



**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET
UPPSALA**

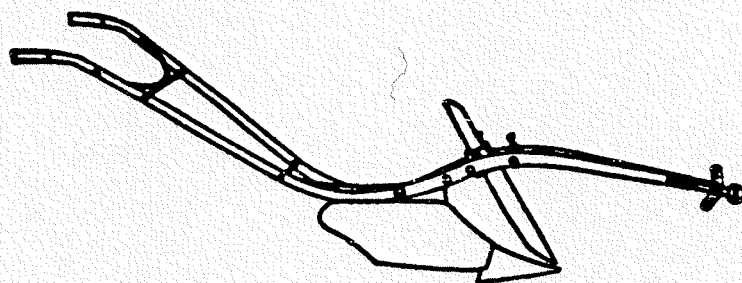
INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

RAPPORTER FRÅN --- --- **JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN**

**Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala**

Department of Soil Sciences

Reports from the Division of Soil Management



Nr 83

1992

Maria Stenberg, Reynaldo A. Comia, Tomas
Rydberg, Inge Håkansson, Sixten Gunnarsson

**HARVSÅDD I KONVENTIONELLA OCH
PLÖJNINGSFRIA BEARBETNINGSSYSTEM**

*Soil and crop responses to different tillage
systems*

ISSN 0348-0976

ISRN SLU-JB-R--83--SE

RAPPORTER från JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

- | Nr | År | | Nr | År | |
|----|------|---|----|------|---|
| 1 | 1968 | Inge Håkansson: Fysikalisk och kemisk beskrivning av markprofiler från 8 platser i Uppland och Västergötland. 128 s. | 35 | 1973 | Lennart Henriksson: Redskap för säbäddberedning. Undersökningsmetoder och inledande studier. 35 s. <i>Implements for seedbed preparation. Methods of investigation and preliminary studies.</i> |
| 2 | 1968 | Inge Håkansson: Några synpunkter på forskning och försöksverksamhet i jordbearbetning. 6 s. | 36 | 1973 | Inge Håkansson, József von Polgár: Försök åren 1969 och 1970 med en maskin för kombinerad säbäddberedning och sädd (Svenska Sockerfabriks AB:s värbrukningsmaskin). 26 s. <i>Experiments in the years 1969 and 1970 with a machine for combined seedbed preparation and sowing.</i> |
| 3 | 1968 | Nils M. Nilsson, Lennart Henriksson: Försök med harvning till vårsädd 1941-1959. 29 s. <i>Field trials with harrowing to spring-sown cereals 1941-1959.</i> | 37 | 1974 | Lennart Engström: Intervjuundersökning om extremt tidig sädd våren 1973. 33 s. <i>A sampling study into extremely early spring sowing in Sweden in 1973.</i> |
| 4 | 1968 | Åke Huhtapalo, Reijo Heinonen: Inledande försök med gödsel radmyllning kombinerat med sädd 1964-1966. 37 s. | 38 | 1974 | Lennart Henriksson: Studier av några jordbearbetningsredskaps arbetssätt och arbetsresultat. 144 s. <i>Studies of the mode of working and the working results of some soil tillage implements.</i> |
| 5 | 1968 | Lennart Henriksson: Orienterande försök med bearbetning till höstvet. 7 s. | 39 | 1975 | Tomas Rydberg: Plöjningsfri odling i Sverige. En intervjuundersökning 1974. 21 s. |
| 6 | 1968 | Lennart Henriksson: Försök med olika sätider. 7 s. | 40 | 1975 | Ulf Olsson: Redskap för säbäddberedning, arbetssätt och arbetsresultat. 55 s. <i>Implements for seedbed preparation; studies of the mode of working and the working results.</i> |
| 7 | 1968 | Reijo Heinonen: Berättelse över studieresa till Sovjet den 11-26 juli 1967. 13 s. | 41 | 1975 | Inge Håkansson: Rapport över studieresa till USA hösten 1974. 15 s. |
| 8 | 1968 | Inge Håkansson: Markfysikaliska studier i ett växtföljdeförsök på Ås den 15-16 juli 1966. 13 s. | 42 | 1976 | Inge Håkansson: Elva försök med alvluckring och djupplöjning i Syd- och Västsverige 1964-1975. 35 s. <i>Eleven Swedish field experiments with subsoiling and deep ploughing 1964-1975.</i> |
| 9 | 1968 | Bo Thente: Luftpermeabilitetsmätning som markfysikalisk undersökningsmetod. 41 s. | 43 | 1976 | Peter Edling: Redskap och intensitet vid värbruk till potatis. Resultat av 11 försök i Norrland 1965-1969. 10 s. <i>Eleven experiments in northern Sweden with spring tillage for potatoes.</i> |
