innebär modellmässigt en skillnad i sockerskörd på drygt 100 kg socker per hektar till medelgårdarnas fördel.

**Såtidpunkten** skilde enligt tabell 2 i kapitel 3.4.1 mellan grupperna såtillvida att plusgårdarna sådde 4 dagar före medelgårdarna. Ytterligare en skillnad mellan grupperna var enligt tabellen

att uppkomsten var snabbare på plusgårdarna, mätt som det antal daggrader som krävdes för bestånden att nå 45 000 plantor per hektar. Figur 3.



Figur 3. Sådd och uppkomst på grupperna plus- och medelgårdar, 1998-2000.

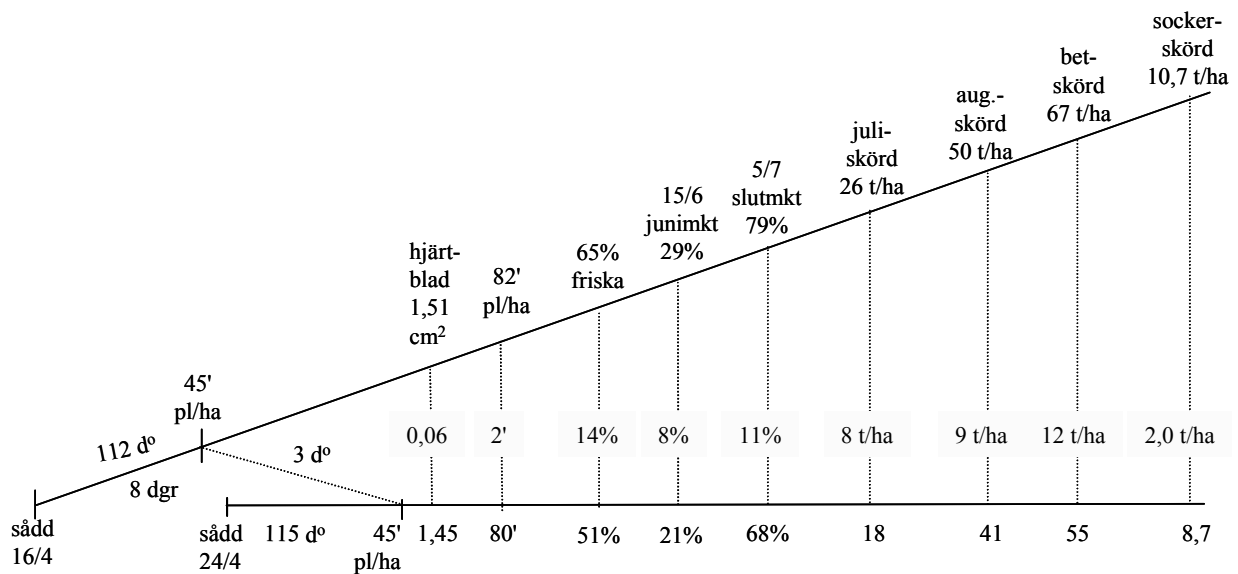
Enligt figur 3 sådde plusgårdarna genomsnittligt den 19 april och medelgårdarna den 23 april. Detta försprång på 4 dagar fanns kvar även när betorna kom upp, ca två veckor senare. Det intressanta är emellertid att försprånget ytterligare utvidgades genom att det gick åt 122 daggrader på medelgårdarna men bara 108 daggrader på plusgårdarna för att nå 45 000 plantor per hektar. Denna skillnad i daggrader motsvarar ungefär två dagar tidigare uppkomst vid en dygnsmedeltemperatur på 10°C. Orsaken till den försenade uppkomsten var både skorpa och fröplacering i torr jord. Sådatum är egentligen ointressant i sig, men intressant bara i relation till uppkomst. Det är först när sockerbetorna kommer upp som fotosyntesen och sockerproduktionen kan börja. Kontentan av resonemanget är därför att det egentligen inte skiljer 4 dagar utan imaginärt 6 dagar i såtidpunkt mellan gruppen plus- och medelgårdar. Denna skillnad motsvarar modellmässigt 420 kg högre sockerskörd per hektar på plusgårdarna.

