

RAPPORTER FRÅN JORDBEARBETNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala
Department of Soil and Environment



Nr 118

2010

Johan Arvidsson

Återpackning till sockerbetor



Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för mark och miljö

Rapporter från jordbearbetningen
Nr 118, 2010

Återpackning till sockerbetor

Denna rapport utgör en slutrapport för projektet Återpackning till sockerbetor, som finansierades av Stiftelsen Lantbruksforskning. Ett särskilt tack riktas också till Pär Jönsson som sådde med Edenhall Advancer och Christian Wraghe, försöksvärd.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
INLEDNING	4
Projektets syfte	5
MATERIAL OCH METODER	6
Serie R2-7221 - försök med Edenhall Advancer	6
Mätning av tryck	7
Penetrometer	8
Skrymdensitet	8
Skörd, plantantal och näringssinnehåll	8
Serie R2-7223 – försök med återpackning i odling med och utan plöjning	8
RESULTAT	9
Serie R2-7221- försök med Edenhall Advancer	9
Uppmätt tryck under packarhjul och traktor	9
Penetrometer	9
Skrymdensitet	11
Skörd, plantantal näringssinnehåll	12
Serie R2-7223 – försök med återpackning i odling med och utan plöjning	17
Penetrationsmotstånd och skrymdensitet	18
Skörd	20
DISKUSSION OCH SLUTSATSER	21
REFERENSER	22
Appendix. Innehåll av näringssämnena i blast vid mätningar 2007 och 2008	23

SAMMANFATTNING

Alltför stark packning sänker skördens av sockerbetor, men tidigare försök har visat att en viss återpackning efter plöjning höjer skördens. Syftet med det projekt som presenteras här var främst att studera hur olika typer av återpackning på våren påverkar sockerbetornas avkastning, samt effekten av återpackning i olika bearbetningssystem.

Under åren 2006 till 2008 genomfördes sammanlagt tio försök på i huvudsak moränlättleror i sydvästra Skåne. Bl.a. jämfördes återpackning med traktorhjul, packarhjul på såmaskin med olika pålagt tryck (lägt, normalt, högt), mellanpackare samt vält. Under 2009 gjordes två kompletterande försök på Lönnsborg och Ädelholm där återpackning med traktor (0, 1, 3 och 6-8 överfarter, ringtryck 0,6 bar) testades i kombination med olika höstbearbetning (plöjning samt plöjningsfri bearbetning till 10 eller 20 cm djup). De faktorer som studerades var bl.a. markens skrymdensitet och penetrationsmotstånd, grödans etablering, rot- och blastvikt och näringssinnehåll i mitten av juni samt slutlig skörd.

I försöken 2006-2008 erhölls en ökad packning med ökat tryck på såmaskinens packarhjul, men lägre än efter körning med traktor. Etableringen blev tillfredsställande i samtliga led, även om det fanns en tendens till sänkt plantantal för höjt tryck på packarhjulet. Skillnader i skörd blev i de flesta fall ej signifikanta. I medeltal höjde en överfart med traktor skördens 4 % jämfört med opackat led, medan skillnaden i skörd för olika tryck på såmaskinens packarhjul var liten. Mellanpackare och vält höjde skördens med i medeltal 3 respektive 1 %. Tre överfarter med traktor (ingick endast 2007 och 2008) gav ungefärligen samma effekt på skördens som en överfart och ledde normalt inte till någon skördesänkning. Olika packningsgrader hade mycket liten inverkan på halten av olika näringssämnen. Inte i något försök erhölls signifikanta skillnader för något

näringssämne (mätningar gjordes 2007 och 2008).

En viss återpackning med traktor eller mellanpackare gav alltså i medeltal höjd skörd jämfört med mark som ej packats. Däremot uppnåddes inte samma effekt genom ökat tryck på packarhjul på såmaskinen. En möjlig förklaring är att packarhjulen endast packade en del av markytan, medan traktorhjulen och mellanpackaren packade hela ytan.

I de försök som genomfördes 2009 gav grund bearbetning med kultivator betydligt högre penetrationsmotstånd och skrymdensitet än plöjning och djup kultivering. Återpackning gav höjd skörd på Lönnsborg, med högst skörd efter tre överfarter med traktor. 6-8 överfarter gav dock en tydlig skördesänkning, medan bearbetningssystem föregående höst inte hade någon tydlig inverkan på skördens. På Ädelholm hade 0, 1 eller 3 överfarter med traktor liten effekt på skördens, medan 6-8 överfarter gav en kraftig skördesänkning. Grund kultivering gav klart lägre skörd än djupare bearbetning på Ädelholm, oberoende av antal överfarter på våren. Skrymdensiteten var också hög i detta led, ungefär samma för grund kultivering och 0 överfarter på våren som för plöjning och 6-8 överfarter. Grund plöjningsfri odling kan alltså leda till alltför hög skrymdensitet, även om marken på våren inte utsätts för någon ytterligare packning. Frågan om under vilka förhållanden plöjningsfri odling fungerar väl till sockerbetor behöver utredas ytterligare.

Sammanfattningsvis var sockerbetorna tåliga mot jordpackning i samband med vårbruket. I förhållande till tidigare erhållna resultat är det anmärkningsvärt att tre överfarter med traktor inte sänkt skördens jämfört med led utan packning på våren. Resultaten tyder på att körning med god däcksutrustning och låga ringtryck på våren efter höstplöjning normalt inte orsakar packningsskador hos sockerbetor.

INLEDNING

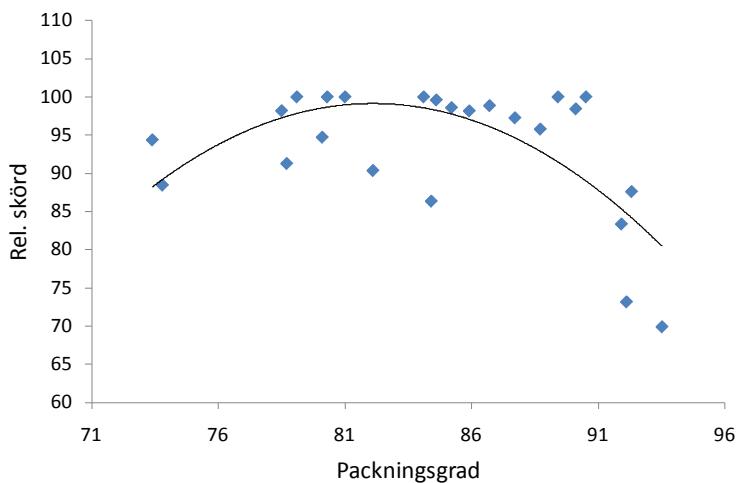
Jordpackning inom jordbruket betraktas generellt som något negativt eftersom det bl.a kan leda till försämrad rottillväxt, syrebrist, vattenmättnad och sänkt skörd. För att motverka jordpackning luckras därfor jorden, i Sverige framförallt genom plöjning. Jorden blir dock i regel för lucker efter plöjning för att ge maximal skörd. En viss återpackning efter plöjning ger därfor ofta en skördehöjning. Detta har bekräftats i både svenska och utländska försök (Håkansson, 1990; Lindstrom och Voorhees, 1994; Lipiec och Simota, 1994; Arvidsson, 1998). Det är inte klarlagt vilka mekanismer som är viktigaste förklaringen till att skörden höjs vid en viss återpackning. Helt klart är en viktig faktor att den kapillära ledningsförmågan för vatten ökar i packad jord.

