



SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET
UPPSALA

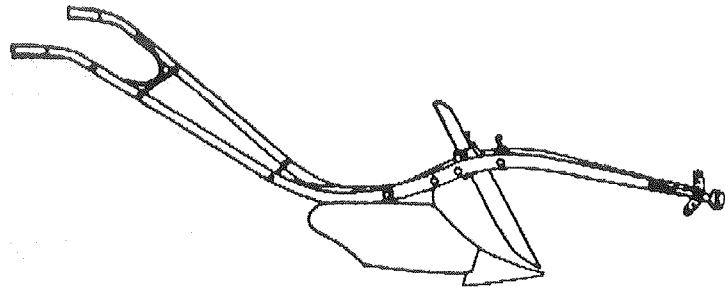
INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

MEDDELANDEN FRÅN _____ JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala

Department of Soil Sciences

Bulletins from the Division of Soil Management



Nr 18

1995

Johan Arvidsson & Virginus Feiza

**LÅGA RINGTRYCK I ODLING MED OCH
UTAN PLÖJNING**

Low inflation pressure in conven-
tional and ploughless tillage

ISSN 1102-6995

ISRN SLU-JB-M--18--SE

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för jordbearbetning

Meddelanden från jordbearbetnings-
avdelningen. Nr 18, 1995

ISSN 1102-6995

ISRN SLU-JB-M--18--SE

Johan Arvidsson & Virginius Feiza

Låga ringtryck i odling med och utan plöjning

Low inflation pressure in conventional and ploughless tillage

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Introduktion	2
Material och metoder	3
Försökets genomförande	3
<i>Försöksplatser</i>	3
<i>Försöksplan</i>	3
<i>Grödval, övrig skötsel</i>	4
<i>Årliga mätningar</i>	4
Markfysikaliska studier	4
<i>Bestämning av genomsläpplighet för vatten i fält</i>	4
<i>Penetrometermätningar</i>	5
<i>Cylinderprovtagning</i>	5
<i>Referensskrymdensitet</i>	5
<i>Mättad genomsläpplighet för vatten, porstorleksfördelning</i>	5
<i>Luftgenomsläpplighet</i>	6
<i>Såbäddsundersökning</i>	6
<i>Bestämning av aggregathållfasthet</i>	6
<i>Skrymdensitet och penetrationsmotstånd vid körning spår i spår</i>	6
Resultat	
Markfysikaliska studier	7
<i>Genomsläpplighet för vatten i fält</i>	7
<i>Penetrationsmotstånd</i>	7
<i>Torr skrymdensitet</i>	9
<i>Porstorleksfördelning</i>	9
<i>Såbäddens egenskaper</i>	10
<i>Luftgenomsläpplighet</i>	10
<i>Mättad genomsläpplighet för vatten</i>	12
<i>Aggregathållfasthet</i>	14
<i>Skrymdensitet och penetrationsmotstånd vid körning spår i spår</i>	14
Plantetablering och skörd	15
Diskussion	17
Sammanfattning	19
Referenser	19

INTRODUKTION

Dålig markstruktur, orsakad av ogynnsamma växtföljder och packning med tunga maskiner, är ett stort problem i svenskt jordbruk. Vid avdelningen för jordbearbetning, SLU, har bedrivits en omfattande forsknings- och försöksverksamhet kring verkan av jordpackning (Håkansson 1987, 1989). Största delen av fältförsöken har utgjorts av tre typer av försök.

1. Ettåriga effekter av packning, d.v.s. verkan på årets gröda av körning som utförts efter plöjning (oftast såbäddsberedning).
2. Packningsskador (strukturskador) som finns kvar även efter det att jorden plöjts. De försöksmässiga körningarna har gjorts med traktor och vagn på hösten före plöjning.
3. Effekter av packning i alven. Körning har gjorts med mycket tunga maskiner vid ett tillfälle och skörden har sedan mätts under ca 10 år.

Försöken under punkt 1, 2 och 3 har kunnat användas till att bygga upp en modell kring jordpackningens ekonomiska effekter på en enskild gård (Arvidsson & Håkansson, 1989, 1991). Gemensamt för de fältförsök som utförts hittills är att de gjorts i odlingssystem med årlig plöjning.

Plöjningsfri odling har potentiellt många positiva effekter på markstrukturen (Rydberg 1986), t.ex. ökad mullhalt i markytan vilket minskar risken för igenslamning och förbättrar vattenhushållningen, och förbättrad porkontinuitet vilket kan öka markens genomsläpplighet för vatten. Intresset från lantbrukare att odla utan plöjning är idag mycket stort. Ett allvarligt problem är dock risken för att möjligheterna till en förbättring av strukturen helt kan spolieras genom packning, och att man istället får en förtätning av centrala matjorden. Denna kan orsaka försämrade rotutveckling och minskad genomsläpplighet för vatten. Några större insatser för att kvantifiera packningens betydelse inom plöjningsfri odling har ännu ej gjorts, men sådana efterfrågas av många lantbrukare och rådgivare inom jordbruksområdet. Rent allmänt anses god däckutrustning vara en förutsättning för reducerad bearbetning (Christian & Ball 1994).

Sedan packningsförsöken inleddes på 50- och 60-talen har det skett en utveckling av däck avsedda för att ge låga marktryck. Effekterna av minskad packning genom användning av bättre däck är dock dåligt kända. Syftet med de försök som presenteras i denna rapport var att i praktiska fältförsök studera effekterna av att använda extrema lågtrycksdäck (ringtryck 20-30 kPa) i odling dels med, dels utan plöjning. Projektet har välvilligt finansierats av Stiftelsen Lantbruksforskning.

MATERIAL OCH METODER

Försökets genomförande

Försöksplatser

Försöken, som startades 1991, var fastliggande och placerade på tre platser, försöksnr E 21/91 på Tolefors utanför Linköping, UI 512/91 på Kungsängen och UI 522/91 på Säby, de båda sistnämnda på Ultuna egendom, Uppsala. Jordart och kornstorleksfördelning i matjorden, pH, K-AL och P-AL för platserna anges i tabell 1. Permanent vissningsgräns var 21,0 % (vikt/vikt) på Kungsängen och 18,6 % på Säby. Försöksplatsen på Tolefors underlagrades av en styv lera, som återfanns på varierande djup inom försöksplatsen. Ett av blocken drabbades ofta av torkskador och uteslöts därför vid bearbetningen av resultaten.

Försöksplan

Försöket var tvåfaktoriellt och lades ut som ett split-plotförsök i fyra block med ringtryck i storrutor och bearbetning i smårutor:

A=Konventionell bearbetning med plöjning

B=Plöjningsfri odling

1=Normala ringtryck (80 kPa)

2=Låga ringtryck (30 kPa)

Primärbearbetningen i led B utgjordes normalt av två körningar med kultivator. Plöjningen i led A föregicks oftast av en bearbetning med tallriksredskap. Såbäddsberedning utfördes på samma sätt i alla led: på Tolefors harvning, sådd och övergödning, i Ultunaförsöken harvning och kombisådd.

I försöken på Ultuna användes olika traktorer till normala och låga marktryck. Till normala ringtryck användes en Fendt 310 SLA, vikt ca 4800 kg, med dubbelmonterade däck av dimension 16.9-38, ringtryck 80 kPa utom vid plöjning, då traktorn kördes med enkla hjul. Till led med låga ringtryck användes en MB-trac, vikt ca 4500 kg, med dubbelmonterade Trelleborg TWIN 600-26.5 med ett ringtryck av 30 kPa. Vid plöjning kördes också denna traktor med enkla hjul. På såmaskin och

Tabell 1. Jordart, kornstorleksfördelning i matjorden, pH, K-AL och P-AL för försöksplatserna i serie R2-7115

Försök nr	Ler	Mjäl a	Mo	Sand	Mull	Jordart	pH	P-AL	K-AL
E 21/91, Tolefors	21	8	57	10	4,2	mmh mo LL			
UI 512/91, Kungsängen	49	32	13	1	4,5	mmh SL	6,7	3,6	14,5
UI 522/91, Säby	42	31	20	1	5,6	mmh SL	6,6	1,8	17,0

tröska skiftades hjul så att trycket i lågtrycksalternativet var 30 respektive 40 kPa, medan ringtrycket i normalledet var ca 250 kPa.