Också när det gäller **svampangrepp** fanns det tydliga skillnader mellan grupperna plus- och medelgårdar. Enligt figur 1 i kapitel 3.4.6 så var drygt 1 procent av plantorna svampangripna på plusgårdarna medan drygt 2 procent var angripna på medelgårdarna. Denna enda procentskillnad i svampangrepp medför modellmässigt 400 kg högre sockerskörd på plusgårdarna. Också enligt resultaten i kapitel 3.4.7 var angreppen av rotbrandsinfekterade plantor generellt högre på medelgårdar än på plusgårdar.

### Andra viktiga variabler där vi mätt skillnader på hög- och lågskördeytor

Grupperna av plus- och medelgårdar togs ut för att undersökningsmässigt säkerställa gårdar med hög och relativt sett lägre skörd. En överlappning fanns emellertid, såtillvida att en del av provytorna på medelgårdar avkastade mycket höga sockerskördar medan vissa provytor på plusgårdarna inte nådde upp i lika höga skördar. Bortser man från indelningen i plus- och medelgårdar kan man renodla resonemanget om vilka framgångsfaktorerna är för hög sockerproduktion och gå ytterligare ett steg. Tabell 1 i kapitel 3.6 sammanfattar några av de variabler som är viktiga för att nå en hög sockerskörd. I figur 4 illustreras dessa skillnader mellan grupperna som inte nådde upp i, respektive passerade, skörden 10 ton per hektar.





Figur 4. Medelvärden och skillnader på några viktiga variabler för gruppen som inte nådde 10 ton socker per hektar (värden under horisontell linje), respektive passerade 10 ton per hektar (värden över lutande linje), medelvärden pargårdar 1998-2000 oberoende av plus- och medelindelning.

Enligt figur 4 sådde högskördegruppen 8 dagar tidigare, men fick trots tidigare sådd upp 45 000 plantor per hektar snabbare och dessutom med hjärtblad på dessa betor som hade större yta. Det slutliga plantantalet var också högre i högskördegruppen. Dessa plantor var i tidiga utvecklingsstadier dessutom friskare. I mitten av juni var marktäckningen av sockerbetornas blast 8 procent högre, i början av juli var den 11 procent högre. Provgörningarna i juli visade att rotskörden var 8 ton högre och i augusti 9 ton högre i högskördegruppen. Vid slutskörden var rotskörden 12 ton högre och sockerskörden hela 2 ton högre i högskördegruppen.

Figur 4 visar sammanfattningsvis att små skillnader från början av säsongen resulterar i en stor skillnad i sockerskörd i slutet.

### Specifika faktorer som kan begränsa sockerskörden

Den teoretiska modell med de fyra valda variablerna som här presenterats, ser alltså ut att ha en mycket god verklighetsförankring. Vi får emellertid inte glömma att den tagits fram med hjälp av medelvärden som stämmer enligt vissa beräkningsbara sannolikheter och inom vissa gränser, samt att bakgrundsdata insamlats under ett begränsat antal år. Modellen gäller därför sannolikt i stort och under icke-extrema "normalår". På enstaka fält med speciella problem eller under extrema år – t ex vad gäller vårtemperatur eller nederbörd - kan mycket väl andra faktorer än de som tagits med i modellen vara avgörande för sockerskörden.

Vi har inte i denna rapport tagit upp sådana "avvikare", men de finns med i materialet och även om förklaringsgrunden inte alltid är väl underbyggd går det att peka ut ett antal parametrar/faktorer som inte finns med i modellen, men som i enskilda fall kan ha stor betydelse. Några sådana faktorer är stark skorpbildning och/eller misslyckad hantering av skorpan/såbäddsberedningen, häftiga och tidiga attacker av insekter, ovanligt hög förekomst av

"normala" eller specifika svamppatogener eller nematoder samt speciell eller onormalt stor ogräsförekomst.

Extrem eller ofördelaktig årsmån är svår att komma åt modellmässigt eftersom det behövs mycket långa mätserier för att få säker statistik. Vi har dock empiriska erfarenheter av att t ex nederbörds-/vattenfaktorn i enskilda fall - extremt torkkänsliga jordar vid torka, eller långvariga vattenöverskott på grund av markfaktorer eller lokala nederbördsöverskott - betyder mer än de i modellen upptagna parametrerna. När vi ser bakåt har vi också erfarenhet av enstaka dåliga betår eller årsmåner, som synbarligen speciellt gynnat senare svampangrepp - betorna blir små och gulnar. Fenomenet skylls ibland på syrebrist, men är sannolikt oftast orsakat av *Aphanomyces*-angrepp, även om också andra jordburna smittor samtidigt kan ha särskilt gynnsamma år. Sådana ovanliga årsmåner har vi förmodade avvikelser från modellen inte bara i enskilda fält, utan den blir möjligen delvis satt ur spel över större områden.