| 10 | 1968 | Reijo Heinonen, Åke Huhtapalo: Besvarade och obesvarade frågor om radmyllning av kvävegödsel. 13 s. | 44 | 1976 | Göran Kritiz: Säbäddens utformning på vårsädda fält III. Stickprovsundersökning 1969-72. Primärdata för 300 provplatser. 76 s. <i>Seed bed preparation and properties of the seed bed in spring sown fields in Sweden III. Sampling investigation 1969-72. Primary results from 300 investigated places.</i> |
| 11 | 1968 | Lennart Fergedal: Försök med jordpackning vid olika tidpunkter på våren. År 1967. 9 s. | 45 | 1976 | PROCEEDINGS of the 7th Conference of the International Soil Tillage Research Organization, ISTR0. |
| 12 | 1968 | Nils M. Nilsson, Lennart Henriksson: Alvluckringsförsök 1937-1963. 32 s. | 46 | 1976 | Inge Håkansson, József von Polgár: Modellförsök med säbäddens funktion. I. Säbädden som skydd mot avdunstning. 52 s. <i>Model experiments into the function of the seedbed. I. The seedbed as a protective layer against drought.</i> |
| 13 | 1968 | Reijo Heinonen: Tidig vårsädd. Växtfysiologiska och ekologiska synpunkter på aktuella tendenser i säbäddberedning och sädd av sträsädd. 19 s. | 47 | 1976 | Lars Gunnar Nilsson: Texturanalys och jordartsklassifikation. Rapport från ett NJF-symposium i Uppsala 1976-03-09. 26 s. |
| 14 | 1968 | Erik Jakobsson: Plöjningsförsök med olika tillbredder och vändskiveformer. 10 s. | 48 | 1976 | Inge Håkansson: Olika grödors känslighet för packningsgraden i matjorden. Två försök med vallväxter 1971-74. 17 s. <i>The sensitivity of different crops to the degree of compactness in the plough layer. Two field experiments with forage crops 1971-74.</i> |
| 15 | 1968 | Lennart Henriksson: Försök med grund plöjning. 9 s. | 49 | 1976 | Göran Kritiz: Säbäddens utformning på vårsädda fält IV. Stickprovsundersökning 1969-72. En översiktlig studie av några viktiga faktorer. 33 s. <i>Seed bed preparation and properties of the seed bed in spring sown fields in Sweden IV. Sampling investigation 1969-72. A general survey of some important factors.</i> |
| 16 | 1968 | Stig Ledin: Olika halmedbrukningsmetoders verkan på kvickrot och på några frögräs. 21 s. | 50 | 1977 | Säbäddberedning och sädd. Uppsatser presenterade vid Lantbrukshögskolans föröksledarmöte 1977. |
| 17 | 1969 | Inge Håkansson, Börje Gillberg: Lufttrycket i traktor-däcken under fältarbeten. En stickprovsundersökning hösten 1968. 32 s. <i>Investigation into the inflation pressure of the tires of Swedish tractors engaged in field work.</i> | 51 | 1977 | Lennart Henriksson: Stubbearbetningsredskapens arbetsresultat med hänsyn till mark- och halmförhållandena. 32 s. <i>The results given by implements for stubble cleaning with regard to different soil- and straw conditions.</i> |
| 18 | 1969 | Göte Bertilsson: Studier över tryckets markpåverkan. 67 s. | 52 | 1977 | Arne Ljungars: Olika faktorerens betydelse för traktorernas jordpackningsverkan. Mätningar 1974-1976. 43 s. <i>Importance of different factors on soil compaction by tractors. Measurements in 1974-1976. 43 p.</i> |
| 19 | 1969 | Peter Edling, Nils M. Nilsson, Inge Håkansson: Sju skånska försök med alvluckring och djupplöjning 1964-68. 26 s. <i>Seven experiments with subsoiling and deep ploughing in Southwestern Sweden 1964-68.</i> | 53 | 1977 | Inge Håkansson & József von Polgár: Modellförsök med säbäddens funktion. II. Försök med skiktade och oskiktade säbäddar. 22 s. <i>Model experiments into the function of the seedbed. II. Experiments with stratified and unstratified seedbeds. 22 p.</i> |