Grödval, övrig skötsel

I samtliga försök odlades endast vårsådda grödor, oftast vårstråsäd. Gödsling och kemisk bekämpning utfördes som i konventionell växtodling, med kvävegivor på 80-100 kg/ha. Normalt utfördes en kemisk bekämpning av ettåriga ogräs.

Årliga mätningar

Varje år bestämdes plantetablering (uppkomna plantor/m²), ogräsantal, skörd, vattenhalt i kärna, andel grönskott och liggsäd i beståndet.

Markfysikaliska studier

I försök nr 512/91 och 522/91, vid Kungsängen och Säby nära Ultuna, genomfördes under 1994 studier av markens fysikaliska egenskaper.

Bestämning av genomsläpplighet för vatten i fält.

Markens genomsläpplighet för vatten i plogsulan och i alven bestämdes i fält med hjälp av en dubbelringsinfiltrimeter. En inre ring (diameter 40 cm), och en yttre ring (diam 62 cm), slogs ner i marken på 20 cm djup och fylldes med vatten. Vattnets sjunkhastighet i den inre ringen användes sedan för att beräkna genomsläpplighet i fält, k_f . För att få jorden nära vattenmättnad fick ca 50 liter vatten rinna genom ringarna innan mätningen påbörjades. K_f beräknades enligt Green et al. (1986),

$$k_f = v/I$$

$$I = (h+z)/z$$

där

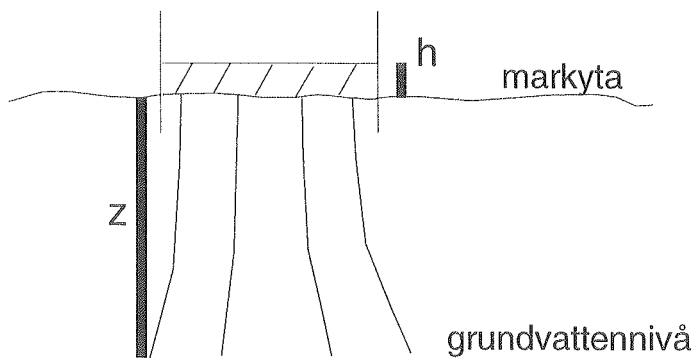
v =sjunkhastighet, mm/min

I =gradient, m/m

h =genomsnittlig vattenhöjd ovanför markytan, m, (se figur 1)

z =avstånd till grundvattennivå, m

Figur 1. Schematisk bild av mätning av genomsläpplighet för vatten i fält.



Penetrometermätningar

Penetrometermätningar gjordes vid 4 tillfällen: 23 april, 28 april, 10 maj och 19 maj med en Bush Recording Penetrometer. Första mätningen gjordes före sådd, övriga efter sådd. I varje ruta gjordes 15 stick, d.v.s. sammanlagt 60 per led, med registrering av penetrationsmotståndet på varannan centimeter ner till 50 centimeters djup. Vattenhalten i marken bestämdes genom cylinderprovtagning vid motsvarande tidpunkter för de två första mättillfällena (se nedan). Vid de senare togs vattenhaltsprover på djupet 5-15 cm i hälften av rutorna med hjälp av markarteringsborr.

Cylinderprovtagning

Omedelbart före och efter sådd togs cylinderprover (diameter 72 mm, höjd 100 mm) i samtliga rutor. På Kungsängen togs cylindrar i två skikt, 7-17 cm samt 13-23 cm, på Säby i skiktet 10-20 cm. Före sådd togs tre cylindrar per skikt i varje ruta, efter sådd 4 cylindrar per skikt och ruta (sammanlagt $(3+4)*3$ skikt*16 rutor=336 cylindrar). Cylindrarna användes sedan för bestämning av torr skrymdensitet, mättad genomsläpplighet för vatten, porstorleksfördelning och luftgenomsläpplighet.

Referensskrymdensitet

Ett referenstillstånd för markens skrymdensitet bestämdes genom att marken packades i en ödometer med trycket 200 kPa enligt Håkansson (1990). Skrymdensiteten i fält i procent av referensvärdet kallas packningsgrad. Metoden avser att ge möjlighet till en bättre uppskattning av markens packningstillstånd än vad som är möjligt utifrån enbart skrymdensiteten.

Mättad genomsläpplighet för vatten, porstorleksfördelning

En cylinder per ruta från varje provtagningstillfälle och skikt användes för att bestämma markens mättade genomsläpplighet för vatten, och därefter porstorleksfördelning. Genomsläppligheten bestämdes enligt Andersson (1955). Porstorleksfördelning bestämdes efter 0,5, 10 och 60 kPa avsugning (ekvivalent pordiameter 0,6, 0,03 och 0,005 mm) samt bestämning av permanenta vissningsgränsen (1500 kPa) (Andersson 1962).

Luftgenomsläpplighet

Luftgenomsläpplighet mättes i laboratorium på hälften av de uttagna cylindrarna enligt Andersson (1969). Mätningen utfördes strax efter provtagning på naturfuktiga prover.

Såbäddsundersökning

Såbäddens egenskaper undersöktes enligt Kritz (1983). Sådjupet bestämdes genom mätning av volymen bearbetad jord inom en ram med en yta av 0,25 m². Kärnplacering och aggregatstorleksfördelning (<2 mm, 2-5 mm och >5 mm) i olika skikt av såbädden bestämdes genom sällning. Vid sällningen togs också vattenhaltsprover i de olika skikten samt i såbotten.

Bestämning av aggregathållfasthet

I försöket på Kungsängen togs aggregatprover från samtliga rutor i två skikt: 5-12 cm och 12-20 cm. Aggregat av storleken 8-16 mm torkades i ugn och deras draghållfasthet bestämdes genom mätning av hur stor kraft som krävdes för att trycka sönder ett aggregat mellan två stålplattor enligt Dexter och Kroesbergen (1985). Mätningen gjordes på 20 aggregat per ruta och skikt.

Bestämning av skrymdensitet och penetrationsmotstånd vid körning spår i spår

Efter försökens avslutande gjordes en extra körning på plöjd mark på Kungsängen med samma traktorer och däcksutrustning som ovan. Körningen utfördes vid tiden för vårbruket 1995 i fyra block enligt följande plan:

1=Normala ringtryck (80 kPa)

2=Låga ringtryck (30 kPa)

A=1 överfart spår intill spår

B=3 överfarter spår intill spår

Efter körningen mättes skrymdensiteten i matjorden inom en 70*70 cm plåtram, en mätning per ruta, enligt Håkansson (1990). Penetrometermätning gjordes med 20 stick per ruta.

RESULTAT

Markfysikaliska mätningar

Genomsläpplighet för vatten i fält.