### **Odlare x jord = sockerskörd**

I stråkmusikvärlden finns ett violinmärke som heter Stradivarius. Det betraktas som violinernas Rolls-Royce. Ingen har lyckats bygga sådana instrument som den italienske violinmakaren Antonio Stradivari gjorde i Cremona under en sjuttioårig gärning i slutet av 1600-talet och början av 1700-talet. En medelgod fiolspelare kan frambringa acceptabel musik ur en vanlig fiol. Finge denne låna en Stradivarius bleve resultatet troligen genast mycket bättre. En mästertlig violinist med år av övning och träning kan exekvera vacker musik ur en alldeles vanlig fiol. Ur en Stradivarius kan denne trolla fram himmelska toner.

På samma sätt handlar det slutliga resultatet inom många områden, om en kombination av träning, intresse och fallenhet hos utföraren och kvaliteten på utgångsmaterialet som denne arbetar med.

I sockerbetornas fall handlar slutresultatet sockerskörd per hektar om en kombination av odlare och jord. Tillsammans ger odlaren x jorden slutresultatet sockerskörden. Nedkokat till sina beståndsdelar kan man säga att projekt 4T strikt sett handlade om just dessa två saker:

- jorden - att göra jorden trivsammare för betorna att växa i - genom rätt förfrukt, kalkad jord, ingen stubbearbetning, mellangrödor - vilket studerades i framför allt fältförsöken
- odlaren - att sköta den jord man har på bästa möjliga sätt - utnyttja rätt såtid, sträva efter hög genomsläpplighet, ha lågt skördespill - vilket studerades i framför allt parstudien

I jorden ligger en viss potential - bördighet - som odlaren kan förstärka eller försvaga med sina åtgärder, på samma sätt som mästerviolinisten kan locka fram ljuvlig musik ur en Stradivarius. Kloka odlaråtgärder och en hög bördighet kan förstärka varandra, vilket resulterar i en mycket hög skörd. Odlarens åtgärder kan också delvis kompensera en låg bördighet och ändå nå upp i höga skördar. I början av odlingssäsongen är det sannolikt odlarens åtgärder som i första hand påverkar tillväxten, medan tillväxten senare på säsongen förmodligen huvudsakligen begränsas av jordens egenskaper. Detta diskuteras i kapitel 3.7 där också en tankemodell presenteras för odlarens och jordens inflytande på sockerskörden.

Undersökningarna i biotronen (kapitel 5.7) pekar på att det inte fanns någon systematisk skillnad mellan jordarna från plus- och medelgårdar. Mera strikt och korrekt uttryckt så fanns det ingen skillnad mellan de olika jordarnas produktionsförmåga, bedömt ur förmågan att ge initial tillväxt. Dessa undersökningar gjordes när jorden hade frusits och smulats sönder, med

andra ord så fanns inte t ex jordens strukturtillstånd från fältet kvar. Extrapolerar man dessa resultat till fältförhållanden, så innebär det att den skillnad i sockerskörd som faktiskt uppmättes i parstudien står att finna i bland annat jordens fysikaliska status (till exempel vertikal infiltration), hur och när jorden behandlades av lantbrukaren (till exempel såtiden), samt samverkande biologiska faktorer (till exempel insekts- och svampangrepp) i fält.

### **Odlingstekniska lösningar som ger förutsättningar för avgjort högre sockerskörd**

Det andra målet för projekt 4T handlade om att presentera odlingstekniska lösningar som ger förutsättningar för hög skörd. Alla de i detta kapitel hittills diskuterade variablerna kan sägas vara en sådan presentation. För att förtydliga kan följande exempel ges för en sockerbetsodlande gård på en normal sockerbetsjord.