När det gäller sockerbetornas reaktion på packning finns olika uppgifter i tidigare undersökningar. Under 70- och 80-talet genomfördes bl.a. flera studier i Storbritannien där sockerbetors packningskänslighet jämfördes med andra grödor (Jaggard, 1977; Hebbleton och McGowan, 1980; Brereton m.fl., 1986). I dessa undersökningar erhölls i flera fall kraftiga skördesänkningar med ökad packning i samband med såbäddsberedning. Tyvärr påverkade packningen också etableringen av grödan, vilket gjorde att den direkta effekten av packning på grödans tillväxt inte kunde skiljas från effekten av olika antal plantor i beståndet. Under 80-talet genomfördes i Holland två experiment med fasta körspår där det bl.a. odlades sockerbetor (Lamers m.fl., 1986). Utebliven packning hade ingen effekt på sockerbetsskördens i ett av försöken men höjde skörden i det andra försöket med 6 %. Alvluckring hade ingen effekt på skörden. I en studie i Michigan erhölls dock klart högre sockerbetsskörd efter alvluckring (Johnson och Erickson,

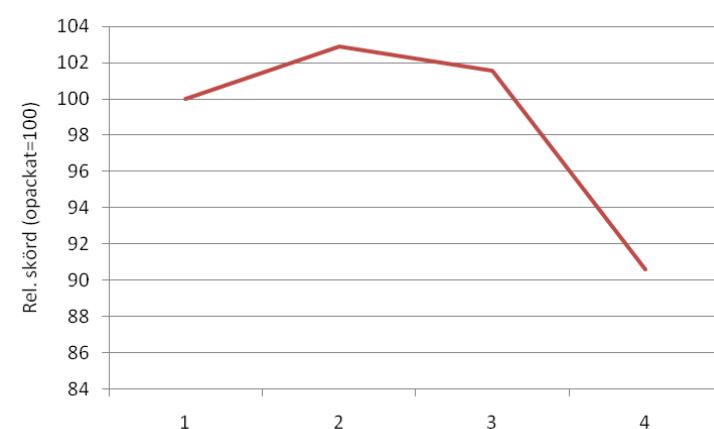
1991). I deras studie gav också packning i samband med såbäddsberedningen betydande skördesänkning.

Ovanstående undersökningar genomfördes i fält. Sockerbetans packningskänslighet har också studerats i kärlförsök i växthus. Gemtos och Lellis (1997) fann att ökad packning hade liten påverkan på ovanjordisk tillväxt men sänkte rotskördens. I en studie av Romaneckas m.fl. (2010) blev uppkomsten snabbast och skörden störst vid skrymdensiteten $1,0\text{--}1,1 \text{ g cm}^{-3}$, jämfört med $0,8$ och $1,4 \text{ g cm}^{-3}$. Gemtos m.fl. (2000) uppmätte högre skörd efter packning med 50 kPa jämfört med ingen packning. Kraftiga skördesänkningar erhölls vid tryck på 200 kPa eller högre.

Under 70-talet gjordes i Sverige studier av återpackning efter plöjning i olika grödor, framförallt för korn men också för sockerbetor (Håkansson, 2000). Jorden utsattes för olika grad av packning med traktorhjul i samband med såbäddsberedning (0, 1 eller 3 överfarter). En överfart med traktor höjde i genomsnitt skörden 2-3 % jämfört med ingen återpackning, medan 3 överfarter gav 9 % lägre skörd. I figur 1 visas skörden som funktion av markens packningsgrad (skrymdensitet i procent av ett packat referenstillstånd) i dessa försök. I figur 2 visas skörden som funktion av antalet överfarter. Svensson (1987) testade också återpackning till sockerbetor i samband med såbäddsberedning. En överfart med dubbelmontage påverkade inte skörden jämfört med helt opackad jord, medan en överfart med enkla hjul sänkte skörden. Under 80-talet gjordes också studier i Sverige med fasta körspår på våren efter höstplöjning (Henriksson och von Polgar, 1987; Sockerbetsnäringens samarbetskommitté, 1987), totalt 11 försök. Skörden blev i de flesta fall lägre för fasta körspår jämfört med konventionell körning i vårbruket.



Figur 1. Relativ skörd av sockerbetor som funktion av markens packningsgrad (skrymdensitet i procent av ett packat referenstillstånd). Medeltal av 6 försök i serie R2-7213 utförda under 1975-1977.



Figur 2. Relativ skörd av sockerbetor för led med olika packning. 1=ingen överfart, 2=1 överfart med lätt traktor, 3=1 överfart med tyngre traktor, 4=3 överfarter med tyngre traktor. Medeltal av 6 försök i serie R2-7213 utförda under 1975-1977.

Sett till de svenska försöken pekar resultaten helt klart på att en återpackning på våren efter höstplöjning höjer skördens av sockerbetor. Det är dock oklart om det krävs återpackning i hela matjorden eller om det räcker med en lokal återpackning kring fröet. Återpackningen i försök har oftast gjorts enbart med traktorhjul. I vilken utsträckning tillräcklig återpackning kan erhållas med hjälp av t.ex. olika typer av tryckrullar, vältar eller tiltpackare är dåligt belyst i försök. Tidigare var också höstplöjning helt dominerande som grundläggande bearbetning. Idag tillämpas

plöjningsfri odling i allt större utsträckning, och en fråga som är dåligt belyst är om det finns ett återpackningsbehov också i plöjningsfri odling.

Projektets syfte

Projektet hade följande huvudsakliga syften:

1. Att studera betydelsen av återpackning på våren för avkastningen av sockerbetor.

2. Att studera om tryckrullar och återpackning enbart i såraden kan ge tillräcklig återpackning jämfört med traktorhjul och packning av hela markytan.
3. Att studera samspel mellan bearbetningsmetod och återpackningsbehov (höstplöjt – vårplöjt – plöjningsfritt).

MATERIAL OCH METODER

Projektet genomfördes i form av fältförsök under åren 2006-2009 på moränleror i sydvästra Skåne. Under åren 2006-2008 gjordes försök med Edenhall Advancer, en såmaskin med gummihjul för att återpacka såraden. År 2009 gjordes försök med återpackning med traktor i odling med och utan plöjning. De olika försökstyperna redovisas här separat.

Serie R2-7221 - försök med Edenhall Advancer

Försöksplanen i serie R2-7221 varierade något mellan åren, i denna rapport redovisas resultat från följande led:

- A. Återpackning med tryckrulle i såraden, lågt tryck
- B. Återpackning med tryckrulle i såraden, normalt tryck
- C. Återpackning med tryckrulle i såraden, högt tryck
- D. Återpackning med tryckrulle hela markytan, lågt tryck
- E. Återpackning med vält
- F. Återpackning med traktorhjul, hela markytan, lågt tryck med såmaskin
- G. Återpackning med traktorhjul, hela markytan, 3 överfarter, lågt tryck med såmaskin

Ovanstående led ingick samtliga år (2006-2008), utom led G, som ej ingick år 2006. Under 2006 genomfördes fyra försök i området kring Lund i Skåne: ett på Ädelholm (Ädel1), två på Vragerups gård (Vrag1 och Vrag2), samt ett vid Stävie (Stäv1). Försöken utfördes på höstplöjd mark utom ett av försöken på Vragerup

(Vrag2) som genomfördes på ett fält med plöjningsfri odling.

Under 2007 genomfördes fyra försök: ett på Ädelholm (Ädel2), ett på Vragerups gård (Vrag3), ett vid Stävie och ett på Borgeby (Borg1). Försöken utfördes på höstplöjd mark utom på Borgeby där försöket vårplöjdes. Försöket vid Stävie fick en ojämn etablering och tas därför inte med i denna sammanställning.

År 2008 etablerades ytterligare fyra försök: ett vid Knästorp, ett på Vragerups gård (Vrag4), och två på Borgeby (Borg2 och Borg3). Försöken utfördes på höstplöjd mark utom Borg3 som vårplöjdes. Försöket vid Knästorp kunde ej skördas och har därför utgått. Kornstorleksfördelning för samtliga försöksplatser anges i tabell 1.