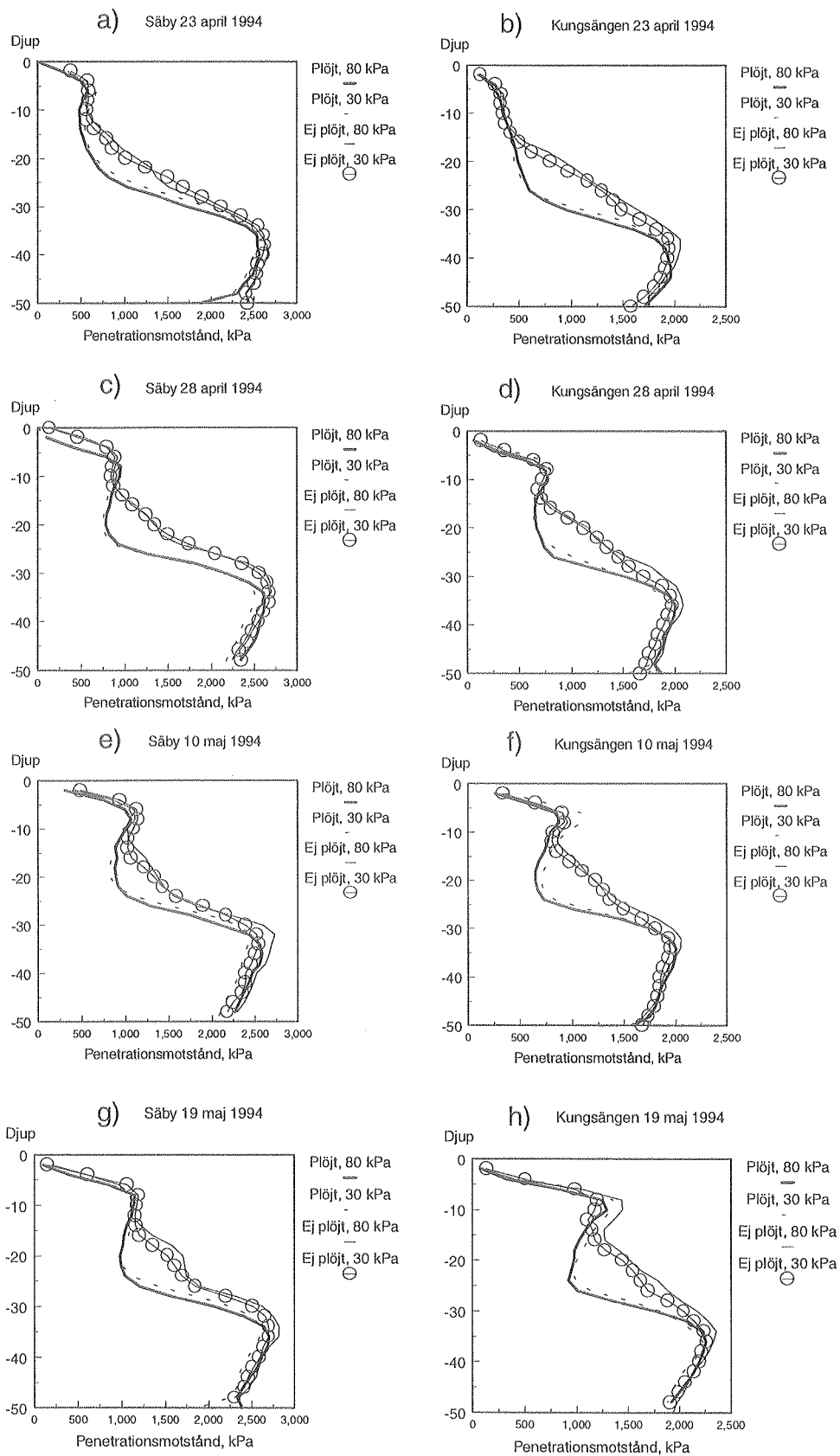
Resultatet av infiltrationsmätningarna i plogbotten redovisas i tabell 2. Genomsläppligheten var hög i samtliga led på båda försöksplatserna. På Kungsängen medförde den plöjningsfria odlingen en signifikant högre genomsläpplighet ($p < 0,05$), medan skillnaden mellan ringtryck var liten. På Säby var skillnaden mellan leden genomgående liten.

Penetrationsmotstånd

Penetrationsmotståndet i marken vid samtliga fyra mätningar på Säby och Kungsängen visas i figur 2, a-h (sådd skedde 24-25 april). Trenderna är likartade i båda försöken. Penetrationsmotståndet var ungefär samma i alla led i den översta, bearbetade delen av matjorden (0-15 cm). I skiktet 15-30 cm var motståndet signifikant högre i ej plöjda än i plöjda led, och djupare än 30 cm suddades skillnaderna mellan leden ut. Såbäddsberedningen resulterade i ett höjt penetrationsmotstånd i hela matjorden, framförallt i skiktet 5-20 cm. Skillnaden mellan plöjt och icke plöjt led kvarstod även efter sådd. Låga marktryck hade en försumbar inverkan på penetrationsmotståndet, oavsett djup och provtagningstillfälle. Enda undantaget är sista mätningen på Kungsängen då det fanns en tendens till att låga marktryck orsakat lägre motstånd i det plöjningsfria ledet, med ett signifikant samspel mellan bearbetning och marktryck på djupen 10 och 12 cm. Signifikans för enskilda nivåer mellan plöjt och icke plöjt led anges ej av utrymmesskäl. I skiktet 15-25 cm var skillnaden i regel signifikant på alla nivåer på båda platserna vid samtliga mättillfällen, medan det i skiktet 0-15 cm normalt inte fanns några signifikanta skillnader i penetrationsmotstånd mellan plöjda och ej plöjda rutor.

Tabell 2. Genomsläpplighet för vatten i plogbotten och alv (cm/min), bestämning i fält

	Kungsängen	Säby
Plöjt, normala ringtryck	0,98	0,67
Plöjt, låga ringtryck	1,59	0,68
Ej plöjt, normala ringtryck	2,49	0,71
Ej plöjt, låga ringtryck	2,33	0,56
Plöjt	1,28	0,67
Ej plöjt	2,41	0,63
Normala ringtryck	1,74	0,69
Låga ringtryck	1,96	0,62
Signifikans bearbetning	*	n.s.
Signifikans ringtryck	n.s.	n.s.
Signifikans samspel	n.s.	n.s.



Figur 2. Penetrationsmotstånd i försök på Säby och Kungsängen vid 4 mättillfällen 1994. Första mätningen utfördes före sådd, övriga efter.

Torr skrymdensitet

Markens torra skrymdensitet i prover tagna före och efter sådd redovisas i tabell 3. I det översta skiktet på Kungsängen var skrymdensiteten ungefär lika för plöjt och icke plöjt led före sådd, medan det djupare skiktet var mera packat i ej plöjda rutor ($p < 0,05$). Skillnaden mellan leden kvarstod också efter såbäddsberedningen, som medförde en höjning av skrymdensiteten i samtliga led. Också på Säby var skrymdensiteten något högre i ej plöjt led, skillnaden var dock inte signifikant.

Lågtrycksdäck jämfört med normal däcksutrustning hade en mycket liten effekt på markens skrymdensitet och medförde inte signifikanta skillnader i något fall.

Referensvärdet för skrymdensiteten var $1,31 \text{ g/cm}^3$ på Kungsängen och $1,38 \text{ g/cm}^3$ på Säby, packningsgraden i det översta skiktet före sådd var alltså ca 70 och 79 på respektive plats. Packningsgraden antog sitt högsta värde i ej plöjda rutor efter såbäddsberedningen, 85 i skiktet 13-23 cm på Kungsängen och 84 på Säby.

Porstorleksfördelning

Porvolymen för porer 0,6-0,03 mm för huvudleden före och efter sådd anges i tabell 4. I det översta skiktet på Kungsängen minskade andelen porer av denna storlek kraftigt vid såbäddsberedningen, från ca 15 till drygt 6 % av totala jordvolymen. Minskningen var ungefär densamma för plöjt och oplöjt led. I det djupare skiktet var andelen signifikant lägre i icke plöjt än i plöjt led både före och efter packning. På Säby var skillnaden mellan plöjt och icke plöjt led liten och ej signifikant. Skillnader mellan marktryck var genomgående små och ej signifikanta.

Andelen porer i storlek 0,03-0,005 mm för plöjt och plöjningsfritt led anges i tabell 5. Som framgår av tabellen påverkades denna porstorlek mycket lite, både av bearbetningssystem och packningen vid vårbruket. Möjligtvis syns en tendens till en något lägre porvolym för ej plöjt led i det djupare skiktet på Kungsängen.