Normalskörd: 8 ton utvinnbart socker/hektar  
Jord: något mullhaltig lättlera  
pH: 7,0

Jord och skötsel ändras efter ett "minikoncept" med basen 1 enligt följande:

Vertikal infiltration ökas med 0,1 cm/h (dränering, grönträda i stället för etanolvete) => + 150 kg socker/ha

Matjordens pH-värde ökas 0,1 enhet (kalkning) => + 110 kg socker/ha

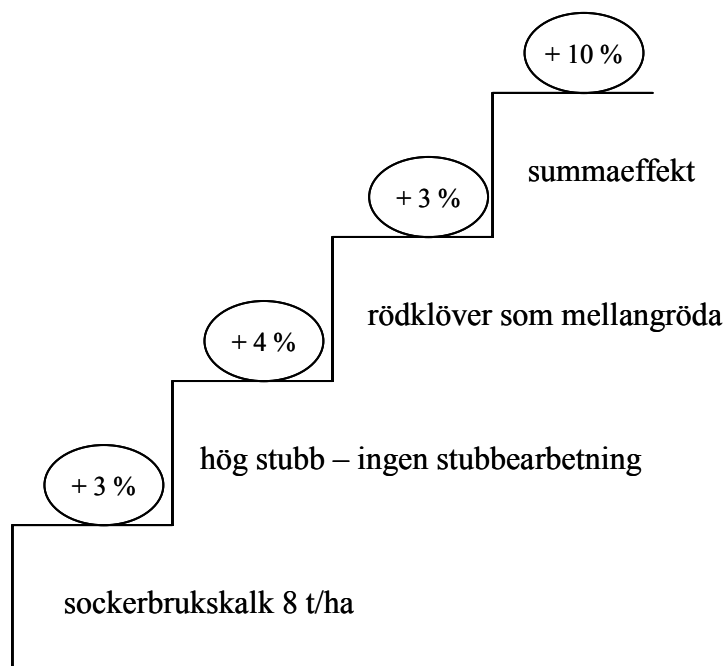
Sådatum tidigareläggs 1 dag (möjliggörs genom dränering, grönträda) => + 70 kg socker/ha

Medelsvamp minskas 0,1 procent (växtföljd, dränering, kalkning) => + 40 kg socker/ha

Sammanlagt skulle detta göra en ökad sockerskörd med 370 kg/ha eller ca 5 procent. Om förändringarna i stället görs med basen 2 blir enligt exemplet ovan skördeökningen 740 kg socker/ha.

Ovanstående beräkningar baserar sig på den modell där ingående data kom från fält i parstudien och där utgångspunkten var att studera fälten utan att variera någon enskild faktor. Läger man till de förändringar som studerades i fältförsöken med avseende på strukturkalkning, halmhantering och mellangrödor kan man göra följande exempel. Utgångspunkten är samma normaljord som tidigare med tillägget att höstveten utan insådd är förfrukt.

Om man ändrar sockerbetsodlingen ganska måttligt enligt olika försöksserier blir resultatet enligt figur 5.



Figur 5. Förändringar i sockerskörd enligt olika försöksserier i 4T med kalkning, stubbearbetning och mellangrödor.

Sockerbrukskalk 8 ton/ha på höstvetestubben (kapitel 4.2.1) => + 3 %

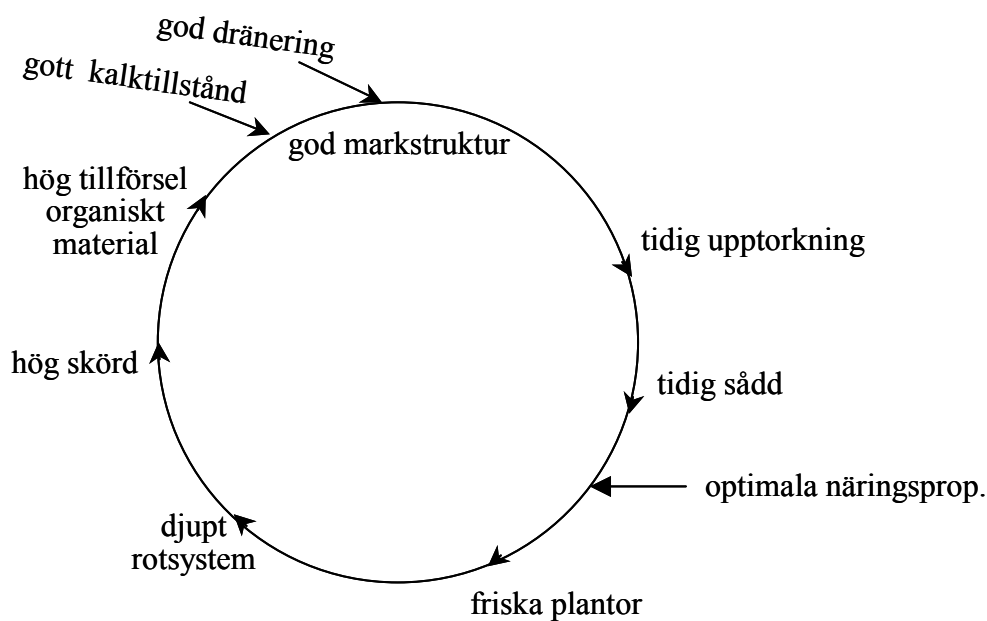
Höstveteförfrukten lämnas med högre stubb utan stubbearbetning (kapitel 4.2.2) => + 4 %