Figur 3. Såmaskin Edenhall Advancer.
Foto: Robert Olsson.



Figur 4. Markytan efter sådd.

Tabell 1. Kornstorleksfördelning på försöksplatserna i serie R2-7221

	Ler	Mjäla	Mo	Sand
<i>2006</i>				
Vrag1	21	16	35	33
Vrag2	24	18	37	26
Stäv	21	15	44	26
Ädel1	20	16	37	30
<i>2007</i>				
Ädel2	16	14	40	29
Borg1	14	10	37	38
Vrag3	29	22	33	15
<i>2008</i>				
Borg2	14	10	38	37
Borg3	16	11	35	37
Vrag4	24	19	35	22

Behandlingarna gjordes i två rader mellan traktorhjulen, där marken i övrigt lämnas opackad. Alla överfarter vid harvning och packning gjordes med en för ändamålet avsedd traktor med extra stor spårvädd. Fälten harvades efter behov, vilket i regel innebar två harvningar.

Sådden gjordes med den av Edenhall utvecklade såmaskinen Advancer, med möjlighet att hydrauliskt reglera återpackning med ett speciellt packarhjul som går före såbillarna (figur 3 och 4). I försöken kördes A-ledet ovan med så lågt tryck som möjligt på packarhjulet där maskinen fortfarande sår normalt. B-ledet kördes med det tryck som normalt används vid sådd, medan led C innebar ca dubbelt så högt tryck som i led B.

Packning av hela bredden med tryckrullar gjordes med en viktbelastad mellanpackare med gummihjul (figur 5), välden visas i figur 6.



Figur 5. Packning med mellanpackare.



Figur 6. Vält som användes till packning.

Packning av traktorhjul gjordes genom körning med breddäck med samma traktor som användes till harvning. Traktorn hade en totalvikt på ca 6 ton och kördes med ringtrycket 80 kPa (0,8 bar) 2006, och 60 kPa (0,6 bar) 2007 och 2008.

Mätning av tryck och packning

Mätning av tryck

För att bestämma trycket i olika led gjordes mätningar med lastceller nergrävda i marken på olika djup under däck och tryckrullar (figur 8). Mätningar gjordes vid två tillfällen 2006: ett vid sådd då traktorn som användes till packning jämfördes med mellanpackaren. Senare under våren gjordes separata mätningar med såmaskinen och såtraktorn.



Figur 7. Packning av hela markytan med traktorhjul. Foto: Jens Blomqvist.



Figur 8. Lastceller för att mäta tryck under traktor och packarhjul.

Penetrometer

För att bestämma packningens storlek gjordes mätningar med penetrometer i samtliga försök 2006 och 2007. Mätning 2006 gjordes direkt efter sådd, varje centimeter till 30 cm djup vinkelrätt mot sårkönningen med 7 stick i 4 cm intervall över såraden (6 mellanrum x 4 cm= 24 cm, d.v.s. halva radavståndet, figur 9). På så sätt erhölls en fördelning av packningen i både vertikal- och horisontalled. Vid mätningen direkt efter sådd erhölls relativt små skillnader, det var dessutom svårt att tolka fördelningen av

penetrationsmotståndet i horisontalled. Mätningarna gjordes därför om i led A, B, C och F i mitten av juni. År 2007 gjordes mätning på samma sätt som 2006 i samtliga rutor, men endast vid ett tillfälle.

Skrymdensitet

För att bestämma markens skrymdensitet togs cylindrar med ostörd jord på djupet 5-10 cm i såraden år 2006 och 2008. År 2006 togs fyra cylindrar (72 mm i diameter, 50 mm höga) per ruta, 2008 tre cylindrar per ruta.

Skörd, plantantal och näringssinnehåll

Under vegetationsperioden gjordes mätning av uppkomst, gradering av plantäckning vid två tillfällen samt bestämning av slutlig skörd. Dessutom vägdes mängden ovanjordisk grönmassa och rot en gång under vegetationsperioden (mitten av juni). Vid samma tillfälle togs prover ut för analys av näringssämen i blaster i tre av blocken i samtliga försök under 2007 och 2008.

Serie R2-7223 – försök med återpackning i odling med och utan plöjning

År 2009 genomfördes två försök i serie R2-7223 med återpackning efter olika bearbetning föregående höst. Försöken genomfördes i sydvästra Skåne på en moränslättlera på Lönnstorp och en lerig moränmo på Ädelholm. Försöksplanen var tvåfaktoriell med följande led:

A=plöjning till ca 20 cm
B=kultivering till ca 20 cm
C=kultivering till ca 10 cm

1=ingen återpackning
2=1 överfart med traktor
3=3 överfarter med traktor
4=6-8 överfarter med traktor



Figur 9. Mätning med penetrometer.

Återpackning på våren gjordes på samma sätt som i serie R2-7221, med en traktor med en totalvikt på ca 6 ton och ett ringtryck på 60 kPa. Harvning anpassades ledvis för att ge en tillfredsställande såbädd i samtliga led. Sådden skedde med en konventionell betsåmaskin.

På hösten 2008, efter bearbetning, gjordes mätning av penetrationsmotstånd. Under sommaren 2009 togs cylindrar i samtliga rutor på 10-15 cm djup, 4 cylindrar per ruta.

RESULTAT

Serie R2-7221

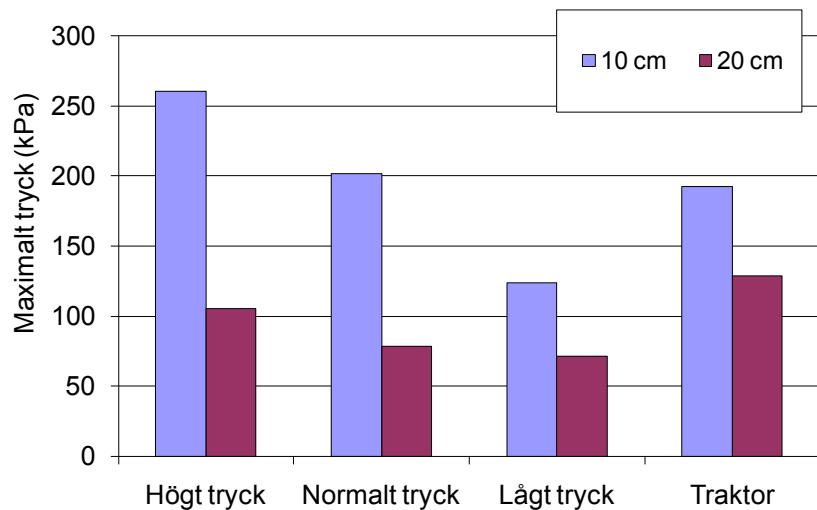
Uppmätt tryck under packarhjul och traktor

Uppmätt tryck på 10 och 20 cm djup under traktor och packarhjul visas i figur 10. Trycket i marken steg med ökat tryckt pålagt

hydrauliskt tryck på packarhjulet, speciellt på 10 cm djup. För högst pålagt tryck uppmättes på detta djup högre tryck under packarhjulet än under traktorhjulet. På 20 cm djup var dock trycket i samtliga fall lägre för packarhjulet än för traktorn.

Penetrometermätningar

Resultatet av penetrometermätningar i juni 2006 presenteras i figur 11. I samtliga fall gav traktorhjulen klart högst packning, men också mellan de led som packats olika med såmaskinen fanns skillnader med ökat penetrationsmotstånd för ökat tryck på packarhjulet. Penetrometermätningar under 2007 visas i figur 12, för tydighet visas endast led med såmaskinenens packarhjul samt traktorhjul. Resultaten stämmer i stort sett överens med mätningarna under 2006. Tre överfarter med traktor gav klart högst penetrationsmotstånd i matjorden. I försöket på Vragerup erhölls dock under 2007 avvikande resultatet för såmaskinenens packarhjul.