Tabell 3. Torr skrymdensitet (g/cm^3) på cylinderprover uttagna omedelbart före och efter sådd

	Kungsängen 7-17 cm		Kungsängen 13-23 cm		Säby 10-20 cm	
	Före sådd	Efter sådd	Före sådd	Efter sådd	Före sådd	Efter sådd
Plöjt, normaldäck	0,93	1,09	0,99	1,09	1,08	1,15
Plöjt, lågtrycksdäck	0,93	1,08	0,96	1,06	1,05	1,11
Ej plöjt, normaldäck	0,92	1,05	1,08	1,10	1,10	1,17
Ej plöjt, lågtrycksdäck	0,87	1,06	1,08	1,13	1,10	1,12
Plöjt	0,93	1,08	0,97	1,07	1,07	1,13
Ej plöjt	0,90	1,06	1,08	1,12	1,10	1,15
Normal däck	0,93	1,07	1,03	1,09	1,09	1,16
Lågtrycksdäck	0,90	1,07	1,02	1,10	1,08	1,12
Sign. bearbetning	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.
Sign. ringtryck	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sign. samspel	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabell 4. Porvolym, procent, (andel av den totala jordvolymen) för ekvivalentpordiameter 0,6-0,03 mm

	Kungsängen 7-17 cm		Kungsängen 13-23 cm		Säby 10-20 cm	
	Före sådd	Efter sådd	Före sådd	Efter sådd	Före sådd	Efter sådd
Plöjt	14,9	6,7	7,8	5,8	9,2	6,7
Ej plöjt	15,9	6,5	4,6	4,8	8,2	7,1
Normal däck	15,0	6,3	6,9	5,7	8,8	7,0
Lågtrycksdäck	15,8	6,1	6,3	4,9	8,6	6,8
Sign. bearbetning	n.s.	n.s.	***	*	n.s.	n.s.
Sign. ringtryck	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sign. samspel	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabell 5. Porvolym, procent, (andel av den totala jordvolymen) för ekvivalentpordiameter 0,03-0,005 mm

	Kungsängen 7-17 cm		Kungsängen 13-23 cm		Säby 10-20 cm	
	Före sådd	Efter sådd	Före sådd	Efter sådd	Före sådd	Efter sådd
Plöjt	3,9	4,0	4,0	4,1	3,8	3,9
Ej plöjt	4,1	3,9	3,6	3,6	3,0	4,0
Sign. bearbetning	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Såbäddens egenskaper

Såbäddsundersökningen visade inte på några signifikanta skillnader mellan led avseende såbäddens egenskaper, varken på Kungsängen eller Säby. Andelen fina aggregat, sådjup och vattenhalt i såbädd och såbotten var tillfredsställande i samtliga led på båda platserna. Såbotten innehöll 9 % växttillgängligt vatten på Kungsängen och 7 % på Säby.

Luftgenomsläpplighet

Genomsläppligheten för luft i cylinderproverna var genomgående hög. Ledvisa medeltal för de olika skikten, uppdelade efter provtagningstidpunkt (före eller efter sådd), redovisas i tabell 6. Endast medelvärden för plöjt och oplöjt led redovisas, eftersom skillnaderna mellan ringtryck var

obetydliga. Packningen från såbäddsberedningen sänkte i regel genomsläppligheten, speciellt i plöjt led. I plöjt led på Kungsängen sjönk genomsläppligheten till en fjärdedel efter sådd i skikt I och en tredjedel i skikt II, båda förändringarna var statistiskt signifikanta. Förändringarna i ej plöjt led var betydligt mindre, speciellt i djupare skikt. Detta medförde att genomsläppligheten i samtliga skikt var högre i ej plöjt led efter sådd, i skikt I på Kungsängen signifikant högre.

Genomsläppligheten för luft var i regel högre för låga än för normala ringtryck, dock ej signifikant i något enskilt fall (tabell 6). I genomsnitt för samtliga provtagningar var skillnaden signifikant: k-värdet för luft var 1610 cm/min för låga och 1030 cm/min för normala ringtryck ($p < 0,05$).

En skillnad mellan plöjt och icke-plöjt led kan också visas med en regressionsanalys av genomsläppligheten i samtliga delprover som funktion av skrymdensiteten (figur 3). Regressionslinjerna för plöjt och icke plöjt ligger mycket nära varandra i det översta, bearbetade lagret på Kungsängen. I skiktet 13-23 cm har däremot regressionslinjen för plöjning betydligt brantare lutning än för icke plöjning ($p < 0,05$). Det framgår av figuren att det plöjningsfria ledet hade betydligt lägre spridning än det plöjda både vad avser skrymdensitet och genomsläpplighet; skrymdensiteten låg normalt mellan 1,1 och 1,2 g/cm³, med en högre genomsläpplighet än för plöjda prover vid samma densitet. Också på Säby var genomsläppligheten oftast högre för ej plöjda än plöjda prov vid samma skrymdensitet. Regressionslinjerna hade följande värden:

Kungsängen, 7-17 cm, plöjt resp. plöjningsfritt:

$$\text{genomsl. (cm/min)} = 15\,992 - 13527 * \text{skrymdensitet (g/cm}^3\text{)}^{***} \quad R^2 = 0,62 \quad n = 28$$

$$\text{genomsl. (cm/min)} = 9958 - 8374 * \text{skrymdensitet (g/cm}^3\text{)}^{***} \quad R^2 = 0,59 \quad n = 27$$

Kungsängen, 13-23 cm, plöjt resp. plöjningsfritt:

$$\text{genomsl. (cm/min)} = 14\,776 - 12\,519 * \text{skrymdensitet (g/cm}^3\text{)}^{***} \quad R^2 = 0,65 \quad n = 28$$

$$\text{genomsl. (cm/min)} = 7279 - 5324 * \text{skrymdensitet (g/cm}^3\text{)}^* \quad R^2 = 0,16 \quad n = 28$$

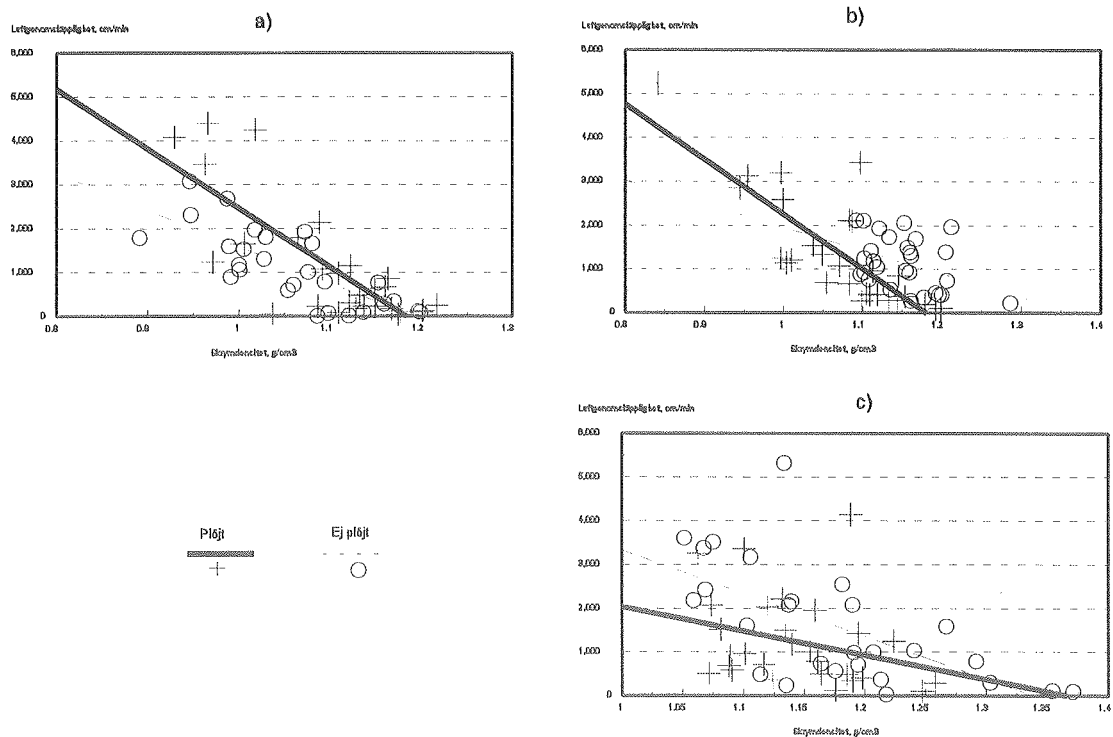
Säby, 10-20 cm, plöjt resp. plöjningsfritt:

$$\text{genomsl. (cm/min)} = 7600 - 5562 * \text{skrymdensitet (g/cm}^3\text{)} \quad \text{n.s.} \quad R^2 = 0,08 \quad n = 28$$

$$\text{genomsl. (cm/min)} = 13\,176 - 9845 * \text{skrymdensitet (g/cm}^3\text{)}^* \quad R^2 = 0,41 \quad n = 27$$