Insådd av rödklöver som mellangröda (kapitel 4.2.5) => + 3 %

Sammanlagt skulle dessa relativt små förändringar enligt figur 5 medföra en skördeökning på 10 procent eller 800 kg socker/ha på gården med normalskörd 8 ton socker/ha. Om de mera revolutionerande förändringar sattes i stånd, som presenteras i kapitel 4.2.3 och man på en del av den blivande sockerbetsarealen använder sig av grönbräda som förfrukt, samt kalkar med en hög giva (9 ton/ha) släckt kalk skulle resultaten i ökad sockerskörd bli 16 % (7 + 9).

### Sockerskördens goda cirkel

En hög sockerskörd är alltså ett resultat av en bördig jord som hanteras på ett klokt sätt. Med erfarenhet från 4T-projektets olika delar kan man avslutningsvis presentera ett betraktelsesätt på hur höga sockerskördar byggs upp i "den höga sockerskördens goda cirkel" i figur 6. Inspirationen till figur 6 är hämtad från Arvidsson & Pettersson (1995) och handlar ursprungligen om packningens onda cirkel.



Figur 6. Den höga sockerskördens goda cirkel.

En god markstruktur är ett villkor för en hög skörd. En god markstruktur skapas framför allt genom välfungerande dränering och ett gott kalktillstånd men låg markpackning är också en viktig ingrediens. Om sockerbetsfältet har ett gott strukturellt tillstånd torkar det upp tidigt på våren vilket möjliggör en tidig sådd och etablering av sockerbetorna. Vid sådden maximeras sockerbetsplantans initiala tillväxt genom att näringsämnenas optimeras med rätt proportioner mellan dessa. Med rätta växtnäringsproportioner optimerades tillväxtkapaciteten så att sockerbetsplantornas biomassa fördubblades på en dag och nio timmar (kapitel 5.2). Den tidiga sådden ger friskare plantor (kapitel 3.6) troligen genom att dessa plantor stod emot insekts- och svampangrepp bättre genom en gynnsam start. Ett djupt rotsystem var slutligen starkt förknippat med en hög sockerskörd enligt korrelationsberäkningarna. Organiskt material kan komma från mellangrödor, stallgödsel med mera, men en hög skörd av sockerbetor bidrar också själv till den positiva cirkeln genom att stora mängder skörderester återförs till jorden. Den höga skörden bidrar på så sätt inte bara med ett högt tillskott till odlarens resultaträkning utan också genom att underhålla den höga sockerskördens goda cirkel. Sammantaget handlar tankegången om vad som i kapitel 7 kallas att stödja de positiva orsakssambanden och motverka de negativa. Avslutningsvis kan man också konstatera att också miljön vinner på en hög skörd, genom att jämna bestånd med friskare plantor minskar behovet av kemisk bekämpning samt förhindrar utlakning av kväve.

### Allmänna slutsatser

Baserat på de resultat vi har fått fram och de analyser vi har gjort inom projekt 4T drar vi följande generella slutsatser:

- Genom långsiktiga markvårdande åtgärder och väl avpassad odlingsteknik är det möjligt att allmänt höja sockerskördarna på många svenska sockerbetsodlande egendomar till tio ton per hektar och däröver.