Figur 10. Uppmätt tryck i marken under såmaskinenens packarhjul och traktor.

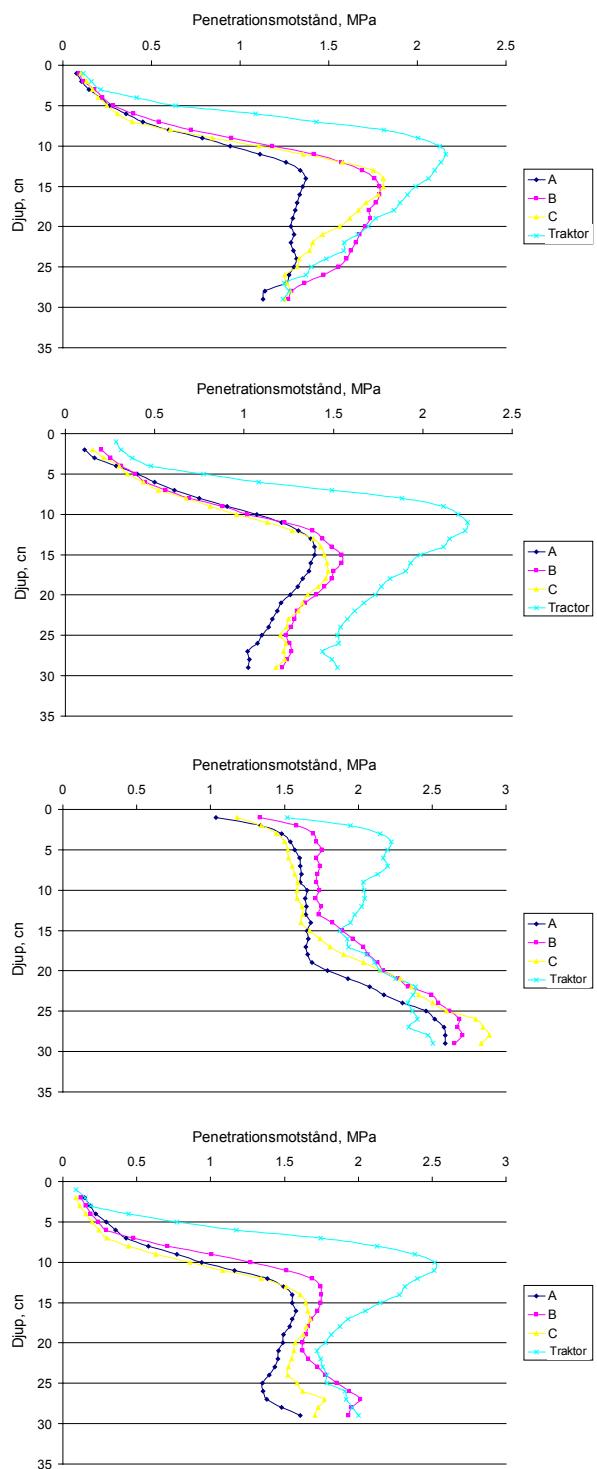


Fig. 11. Penetrationsmotstånd vid mätningar i juni 2006. Uppifrån och ner: Ädel1, Stäv1, Vrag1 (plöjt) och Vrag2 (plöjningsfritt). A, B och C=lägt, normalt resp. högt tryck på packarhjul.

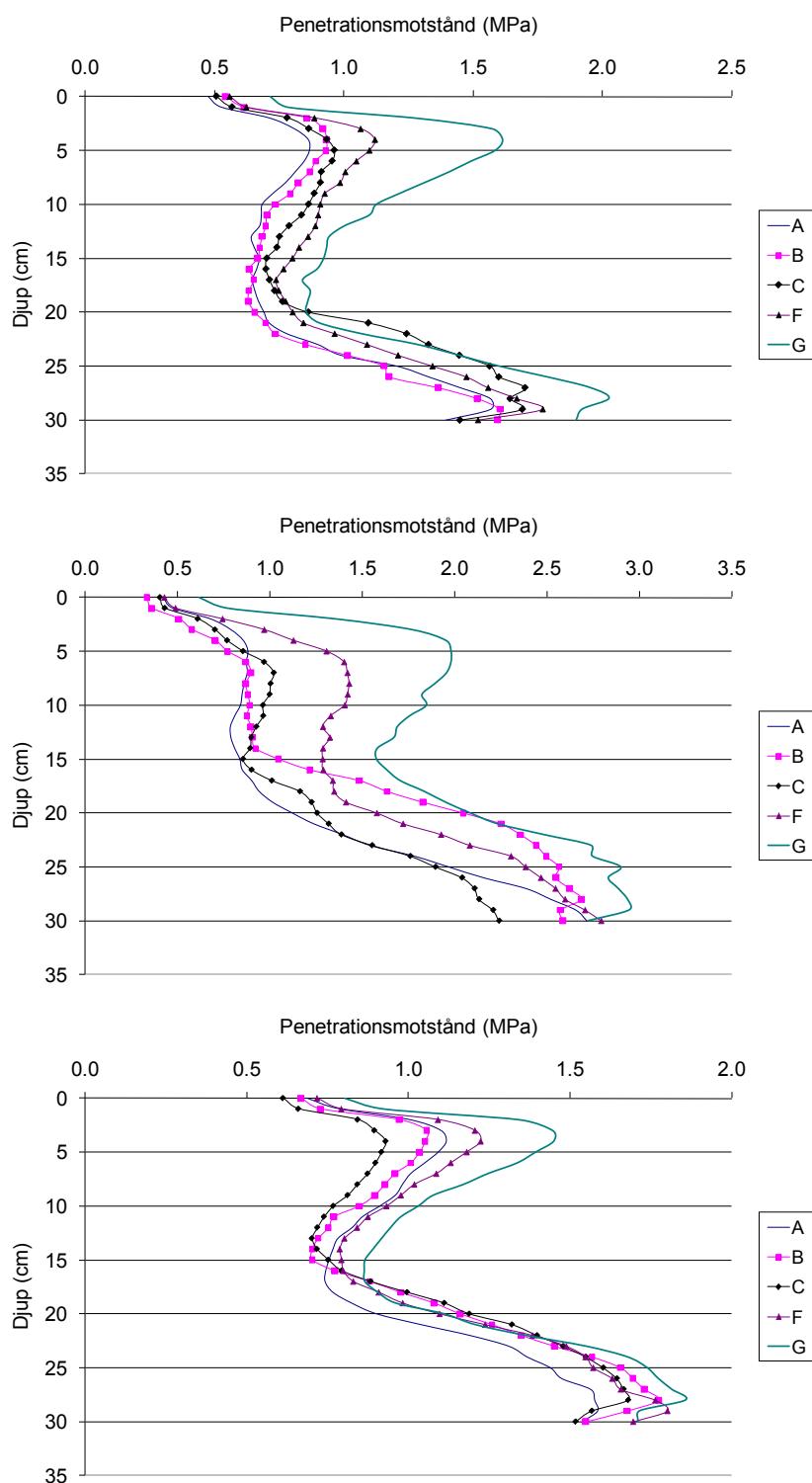


Fig. 12. Penetrationsmotstånd vid mätningar efter sådd 2007. Uppifrån: Ädel2, Borg1 Vrag3.
A, B och C=lågt, normalt resp. högt tryck på packarhjul. F, G= 1 resp. 3 överfarter med traktor.

Skrymdensitet

Markens skrymdensitet vid mätningar i såraden 2006 visas i figur 13. Effekten av behandlingarna har blivit den avsedda. A-ledet hade i samtliga fall den lägsta skrymdensiteten och traktorledet den högsta.