Tabell 6. Genomsläpplighet för luft (cm/min) i cylinderprover uttagna omedelbart före och efter sådd. Mätningarna är gjorda på naturfuktiga prover

	Kungsängen 7-17 cm		Kungsängen 13-23 cm		Säby 10-20 cm	
	Före sådd	Efter sådd	Före sådd	Efter sådd	Före sådd	Efter sådd
Plöjt, normalt tryck	1160	531	1718	597	970	999
Plöjt, lågtryck	2790	368	2612	948	2059	1061
Ej plöjt, normalt tryck	863	695	1330	848	1654	1016
Ej plöjt, lågtryck	2066	1037	1341	1141	1722	2178
Plöjt	1975	449	2165	762	1514	1024
Ej plöjt	1464	866	1335	955	1688	1597
Normalt ringtryck	1012	613	1524	713	1312	1007
Lågt ringtryck	2428	706	1976	1044	1891	1619
Sign bearbetning	n.s.	*	$p < 0,10$	n.s.	n.s.	n.s.
Sign. ringtryck	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sign. samspel	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.



Figur 3. Luftgenomsläpplighet som funktion av skrymdensitet i plöjda och icke plöjda prov från a)Kungsängen, lager I (7-17 cm), b)Kungsängen, lager II (13-23 cm), c)Säby (10-20 cm).

Mättad genomsläpplighet för vatten

Den mättade genomsläppligheten för vatten var i genomsnitt hög för samtliga led, tabell 7. Skillnaderna mellan leden var i regel små, genomsläppligheten i skiktet 13-23 cm på Kungsängen var dock signifikant högre i plöjt än oplöjt led före sådd. Genomsläppligheten efter sådd var i de flesta fall betydligt lägre än före sådd. Skillnader mellan ringtrycken var i regel små och inte i något fall signifikanta.

En regressionsanalys, med genomsläppligheten som funktion av skrymdensiteten (figur 4), får ungefär samma utseende som den för luftgenomsläpplighet (figur 3). I det ytligaste skiktet på Kungsängen var skillnaden mellan plöjt och oplöjt led liten. I det djupare skiktet är lutningen brant för det plöjda ledet, medan det i ej plöjt led inte fanns något signifikant samband mellan genomsläpplighet och skrymdensitet. På Säby var sambandet svagt för båda leden, och ej signifikant för plöjt led. Regressionlinjerna hade följande värden:

Kungsängen, 7-17 cm, plöjt resp. plöjningsfritt:

$$\text{genomsl. (mm/tim)} = 171,3 - 137,8 * \text{skrymdensitet (g/cm}^3) ** R^2 = 0,38 \text{ n} = 16$$

$$\text{genomsl. (mm/tim)} = 111,2 - 86,8 * \text{skrymdensitet (g/cm}^3) ** R^2 = 0,40 \text{ n} = 16$$

Kungsängen, 13-23 cm, plöjt resp. plöjningsfritt:

$$\text{genomsl. (mm/tim)} = 407,1 - 347,2 * \text{skrymdensitet (g/cm}^3) ** R^2 = 0,38 \text{ n} = 16$$

$$\text{genomsl. (mm/tim)} = 100,5 - 68,4 * \text{skrymdensitet (g/cm}^3) \text{ n.s. } R^2 = 0,04 \text{ n} = 16$$

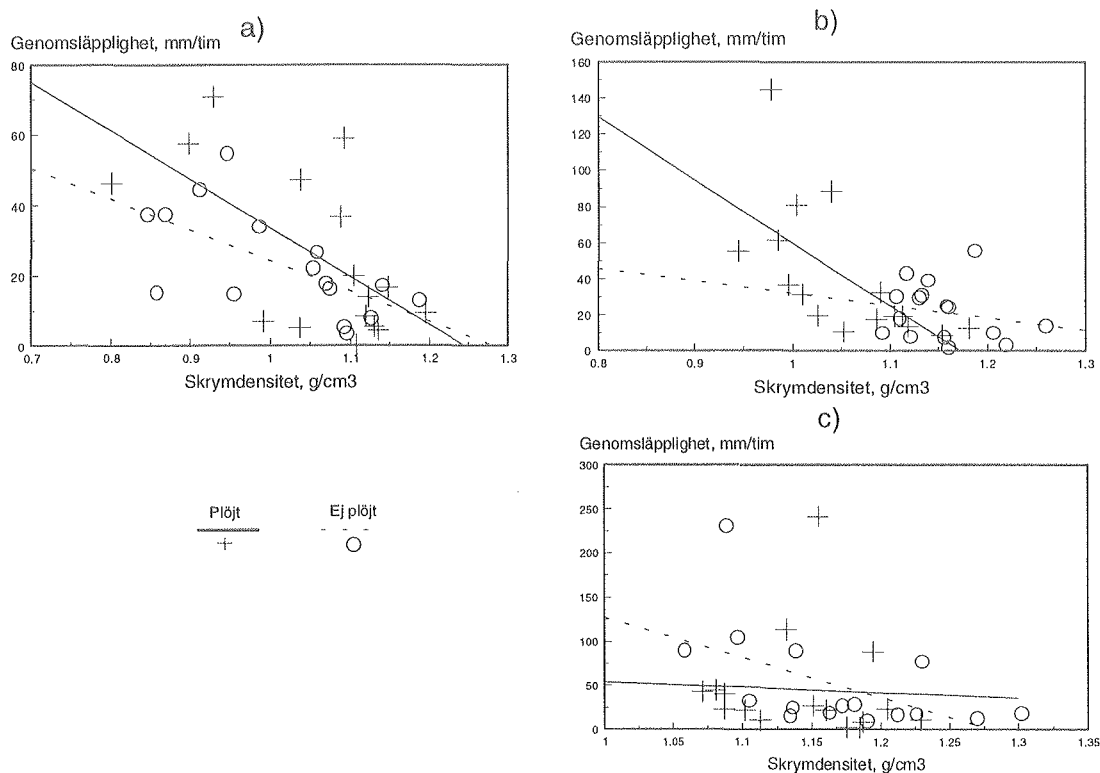
Säby, 10-20 cm, plöjt resp. plöjningsfritt:

$$\text{genomsl. (mm/tim)} = 113,2 - 59,5 * \text{skrymdensitet (g/cm}^3) \text{ n.s. } R^2 = 0,002 \text{ n} = 16$$

$$\text{genomsl. (mm/tim)} = 582,7 - 435,0 * \text{skrymdensitet (g/cm}^3) * R^2 = 0,29 \text{ n} = 16$$

Tabell 7. Mättad genomsläpplighet för vatten (mm/tim) i cylinderprover uttagna omedelbart före och efter sådd

	Kungsängen 7-17 cm		Kungsängen 13-23 cm		Säby 10-20 cm	
	Före sådd	Efter sådd	Före sådd	Efter sådd	Före sådd	Efter sådd
Plöjt	34	17	64	17	48	42
Ej plöjt	30	16	32	11	72	28
Normal däck	24	15	45	14	68	22
Lågtrycksdäck	40	18	52	14	52	49
Sign. bearbetning	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
Sign. ringtryck	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sign. samspel	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.