- Under vädermässigt normala år leder små skillnader i plantornas etablering till stora skillnader i slutlig sockerskörd. En noggrann beståndsetablering är därför särskilt viktig och sockerbetan "minns" en dålig start.
- Viktiga skördebegränsande - och dessbättre också påverkbara - faktorer inom sockerbetsodlingen är: 1) dålig markstruktur mätt som låg vertikal infiltrationsförmåga av vatten, 2) lågt pH-värde i matjorden, 3) sen såtidpunkt och/eller ogynnsamma såbetingelser och 4) omfattande svampangrepp, som också kan kvantifieras som låg andel friska plantor. Detta är i sin tur också kopplat till insektsskador.
- Faktorerna 1-4 enligt ovan samspelar och påverkar varandra på ett komplext sätt, men de kan ändå kvantifieras och sättas in i en enkel modell (ekvation) som väl förklarar skörde-skillnaderna mellan de inom projekt 4T undersökta gårdsgrupperna plus- och medel-gårdar.
- Flera andra faktorer - utöver de ovannämnda - samspelar med dessa och/eller påverkar i sig själv sockerskörden, men normalt i mindre grad än dessa fyra nämnda.
- En stor andel av svensk sockerbetsodling sker i ansträngda växtföljder med korta intervall mellan sockerbetor (i många fall två till tre år), vilket ökar riskerna för angrepp av svamp-patogener och andra skadegörare.
- Sockerskördarna i Sverige skulle kunna öka med 10 procent om odlingstekniken generellt inkluderade sockerbrukskalk, utebliven stubbearbetning och rödklöver som mellangröda.
- En grön gödslingsträda med klöver och gräs ökar sockerskörden stabilt med minst 7 procent, samt höjer bördigheten på sikt genom att dagmaskpopulationerna ökar och infiltrationsförmågan i jorden förbättras.

## Litteratur

- Arrhenius, O. 1924. Försök till bekämpande av rotbrand. II. Kalkningens och markreaktionens inflytande på sjuka och friska betors utveckling. O. L. Svanbäcks Boktryckeri, Stockholm.
- Arrhenius, O. 1931. Betskörden kan ökas. Intressanta resultat av Svenska Sockerfabriks Aktiebolagets jordundersökningar. Boktryckeriaktiebolaget Sana, Helsingfors.
- Arvidsson, J. & Pettersson, O. 1995. Jordpackning och markstruktur. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 435. Mark/Växter.
- Blomquist, J. 1999. Dräneringen är eftersatt. Betodlaren, 3.
- Forsberg, L. 1920. Vilket inflytande utövar såningstiden på sockerbetans skördeutbyte? Skånsk Jordbrukstidskrift, 20.
- Hoikkala, P. 1999. Sådd. Betfältet, 3.
- Jaggard, K. W., Wickens, R., Webb, D. J. & Scott, R. K. 1983. Effects of sowing date on plant establishment and bolting and the influence of these factors on yielding of sugar beet. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 101.
- Jarvis, P. 1997. Exploiting the drilling window. *British Sugar Beet Review*. Vol 65, 3.
- Juhlin Dannfelt, H. 1916. Handbok i jordbrukslära. C E Fritzes Bokförlags Aktiebolag, Stockholm.
- Lindkvist, A. & Blomquist, J. 2000. Fläckarna skvallrar om fältets fel. *Betodlaren*, 2.
- Marcussen, C. 1985. Såtidforsøg 1985. Dyrkningsforsøg og undersøgelser i Sukkerroer 1985. Fondet for Forsøg med Sukkerroedyrkning.
- Moberg, J. 2001. Långsiktiga förändringar av jordbruksmarkens fysikaliska egenskaper – en studie av 10 svenska åkermarksprofiler. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. *Meddelanden från jordbearbetningsavdelningen*, 37.
- Märländer, B. 1991. Zuckerrüben. Ute Bernhardt-Pätzold Druckerei und Verlag. Stadthagen.

- Nyholm Thomsen, J. 1999. Såtid og udbytte. Sukkerroenyt, 1.
- Raininko, K. 1998. Kunde man tidigarelægge sådden? Betfältet, 2.
- Rydberg, C., von Zweigbergk, G., Kylberg, L. H. & Ljung, E. W. 1912. Jordbrukslära för skolor och självstudium. C E Fritzes Bokförlags Aktiebolag, Stockholm.
- Siman, G. 1997. Resultat från långliggande kalkningsförsök. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet, 48.
- Sperlingsson, C. 1987. Sockerbetsodling i Europa – Vad är på gång? Betodlaren, 3.