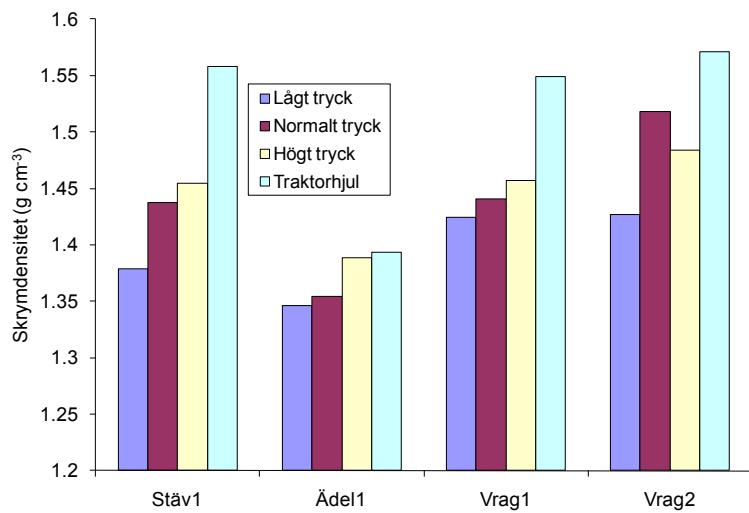
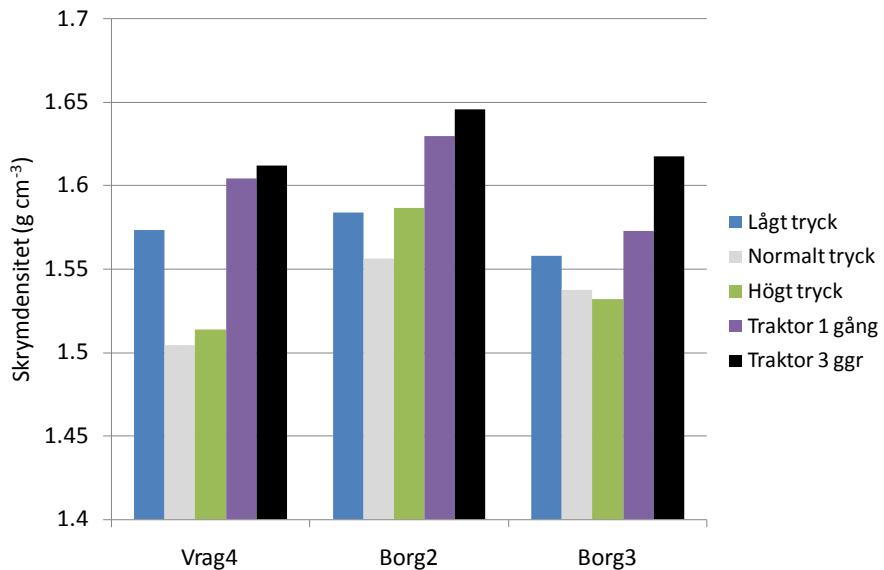


Fig. 13. Skrymdensitet i led A, B, C och F mitt under såraden i samtliga försök 2006.



Figur 14. Skrymdensitet i marken vid mätningar 2008.

Skrymdensitet vid mätningarna 2008 visas i figur 14. Resultatet var inte lika entydigt som vid mätningarna 2006. För olika tryck med såmaskinens packarhjul fanns ingen tydlig påverkan på skrymdensiteten. Tre överfarter med traktor gav dock den högsta skrymdensiteten.

Skörd, plantantal näringssinnehåll

Slutligt antal plantor i samtliga försök redovisas i tabell 2. Antal plantor har i regel varit kring 80 000/ha, i här redovisade försök var det en acceptabel etablering i samtliga led. Under 2006 fanns en tendens att uppkomsten var bättre i led som packats med traktor, denna trend var dock ej lika tydlig 2007 och 2008. I medeltal för samtliga försök var uppkomsten bäst för led som återpackats med vält eller traktor. Det finns en tendens till att ökat tryck med såmaskinens packarhjul försämrat uppkomsten. Blast- och rotvikt i juni redovisas i tabell 3 och 4. Skillnader mellan lederna var sällan statistiskt signifikanta. I något fall gav en överfart med traktor tydligt ökad blast- och rotvikt. Tre överfarter med traktor sänkte tillväxten signifikant i något fall, och gav i medeltal den lägsta blast- och rotvikten. Höjt tryck på såmaskinenens packarhjul höjde i medeltal både blast- och rotvikt. Skörd redovisas i tabell 5. Sett till samtliga försök var skillnader i skörd sällan statistiskt signifikanta. Under 2006 fanns en tydlig tendens till höge skörd där jorden packats en gång med traktor, utom i Vrag2 som odlades plöjningsfritt. Under 2007 och 2008 var skillnaderna mindre tydliga, även om återpackning med traktor ofta höjde

skördens jämfört ingen packning. I genomsnitt för samtliga försök blev skördens för en överfart med traktor 4 % högre skörd än för ledet med lågt tryck på såmaskinens packarhjul. Normalt och högt tryck på packarhjulet gav båda 1 procent högre skörd än lågt tryck. Mellanpackare och vält höjde skördens med i medeltal 3 respektive 1 %. Tre överfarter med traktor (ingick endast 2007 och 2008) gav ungefärlig samma effekt på skördens som en överfart. Endast i ett fall (Ädel 2) erhölls en tydlig skördesänkning för tre överfarter, utslaget var dock inte statistiskt signifikant.

I försöken 2006 låg försöken Vrag1 och Vrag2 på samma fält, där Vrag 1 var höstplöjt och Vrag2 odlades plöjningsfritt. I Vrag1 fanns en tendens till högre skörd efter packning med traktor, medan resultatet var omvänt i Vrag2.

Borg1 och Borg3 var vårplöjda försök. I båda dessa försök var skördens klart högre i led som återpackats med traktor, men också för ökat tryck på såmaskinens packarhjul. Skillnaderna var dock ej signifikanta.

I tabell 6 och 7 visas koncentrationen av kväve och fosfor i blast vid skördens i juni i samtliga försök 2007 och 2008. Inte i något fall erhölls signifikanta skillnader mellan lederna.

Tabell 2. Antal uppkomna plantor/m²

	2006			2007			2008			Medel		
	Vrag1	Vrag2	Stäv1	Ädel1	Vrag3	Ädel2	Borg1	Vrag4	Borg2	Borg3	Alla	2007-08
Lågt tryck	7.8	6.8	8.8	7.7	8.3	8.4	8.4	8.6	8.8	9.1	8.3	8.6
Normalt tryck	7.1	8.1	8.4	7.4	7.6	8.1	7.9	8.3	8.1	9.3	8.0	8.2
Högt tryck	7	8.1	7.7	7.3	7.3	8.1	7.8	8.8	8.2	9.3	8.0	8.3
Packare	8.2	8.4	8.7	7.9	7.7	7.6	8.3	8.6	8.3	9	8.3	8.3
Vält	8.5	8.3	9	7.4	8.7	7.7	8.3	8.8	8.3	9.6	8.5	8.6
Traktor 1 gång	8.1	8.5	9	8.8	8.3	8	8.2	8.2	8.8	8.8	8.5	8.4
Traktor 3 ggr					8.5	7.8	8.6	8.1	8.3	8.8		8.4
Sign.	p=0.09	p=0.05	*	n.s.	*	n.s.	p=0.12	n.s.	*	n.s.		