Figur 3. Mättad genomsläpplighet för vatten som funktion av skrymdensitet i plöjda och icke plöjda prov från a)Kungsängen, lager I (7-17 cm), b)Kungsängen, lager II (13-23 cm), c)Säby (10-20 cm).

Aggregathållfasthet

Aggregatens draghållfasthet i försöket på Kungsängen redovisas i tabell 8. I skiktet 5-12 cm var skillnaden mellan plöjt och icke plöjt led i genomsnitt liten. I ej plöjda rutor var hållfastheten 900 kPa för normala marktryck och 690 kPa för låga marktryck, skillnaden var dock inte statistiskt signifikant. I skiktet 12-20 cm var hållfastheten betydligt högre än i det yttligare skiktet. Hållfastheten var signifikant högre i ej plöjda än i plöjda rutor, med mycket små skillnader mellan ringtrycken.

Tabell 8. Hållfasthet (kPa) för torra aggregat från två skikt i försök 512/91 på Kungsängen

	5-12 cm	12-20 cm
Plöjt, normala ringtryck	738	932
Plöjt, låga ringtryck	728	886
Ej plöjt, normala ringtryck	900	1222
Ej plöjt, låga ringtryck	690	1221
Plöjt	733	909
Ej plöjt	705	1222
Normala ringtryck	819	1077
Låga ringtryck	709	1054
Signifikans bearbetning	n.s.	*
Signifikans ringtryck	n.s.	n.s.
Signifikans samspel	n.s.	n.s.

Skrymdensitet och penetrationsmotstånd vid körning spår i spår

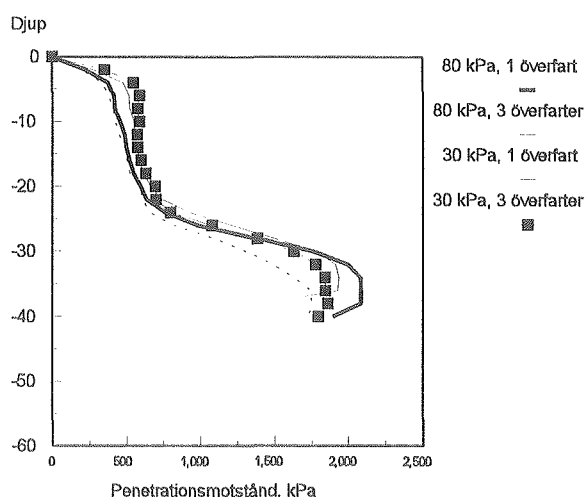
Skrymdensitet efter den planmässiga körningen visas i tabell 9. Antalet överfarter hade stor inverkan på skrymdensiteten medan effekten av lågt ringtryck var liten. Vid 1 överfart gav det låga ringtrycket dock något lägre skrymdensitet än normalt ringtryck ($p < 0,05$).

Penetrationsmotståndet i marken efter samma körning visas i figur 5. Mönstret är detsamma som för skrymdensiteten: 3 överfarter höjde penetrationsmotståndet i matjorden jämfört med 1 överfart, medan skillnaden mellan ringtrycken var liten.

Tabell 9. Torr skrymdensitet efter planmässig körning. Värden som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda ($p < 0,05$)

	30 kPa		80 kPa	
	1 överfart	3 överfarter	1 överfart	3 överfarter
Skrymdens. (g/cm ³)	1,12c	1,19a	1,14b	1,19a

Figur 5. Penetrationsmotstånd i marken efter körning spår i spår.



Plantetablering och skörd

Plantetableringen var tillfredsställande i samtliga försök. Skillnader mellan led var försumbara och inte i något fall signifikanta.

Skörd under enskilda försöksår på de olika platserna redovisas i tabell 10-12. I de båda Ultunaförsöken var trenden likartad under samtliga försöksår. I plöjda led gav de olika ringtrycken inte något utslag i skörd. Ej plöjt med normala ringtryck gav oftast lägre skörd än konventionell odling, medan skördenivån vid plöjningsfri odling med låga ringtryck var på samma nivå som i odling med plöjning. I genomsnitt för samtliga försöksår var skördehöjningen för låga jämfört med normala ringtryck 1 % i plöjda led och 10 % i ej plöjda. Endast 1994 var dock detta samspel statistiskt signifikant.

I försöket på lättjord vid Tolefors var skördenivån högst i plöjt led med normala ringtryck. Låga ringtryck i plöjt led sänkte skörden med i genomsnitt 8 %. I ej plöjda led var skörden 6 och 8 % lägre för normala respektive låga marktryck jämfört med plöjt led med normala ringtryck.

Tabell 10. Skörd i försök 512/91 på Kungsängen 1992-94

Försöksår	1992	1993	1994	Medel
Gröda	Korn	Vårvede	Korn	
Plöjt, normala ringtryck	5520	6370	5790	100
Plöjt, låga ringtryck	104	100	98	101
Ej plöjt, normala ringtryck	98	87	93	93
Ej plöjt, låga ringtryck	110	94	99	101
Plöjt	100	100	100	100
Ej plöjt	102	91	97	97
Normala ringtryck	100	100	100	100
Låga ringtryck	108	103	102	104
Signifikans bearbetning	n.s.	n.s.	n.s.	
Signifikans ringtryck	n.s.	n.s.	n.s.	
Signifikans samspel	n.s.	n.s.	*	

Tabell 11. Skörd i försök 512/91 på Säby 1993-94

Försöksår	1993	1994	Medel
Gröda	Vårvete	Vårrybs	
Plöjt, normala ringtryck	5320	1270	100
Plöjt, låga ringtryck	101	100	100
Ej plöjt, normala ringtryck	99	81	90
Ej plöjt, låga ringtryck	103	100	102
Plöjt	100	100	100
Ej plöjt	100	91	96
Normala ringtryck	100	100	100
Låga ringtryck	103	111	107
Signifikans bearbetning	n.s.	n.s.	
Signifikans ringtryck	n.s.	n.s.	
Signifikans samspel	n.s.	n.s.	

Tabell 12. Skörd i försök E22/91 på Tolefors, Linköping 1992-94

Försöksår	1992	1993	1994	Medel
Gröda	Havre	Korn	Korn	
Plöjt, normala ringtryck	3700	5520	3060	100
Plöjt, låga ringtryck	90	93	92	92
Ej plöjt, normala ringtryck	97	91	94	94
Ej plöjt, låga ringtryck	96	84	95	92
Plöjt	100	100	100	100
Ej plöjt	102	90	98	97
Normala ringtryck	100	100	100	100
Låga ringtryck	94	93	96	94
Signifikans bearbetning	n.s.	n.s.	n.s.	
Signifikans ringtryck	n.s.	n.s.	n.s.	
Signifikans samspel	n.s.	n.s.	n.s.	

DISKUSSION

Bearbetningssystemet hade större inverkan än däcksutrustningen på markstrukturen i de båda försöken på Ultuna. Med avseende på hur bearbetningen påverkade markegenskaperna kan det vara funktionellt att göra en uppdelning av marken i fyra skikt: (1) Ytskiktet (såbädden) ca 0-5 cm (2) Övre delen av matjorden, ca 5-15 cm, där marken bearbetades med plog eller kultivator. (3) Nedre delen av matjorden, ca 15-25 cm, som plöjdes i det plöjda ledet och inte bearbetades i det plöjningsfria ledet. (4) Plogbotten, ca 25-35 cm.

Såbäddsundersökningen visade ej några signifikanta skillnader mellan leden. Mängden växttillgängligt vatten i såbotten var 9 resp 7% på Kungsängen och Säby, vilket är högre än de 6 % som brukar anges som en kritisk gräns för groning (Håkansson & Polgar 1984). Planträkningarna visade också att etableringen var god i alla led samtliga år, vilket pekar på att förhållandena i såbädden ej var kritiska för grödans utveckling.