Tabell 3. Rotvikt mätt i juni (friskvikt g/planta)

	2006			2007			2008			Medel		
	Vrag1	Vrag2	Stäv1	Ädel1	Vrag3	Ädel2	Borg1	Vrag4	Borg2	Borg3	Alla	2007-08
Lågt tryck	5.2	34	16	4.4	116	66	112	120	52	111	64	96
Normalt tryck	4.4	33	18	4.5	129	65	121	137	62	117	69	105
Högt tryck	4.9	34	22	5.1	129	63	112	134	54	127	68	103
Packare	5.3	26	21	3.5	122	56	121	145	58	69	63	95
Vält	5.4	28	23	4.7	116	63	122	145	58	75	64	96
Traktor 1 gång	4.1	26	18	6.9	127	64	132	130	50	102	66	101
Traktor 3 ggr					131	50	122	98	53	92		91
Sign.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	p=0.13	n.s.	**	n.s.	*		

Tabell 4. Blastvikt mätt i juni (friskvikt g/planta)

	2006 Vrag1	Vrag2	Stäv1	Ädel1	2007 Vrag3	Ädel2	Borg1	2008 Vrag4	Borg2	Borg3	Medel Alla	2007-08
Lågt tryck	39.7	168	104	37	244	171	313	170	100	120	147	186
Normalt tryck	35.05	151	125	35	279	183	352	200	105	135	160	209
Högt tryck	40.4	182	143	40	298	169	306	205	105	125	161	201
Packare	42.1	131	135	28	269	157	296	175	105	125	146	188
Vält	31.3	140	150	38	261	162	312	165	110	130	150	190
Traktor 1 gång	33.6	128	116	48	276	169	332	160	90	125	148	192
Traktor 3 ggr					276	129	296	130	95	110		173
Sign.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	p=0.13	n.s.	**	n.s.	n.s.	*	

Table 5. Sockerskörd (ton ha⁻¹ och relativtal)

	2006 Vrag1	Vrag2	Stäv1	Ädel1	2007 Vrag3	Ädel2	Borg1	2008 Vrag4	Borg2	Borg3	Medel Alla	2007-08
Lågt tryck=100	12.4	12.9	9.2	8.6	17.2	15.8	13.5	17	15.5	15.7	14	15.8
Normalt tryck	94	105	98	101	95	99	108	104	100	104	101	102
Högt tryck	101	106	93	100	96	99	102	99	103	107	101	101
Packare	107	103	104	99	93	110	106	102	100	106	103	103
Vält	107	98	96	108	95	97	102	101	105	103	101	101
Traktor 1 gång	105	98	113	109	94	99	109	99	105	104	104	102
Traktor 3 ggr					99	92	109	98	105	106		102
Sign.	p=0.11	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	p=0.09	n.s.	n.s.	n.s.		

Tabell 6. Kväveinnehåll (%) i blad provtagna i mitten av juni

	2007			2008				
	Vrag3	Stäv2	Ädel2	Borg1	Vrag4	Borg2	Borg3	Medel
Lågt tryck	3.5	3.7	3.6	3.5	3.3	3.8	3.4	3.5
Normalt tryck	3.3	3.5	3.7	3.9	3.3	4.0	3.7	3.6
Högt tryck	3.5	3.5	3.7	4.0	2.8	4.0	3.5	3.6
Packare, låg last	3.5	3.5	3.8	3.8	3.0	4.1	3.6	3.6
Vält	3.4	3.9	3.5	3.7	3.1	3.9	3.5	3.6
Traktor 1 överf.	2.8	3.4	3.6	3.5	3.4	3.9	3.4	3.4
Traktor, 3 överf.	3.2	3.0	3.2	3.8	3.1	4.0	3.6	3.4

Tabell 7. Fosforinnehåll (%) i blad provtagna i mitten av juni

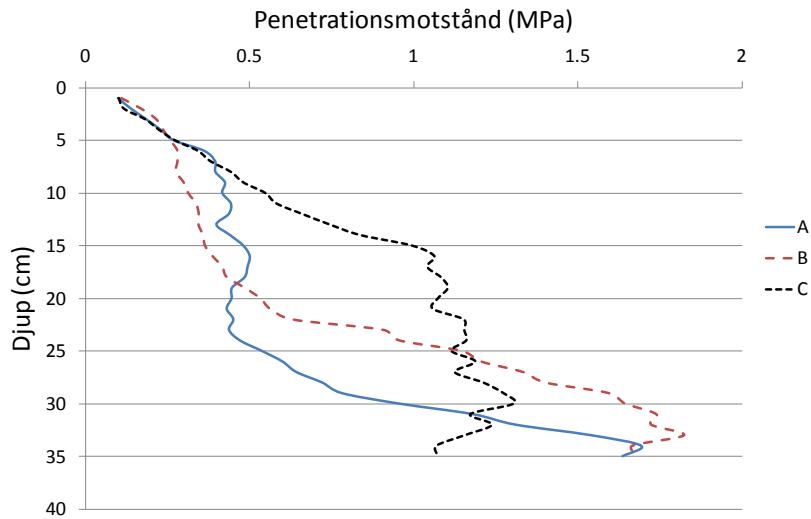
	2007				2008				
	Vrag3	Stäv2	Ädel2	Borg1	Vrag4	Borg2	Borg3	Medel	
Lågt tryck	0.27	0.37	0.35	0.32	0.22	0.28	0.31	0.30	
Normalt tryck	0.27	0.32	0.36	0.33	0.25	0.29	0.32	0.31	
Högt tryck	0.28	0.36	0.37	0.32	0.25	0.32	0.31	0.32	
Packare, låg last	0.29	0.33	0.37	0.35	0.25	0.31	0.32	0.32	
Vält	0.27	0.35	0.35	0.33	0.26	0.33	0.30	0.31	
Traktor 1 överf.	0.28	0.37	0.33	0.32	0.26	0.31	0.31	0.31	
Traktor, 3 överf.	0.28	0.43	0.34	0.32	0.26	0.31	0.31	0.32	

Serie R2-7223 – försök med återpackning i odling med och utan plöjning

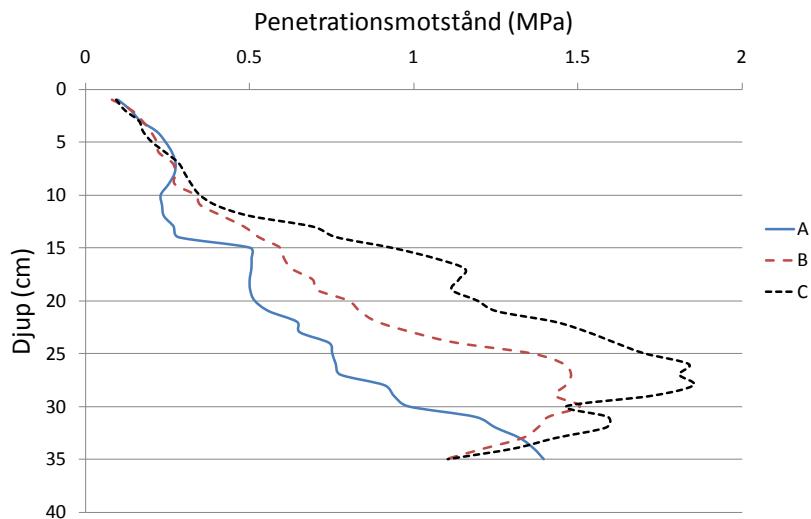
olika bearbetningsdjupen orsakade stora skillnader i penetrationsmotstånd mellan leden, både på Lönnstorp och Ädelholm.

Penetrationsmotstånd och skrymdensitet

Penetrationsmotstånd på hösten efter bearbetning visas i figur 15 och 16. De



Figur 15. Penetrationsmotstånd på Lönnstorp hösten 2008 efter bearbetning. A=plöjning, B=kultivering till 20 cm, C=kultivering till 10 cm.



Figur 16. Penetrationsmotstånd på Ädelholm hösten 2008 efter bearbetning. A=plöjning, B=kultivering till 20 cm, C=kultivering till 10 cm.

Skrymdensitet för samtliga led under vegetationsperioden visas i tabell 8 och 9. Skrymdensiteten ökade med ökat antal överfarter, och var högre efter grund bearbetning. Det fanns också ett samspelet mellan bearbetning och antal överfarter: i led med grund bearbetning var ökningen i skrymdensitet betydligt mindre än då marken plöjts.

Tabell 8. Skrymdensitet (g/cm^3) på Lönnstorp 2009. Värden i samma rad eller kolumn som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda ($p<0.05$)

	Plöjn.		Kult.	Kult.	Medel
	20 cm	10 cm			
0 överfarter	1,57	1,59	1,64	1,60b	
1 överfart	1,55	1,62	1,63	1,60b	
3 överfarter	1,60	1,63	1,65	1,63ab	
6-8 överf.	1,66	1,66	1,64	1,65b	
Medel	1,60b	1,62ab	1,64a		

Tabell 9. Skrymdensitet (g/cm^3) på Ädelholm 2009. Värden i samma rad eller kolumn som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda ($p<0.05$)

	Plöjn.		Kult.	Kult.	Medel
	20 cm	10 cm			
0 överfarter	1,56	1,57	1,73	1,62b	
1 överfart	1,57	1,61	1,75	1,64b	
3 överfarter	1,64	1,62	1,67	1,64b	
6-8 överf.	1,70	1,77	1,68	1,71a	
Medel	1,62b	1,64b	1,70a		

Skörd

Skörd på Lönnstorp och Ädelholm presenteras i tabell 10 och 11. På Lönnstorp gav tre överfarter signifikant högre skörd än 0 eller 1 överfart, utan några tydliga skillnader i skörd mellan bearbetningssystemen. På Ädelholm fanns

ingen positiv effekt av återpackning, men en klar skördesänkning för grund bearbetning. På både Lönnstorp och Ädelholm krävdes 6-8 överfarter för att få en tydlig negativ effekt av packning på skörden.

Tabell 10. Skörd på Lönnstorp (ton socker/ha) 2009. Värden i samma rad eller kolumn som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda ($p<0.05$)

	Plöjn.	Kult.	Kult.	Medel
	20 cm	10 cm		
0 överfarter	15,6	16	15,3	15,6b
1 överfart	14,7	15,7	15,8	15,4b
3 överfarter	16,7	15,8	16,3	16,3a
6-8 överf.	15,7	15,2	14,2	15,0b
Medel	15,7	15,7	15,4	

Tabell 11. Skörd på Ädelholm (ton socker/ha) 2009. Värden i samma rad eller kolumn som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda ($p<0.05$)

	Plöjn.	Kult.	Kult.	Medel
	20 cm	10 cm		
0 överfarter	14,0	13,6	12,8	13,5a
1 överfart	14,5	13,5	12,8	13,6a
3 överfarter	14,0	13,9	12,3	13,4a
6-8 överf.	12,8	12,7	11,5	12,3b
Medel	13,8a	13,4a	12,4b	

Sockerskörd som en funktion av skrymdensitet visas i figur 17. På Lönnstorp fanns ett positivt samband upp till en viss nivå av återpackning. På Ädelholm var sambandet negativt. För plöjning och djup kultivering var dock skrymdensiteten efter 0-3 överfarter i intervallet $1,55-1,65 \text{ g cm}^{-3}$, där effekten på skörd var liten.

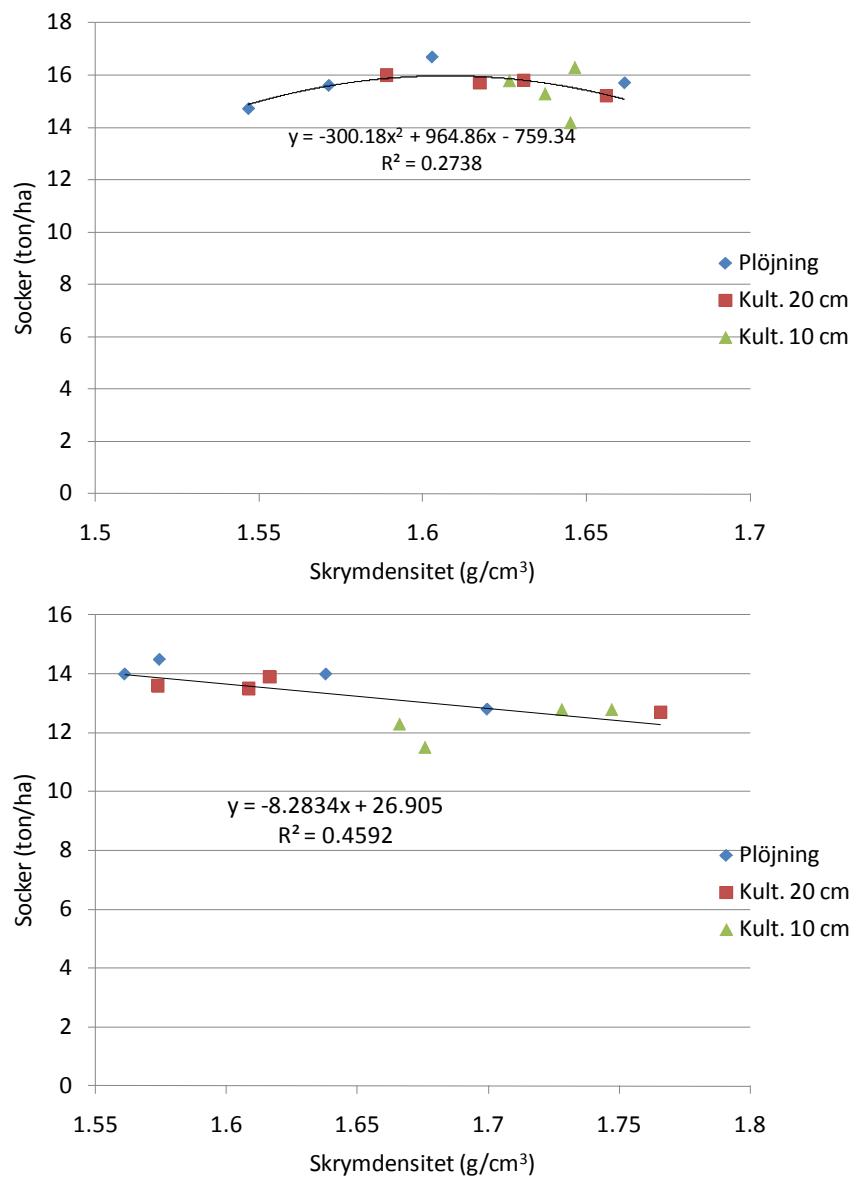


Fig. 17. Sockerskörda som funktion av skrymdensitet på Lönnstorp (överst) och Ädelholm.

DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Sett över hela försöksmaterialet var sockerbetorna förvånansvärt okänsliga för packning. I litteraturen finns skiftande resultat, vissa studier pekar ut sockerbetor som okänsliga, andra som känsliga för packning (ex. Johnson och Erickson, 1991). I flera utländska försök där sockerbetor angetts som packningskänsliga beror detta på att packning vid såbäddsberedning påverkat grödans etablering. I de försök som ingår i denna studie anpassades såbäddsberedningen så att en god såbädd skulle erhållas i samtliga led, vilket ibland medförde ett ökat antal harvningar i packade led. Detta verkar i stort sett ha lyckats, eftersom plantantalet var ungefär samma i samtliga led.

Också i jämförelse med tidigare svenska försök var det små negativa effekter av packning. I försök utförda på 70-talet erhölls en kraftig skördesänkning för tre överfarter med traktor vid tiden för vårbruk jämfört med ingen packning, i denna studie var skörden i genomsnitt något högre för tre överfarter jämfört med ingen packning. I försöken på 70-talet användes en lättare traktor men klart högre ringtryck jämfört med denna studie (ca 1,6 jämfört med 0,6 bar). Resultaten tyder alltså på att med de ringtryck som kan användas med moderna traktorer kan risken för packningsskador vid normalt vårbruk hanteras.