I det översta, bearbetade lagret var markegenskaperna ungefär desamma i plöjda och ej plöjda rutor. Detta gäller såväl torr skrymdensitet som penetrationsmotstånd, aggregathållfasthet och genomsläpplighet för vatten. Genomsläppligheten för luft avvek dock från detta mönster: i översta skiktet på Kungsängen var genomsläppligheten högre i plöjda än i icke plöjda rutor före sådd, medan förhållandet var det omvända efter sådd.

I nedre delen av matjorden var skillnaderna mellan plöjt och icke plöjt led mera uttalade. I det ej plöjda ledet var jorden mera packad än i plöjt led: skrymdensiteten, penetrationsmotståndet och aggregatens hållfasthet var högre. Markens genomsläpplighet för vatten och luft påverkades i mindre grad. I skiktet 13-23 cm var genomsläppligheten för luft betydligt högre i plöjda än i ej plöjda rutor före sådd, medan förhållandet var det motsatta efter sådd. Mättad genomsläpplighet för vatten var dock något högre i plöjda rutor också efter sådd. Resultatet tyder på en bättre kontinuitet i porsystemet när marken inte plöjs. Regressionsanalysen av genomsläpplighet som funktion av skrymdensitet pekar i samma riktning - lutningen var mindre för prover från ej plöjd mark och vid samma torra skrymdensitet var genomsläppligheten större. Resultatet visar att trots en höjd skrymdensitet i plöjningsfri odling kan markens genomsläpplighet i makroporsystemet vara tillfredsställande. Liknande slutsatser drar bl.a. Comia et al (1994). Den ökade tätheten kan dock medföra en ökad risk för syrebrist inne i aggregaten, och det ökade mekaniska motståndet medförde troligtvis försämrade möjligheter för rotutveckling.

I plogbotten gjordes endast bestämning av markens mättade genomsläpplighet i fält. På Kungsängen var den högre i det ej plöjda ledet, på Säby fanns inga skillnader mellan leden. Rydberg (1986) erhöll också höjd genomsläpplighet i plogbotten i plöjningsfri odling, vilket tyder på en förbättrad porkontinuitet vid utebliven bearbetning. Ehlers och Claupein (1994) anger att en svår genomsläpplig plogbotten kan få tillräcklig genomsläpplighet efter några år om marken ej plöjs. I absoluta tal var genomsläppligheten god i samtliga led både på Kungsängen och Säby.

Skillnader i markens fysikaliska egenskaper mellan plöjd och ej plöjd mark var i många fall statistiskt signifikanta och stämmer väl överens med hur Riley et al (1994) sammanfattar effekter av den plöjningsfria odlingen under skandinaviska förhållanden: ökad skrymdensitet och ökat penetrationsmotstånd i matjorden, lägre luftfylld porositet, lägre infiltration i ytan men ofta förbättrad genomsläpplighet mellan matjord och alv, högre aggregatstabilitet och maskaktivitet samt en förbättrad porkontinuitet. Låga ringtryck hade däremot mycket liten effekt på markens egenskaper i våra försök. Rent definitionsmässigt innebär packning en minskning av markens

skrymdensitet. Några skillnader i skrymdensitet kunde inte påvisas mellan led med olika ringtryck. Vid den planmässiga körningen spår i spår var visserligen skrymdensiteten något lägre efter låga marktryck vid en överfart, men i praktisk körning kommer den ökade däcksbredden att medföra ett i genomsnitt större antal överfarter. De olika däcken hade nästan exakt samma effekt på markens penetrationsmotstånd, som också är en ofta använd indikator på markens packningstillstånd. Endast vad gäller markens genomsläplighet för luft och aggregatens draghållfasthet fanns indikationer på ett bättre strukturtillstånd i den mark som överfarits med låga ringtryck. Den naturliga slutsatsen är att trots det låga ringtrycket var det egentliga marktrycket ungefär samma som i det konventionella ledet. En förklaring kan ligga i TWIN-däckets konstruktion. TWIN-däcket är ett s.k. diagonaldäck vilket medför att däckets sidor är förhållandevis stela. De däck som användes i detta försök hade också en mindre diameter än konventionella traktorhjul. En följd av detta blir att understödsytan med de dubbelmonterade hjulen visserligen blir bred men kort. Ristic (1995) mätte tryck under olika typer av däck och fann att vid låg belastning (som också var fallet i dessa försök) gav TWIN-däcket ett högre tryck än motsvarande däck av radialtyp.

De ingående försöksledens effekter på marken stämmer dåligt överens med deras inverkan på skörden. En hypotes vid försökets start var att packningen hade större betydelse då marken ej plöjs, och att lägre marktryck skulle ge en större skördehöjning i ej plöjd än i plöjd mark. Detta resultat erhöles också i de båda försöken på Ultuna, men siffrorna kan alltså ej understödjas av att den förbättrade däcksutrustningen verkligen orsakat en lägre packning. Några tänkbara förklaringar är: (1) Den extrema däcksutrustningen har förbättrat markstrukturen, men på ett sådant sätt att det ej blivit upptäckt i de markfysikaliska studierna. (2) Skördehöjningen för låga ringtryck i ej plöjt led var en ren slump och beror på ojämnheter på försöksplatserna. (3) De breda däcken har haft någon annan positiv effekt, t.ex. en jämnare återpackning än konventionell däcksutrustning. Hypotesen (1) förefaller osannolik, då de markfysikaliska studierna var omfattande och de olika mätningarna pekar i samma riktning. Hypotes (2) kan ej uteslutas. Endast i ett fall var inverkan av behandlingsfaktorerna på skörden (samspel mellan bearbetning och däcksutrustning) statistiskt signifikant. Hypotes (3) innebär att brist på återpackning hade större inverkan på skörden än att jorden skulle varit för packad. Resultatet av packningsgradsbestämningen pekar faktiskt i den riktningen: maxvärden för Kungsängen och Säby var 85 respektive 84, vilket är lägre än det värde på 87 som Håkansson (1990) angett som optimalt för kärnskörd av korn. Hypotesen förutsätter också att återpackningen hade större betydelse i plöjningsfri jämfört med konventionell odling. Detta är tänkbart, eftersom utebliven plöjning bl.a. medför att plantorna blir mera beroende av att hämta näring i ytnära skikt (Riley et al 1994). I en studie av Arvidsson (1995) befanns dock behovet av återpackning vara ungefär samma för odlingssystem med och utan plöjning.

SAMMANFATTNING

Effekten av att använda däcksutrustning med mycket lågt ringtryck studerades i tre fältförsök, i odling dels med, dels utan plöjning. Två av försöken låg på styv lera på Ultuna nära Uppsala och ett på lättare jord utanför Linköping. I försöket jämfördes packningseffekter av en traktor utrustad med dubbelmonterade Trelleborg TWIN-däck (ringtryck 30 kPa) med en traktor med konventionell däcksutrustning (ringtryck 80 kPa). I lågtrycksledet kördes också tröska och såmaskin med låga ringtryck. Kärnskornden bestämdes under totalt åtta försöksår. I de båda Ultunaförsöken gjordes markfysikaliska studier under sista försöksåret.

I det översta, bearbetade lagret (ca 13 cm djupt) var markens egenskaper ungefär desamma i plöjd och ej plöjd led. I skiktet 13-25 cm var marken mera packad där marken ej plöjts. Detta kunde observeras i form av ökad torr skrymdensitet, ökat penetrationsmotsånd, ökad aggregathållfasthet och lägre genomsläpplighet för vatten. Genomsläppligheten för luft efter sådd var dock i genomsnitt högre i ej plöjt än i plöjt led. Vid samma skrymdensitet var luftgenomsläppligheten betydligt högre i icke plöjd jämfört med plöjd mark, vilket tyder på att den plöjningsfria odlingen givit en högre porkontinuitet. På den ena försöksplatsen medförde också den plöjningsfria odlingen en ökad genomsläpplighet i den gamla plogbotten.

Effekten av låga ringtryck på markens egenskaper var mycket liten. Luftgenomsläppligheten var i genomsnitt högre och aggregathållfastheten lägre i led med låga ringtryck, men skillnader var knappast i något fall signifikanta. I ett separat försök med körning spår intill spår kunde också konstateras att de olika däcken gav ungefär samma packning av marken.

I de båda Ultunaförsöken var skörden i plöjt led lika för normala och låga ringtryck, medan den i ej plöjt led i genomsnitt var ca 10 procent högre för låga jämfört med normala ringtryck. Ett av försöksåren var detta samspel statistiskt signifikant.

De låga ringtrycken gav i försöken alltså ej en lägre packning än normala ringtryck. En förklaring kan möjligtvis sökas i TWIN-däckets konstruktion. Däcket är av s.k. diagonaltyp, vilket gör att däckssidorna är förhållandevis stela. Det egentliga marktrycket kan därigenom ha varit betydligt högre än ringtrycket. Den högre skörden för låga ringtryck jämfört med normala ringtryck i plöjningsfri odling är svår att förklara. En möjlig förklaring är en jämnare återpackning vid användning av de bredare däcken.

REFERENSER

Andersson, S. , 1955. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. VIII. En experimentell metod. Grundförbättring 8:35-44.

Andersson, S. 1962. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XIII. Några teoretiska synpunkter på vattenhaltskurvor, dräneringsjämvikter och porstorleksfördelningar. Grundförbättring 15, 51-108.

Andersson, S. 1969. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XIX. Grundförbättring 22:143-154.

Arvidsson, J., 1995. Återpackning vid sådd i plöjningsfri odling. Avdelningsmeddelande nr 16, avd. för jordbearbetning, inst. för markv., SLU.

Arvidsson, J. och Håkansson, I., 1989. En beräkningsmodell för skador av jordpackning, Medd. från Södra Jordbruksförsöksdistriktet, nr 34, 1989, s.3:1-3:7.

Arvidsson, J., Håkansson, I., 1991. A model for estimating crop yield losses caused by soil compaction. *Soil Tillage Research*, 20, 319-332.

Christian, D.G., & Ball, B.C., 1994. Reduced cultivation and direct drilling for cereals in Great Britain. *In Conservation Tillage in Temperate Ecosystems*, editor M.R. Carter. CRC Press, Boca Raton, Florida, U.S.A.

Dexter, A.R. & Kroesbergen, B., 1985. Methodology for determination of tensile strength of soil aggregates. *J. Agric. Eng. Res.*, 31:139-147.

Ehlers, W., Claupein, W., 1994. Approaches towards conservation tillage in Germany. *In Conservation Tillage in Temperate Ecosystems*, editor M.R. Carter. CRC Press, Boca Raton, Florida, U.S.A.

Green, R.E., Ahuja, L.R., Chong, S.K., 1986. Hydraulic conductivity, diffusivity, and sorptivity of unsaturated soils: field methods. *In Methods of soil analysis*, ed. A. Klute, Agronomy no. 9, Madison, USA.

Håkansson, I., 1990. A method for characterizing the state of compactness of the plough layer. *Soil and Tillage Res.*, 16: 105-120.

Håkansson, I., von Polgar, J., 1984. Experiments on the effects of seedbed characteristics on seedling emergence in a dry weather situation. *Soil Tillage Res.*, 11:239-282.

Kritz, G., 1983. Såbäddar för vårstråsäd. En stickprovsundersökning. SLU, rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr 65, 187 sidor.

Riley, H., Börresen, T., Ekeberg, E., Rydberg, T., 1994. Trends in reduced tillage research and practice in Scandinavia. *In Conservation Tillage in Temperate Ecosystems*, editor M.R. Carter. CRC Press, Boca Raton, Florida, U.S.A.

Ristic, S. 1995. Tryck och packningseffekter av traktordäck. SLU, meddelande från jordbearbetningsavdelningen nr 19.

Rydberg, T. 1986. Markfysikaliska och markkemiska effekter av plöjningsfri odling i Sverige. SLU, rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr 70.

MEDDELANDEN FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Nr	År	
1	1992	Johan Arvidsson, Sixten Gunnarsson, Lena Hammarström Inge Håkansson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Bo Thunholm: 1990 års jordbearbetningsförsök. 40 s.
2	1992	Mats Tobiasson: EKOODLAREN - En studie av ett kombinationsredskap för sådd och ogräshackning, utförd våren och sommaren 1991. Examensarbete. 19 s.
3	1993	Mats Tobiasson: Såbillar för reducerad bearbetning. Undersökningar av nya såbillar för odlingssystem med reducerad bearbetning, utförda 1991 och 1992. 23 s.
4	1993	Anna Borg: Flöden av kväve och fosfor i Forshällaåns avrinningsområde - beräkning av olika källors bidrag till växtnäringsläckaget. Examensarbete. 45 s. <i>Flows of nitrogen and phosphorus in the Forshällaån watershed - estimations of the contributions from different sources to the leaching of plant nutrients. 45 pp.</i>
5	1993	Thomas Grath: <i>Effects of soil compaction on physical, chemical and biological soil properties and crop production.</i> 101 pp.
6	1993	Estela Pasuquin: <i>Tillage influences on soil conditions and crop response under dry weather in the Philippines and in Sweden.</i> 62 pp.
7	1994	Hans Pettersson: Radhackning i stråsäd med ny hackutrustning. Examensarbete. 28 s. <i>Rowhoeing in cereals with new hoeing equipment. 28 pp.</i>
8	1994	Jörgen Lidström och Lars Olsson: Nya såmaskiner för reducerad bearbetning. Examensarbete. 57 s. <i>New drills for reduced tillage. 57 pp.</i>
9	1994	Sara Lindén: Tidig start och tillväxt av sockerbetor. Examensarbete. 37 s. <i>Early start and growth of sugarbeets. 37 pp.</i>
10	1994	Sasa Ristic och Tomas Rydberg. Optimering av bearbetningsintensitet och jordpackning samt studier av markfysikaliska orsaker till ojämna bestånd i oljevaxter. 13 s.
11	1994	Jennie Andersson: Vattenhaltsmätningar med TDR (time domain reflectometry) och neutronsond i försök med tidig sådd av korn. 37 s. <i>Soil moisture measurements with TDR (time domain reflectometry) and neutron probe in a field experiment of early sown barley. 37 pp.</i>

Nr	År	
12	1994	Anders Gustafsson: Totalinnehåll och djupfördelning av organisk substans i mångåriga plöjningsdjupsförsök. Examensarbete. 25 s. <i>Total content and vertical distribution of organic matter in long-term experiments with different ploughing depths. 25 pp.</i>
13	1995	Sixten Gunnarsson och Göran Kritz. Olika bearbetningssystem i potatisodlingen. 12 s. <i>Different tillage systems and potato growth. 12 pp.</i>
14	1995	Daniel Johansson: Groning och plantetablering vid låga temperaturer i kärkförsök och i fältförsök med tidig sådd. 35 s. <i>Germination and plant development at low temperature in pot and field experiments. 35 pp.</i>
15	1995	Åse Littorin Johansson: Radhackning i stråsäd. 28 s. <i>Row hoeing in cereals. 28 pp.</i>
16	1995	Johan Arvidsson: Återpackning vid sådd i plöjningsfri odling. 12 s. <i>Recompaction in ploughless tillage. 12 pp.</i>
17	1995	Inge Håkansson, Editor: <i>Reports of project works by participants in the course "Soil Tillage and Related Soil Management Practices". 73 pp.</i>
18	1995	Johan Arvidsson & Virginius Feiza: Låga ringtryck i odling med och utan plöjning. <i>Low inflation pressure in conventional and ploughless tillage. 20 pp.</i>