I genomsnitt för serie R2-7221 har en viss återpackning efter plöjning höjt skörden (4 % högre för 1 överfart med traktor jämfört med kontrollled), vilket stämmer med tidigare erfarenheter (Håkansson, 1990; Lindstrom och Voorhees, 1994; Lipiec och Simota, 1994; Arvidsson, 1998). Skillnaderna i enskilda försök var dock sällan signifikanta. Ökat tryck på såmaskinens packarhjul gav avsedd effekt i form av ökat tryck i marken, ökat penetrationsmotstånd och ökad skrymdensitet. Det hade dock väldigt liten inverkan på skörden. Det finns en tendens i materialet till sämre uppkomst

vid ökat tryck på packarhjulet, vilket skulle kunna tyda på att packarhjulet gav en alltför kraftig packning av själva såbädden. Blastvikt och rotvikt i mitten av juni var dock i medeltal högre för normalt och högt jämfört med lågt tryck, även om skillnaderna sällan var signifikanta i enskilda försök.

I materialet fanns en tendens till större positiva effekter av återpackning efter vårplöjning jämfört med höstplöjning, men det fanns ingen säker skillnad i packningsrespons mellan höstplöjd och vårplöjd mark.

I denna studie erhölls också mycket små effekter av packning på betornas näringsupptag. Några tendenser finns, t.ex. var kvävehalten lägre för den kraftigaste packningen på Ädelholm och Stävie. Det är dock anmärkningsvärt att de olika behandlingarna inte gav tydligare utslag på näringsinnehållet. Packningen påverkar bl.a. rottillväxt och näringssämnenas transport i marken via diffusion och massflöde (Kemper et al., 1971; Kooistra et al., 1992). Via markens syretillgång påverkas också kväveomsättning, och oxidationsform för bl.a. mangan och järn. Betydligt större ledskillnader hade därför kunnat förväntas. Stora effekter av packning på näringsupptagning erhölls t.ex. av Arvidsson (1999).

I två separata experiment (serie R2-7223) testades olika grader av återpackning i kombination med olika luckring vid höstbearbetningen. Markens skrymdensitet var betydligt högre efter grund höstbearbetning jämfört med plöjning, i ett av försöken resulterade detta också i en tydlig skördesänkning. Tre överfarter med traktor på höstplöjd mark gav en lägre skrymdensitet än grunt kultiverad mark utan packning på våren. Grund bearbetning på hösten kan fungera väl till sockerbetor, men kan också ge en alltför hög skrymdensitet, oavsett hur jorden behandlas på våren. Det verkar sällan finnas behov av återpackning till sockerbetor vid plöjningsfri odling.

REFERENSER

- Arvidsson, J., 1998. Influence of soil texture and organic matter content on bulk density, air content, compression index and crop yield in field and laboratory compression experiments. *Soil Tillage Res.* 49, 159-170.
- Arvidsson, J., 1999. Nutrient uptake of barley in compacted soil in field and laboratory experiments. *Plant and Soil* 208: 9-19.
- Brereton, J.C., McGowan, M., Dawkins, T.C.K., 1986. The relative sensitivity of spring barley, spring field beans and sugar beet crops to soil compaction. *Field Crops Res.* 13, 223-237.
- Gemtos, T.A., Goulas, C., Lellis, T., 2000. Sugar beet genotype response to soil compaction stress. *European Journal of Agronomy* 12, 201-209.
- Gemtos, T.A., Lellis, T., 1997. Effects of soil compaction, water and organic matter contents on emergence and initial plant growth of cotton and sugar beet. *J. agric. Engng Res.* 66, 121-134.
- Hebblethwaite, P.D., McGowan, M., 1980. The effects of soil compaction on the emergence, growth and yield of sugar beet and peas. *J. Sci. Food Agric.* 31, 1131-1142.
- Henriksson, L., von Polgar, J., 1987. Undersökning av markens egenskaper och sockerbetornas utveckling efter körsning i fasta spårsystem 1984-1986. Jordbearbetningsavdelningen, institutionen för markvetenskap, SLU. Stencil.
- Håkansson, I., 1990. A method for characterizing the state of compactness of the plough layer. *Soil Tillage Res.* 16, 105-120.
- Håkansson, I., 2000. Packning av åkermark vid maskindrift. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, inst. för markvetenskap, SLU, nr 99.
- Jaggard, K.W., 1977. Effects of soil density on yield and fertilizer requirement of sugar beet. *Ann. appl. Biol.* 86, 301-312.
- Johnson, B.S., Erickson, A.E., 1991. Sugarbeet response to subsoiling and wheel traffic. *Agronomy Journal* 83, 386-390.
- Kemper, W.D., Stewart, B.A., Porter, L.K., 1971. Effects of compaction on soil nutrient status. In: *Compaction in Agricultural Soils*. Eds. K.K. Barnes, W.M. Charleton, H.M. Taylor, R.I. Throckmorton and G.E. Vanden Berg. pp 178-189. Am. Soc. Agr. Eng., St. Joseph, Michigan.
- Kooistra, M.J., Schonderbeek, D., Boone, F.R., Veen, B.W., Van Noordwijk, M., 1992. Root-soil contact of maize as measured by thin-section technique. 2. Effects of soil compaction. *Plant Soil* 139, 119-129.
- Lamers, J.G., Perdok, U.D., Lumkes, L.M., Klooster, J.J., 1986. Controlled traffic farming systems in the Netherlands. *Soil Tillage Res.* 8, 65-76.
- Lindstrom, M.J., Voorhees, W.B., 1994. Responses of temperate crops in North America. In: *Soil Compaction in Crop Production*. Eds. B.D. Soane and C. van Ouwerkerk. pp 265-286. Elsevier, Amsterdam.
- Lipiec, J., Stepniewski, W., 1995. Effects of soil compaction and tillage systems on uptake and losses of nutrients. *Soil Tillage Res.* 35, 37-52.
- Lipiec, J., Simota, C., 1994. Crop responses in Central and Eastern Europe. In: *Soil Compaction in Crop Production*. Eds. B.D. Soane and C. van Ouwerkerk. pp 365-389. Elsevier, Amsterdam.
- Romanekas, K., Pilipavicius, V., Sarauskis, E., 2010. Impact of seedbed density on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) seed germination, yield and quality of roots. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 8, 599-601.
- Sockerbetsnäringens samarbetskommitté, 1987. Försöksverksamhet i sockerbetor 1986. Olika odlingssystem 7, 1-5. Staffanstorp.
- Svensson, H., 1987. Jordpackningens inverkan på sockerbetans rotutveckling och skördens storlek. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen 75, SLU, Uppsala.

Appendix. Innehåll av näringssämnen i blast vid mätningar 2007 och 2008

Tabell 12. Innehåll av olika näringssämnen mätt i mitten av juni i blast från Vrag3 (Vragerup 2007)

Tabell 13. Innehåll av olika näringssämnen mätt i mitten av juni i blast från Ädel2 (Ädelholm 2007)

Tabell 14. Innehåll av olika näringssämnen mätt i mitten av juni i blast från Borg1 (Borgeby 2007)

Tabell 15. Innehåll av olika näringssämnen mätt i mitten av juni iblast från Vrag4 (Vragerup 2008)

Tabell 16. Innehåll av olika näringssämnen mätt i mitten av juni i blast från Borg2 (Borgeby 2008)

Tabell 17. Innehåll av olika näringssämen mätt i mitten av juni i blast från Borg3 (Borgeby 2008)