| 20 | 1969 | Bengt Reimersson, Gunnar Falk: Försök på Persbo gård 1968 med minskad jordpackning. 8 s. <i>A field experiment with reduced soil compaction on a clay soil.</i> | 54 | 1978 | Ulf Olsson: Harvens konstruktion och harvningens utförande - inverkan på bearbetningsresultatet. 28 s. <i>Influence of harrow construction and harrowing on the tillage result. 29 p.</i> |
| 21 | 1970 | Lennart Henriksson: Olika redskapstyper för stubbearbetning. Jämförelser av arbetssätt och arbetsresultat. 19 s. <i>Different types of implements for stubblecultivation. A study of working methods and working results.</i> | 55 | 1978 | Olle Wallbom & Kjell Wretler: Förekomsten av några viktiga växtskadegörare vid plöjningsfri odling. 29 s. <i>Occurrence of some important plant diseases on ploughless cereal cropping. 29 p.</i> |
| 22 | 1970 | Inge Håkansson, Lennart Fergedal: Försök med jordpackningens ackumulativa efterverkningar. Preliminär redogörelse. 21 s. <i>Experiments with the accumulative after-effects of soil compaction. Preliminary report.</i> | | | |
| 23 | 1971 | Göran Kritiz, Inge Håkansson: Säbäddens utformning på vårsädda fält. Stickprovsundersökning 1969-70. 43 s. <i>Investigation into seedbed preparation and properties of the seedbed on spring sown fields in Sweden, 1969-1970.</i> | | | |
| 24 | 1971 | Lennart Henriksson: Tilljämning av plogtiltan på hösten. Försök med höstharvning och tillsatsredskap till plogen. 68 s. | | | |
| 25 | 1971 | Ann Pettersson: Nya redskap för gödselplacering och sädd. 50 s. | | | |
| 26 | 1971 | Lennart Fergedal: Jordpackning med traktor vid olika tider för vårsädd. 140 s. | | | |
| 27 | 1971 | Göran Kritiz: Jordbearbetningsforskning i Europa. Rapport från en studieresa. 16 s. | | | |
| 28 | 1972 | Helmut Frese: Zur Frage spezialisierter oder interdisziplinärer Forschung am Boden. 15 s. | | | |
| 29 | 1972 | Inge Håkansson, Sven Alvelid: Två försök i Kalmar län med halmedplöjning för att minska vinderosionen. 4 s. | | | |
| 30 | 1972 | Ann Pettersson, Sten Wikström: Inledande undersökningar om radmyllning till potatis. 50 s. | | | |
| 31 | 1972 | Peter Edling, Lennart Fergedal: Modellförsök med jordpackning 1968-69. 71 s. | | | |
| 32 | 1973 | Åke Huhtapalo, Ann Wikström, Sten Wikström: Försök med kombisåmaskiner 1971-72. 46 s. | | | |
| 33 | 1973 | Inge Håkansson: Tung körning vid skörd av slättervall. Tre försök på Röbbäcksdalen. 1969-72. 20 s. <i>Effect of heavy machinery when harvesting ley crops. Three field experiments in northern Sweden 1969-72.</i> | | | |
| 34 | 1973 | Göran Kritiz: Säbäddens utformning på vårsädda fält. Stickprovsundersökning 1969-72. Maskinanvändningen på provplatserna. 76 s. | | | |

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för jordbearbetning

Rapporter från jordbearbetnings-
avdelningen. Nr 83, 1992
ISSN 0348-0976
ISRN SLU-JB-R--83--SE

Maria Stenberg, Reynaldo A. Comia, Tomas Rydberg, Inge Håkansson,
Sixten Gunnarsson

**HARVSÅDD I KONVENTIONELLA OCH PLÖJNINGSFRIA
BEARBETNINGSSYSTEM**

SOIL AND CROP RESPONSES TO DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS

Slutrapport över försök enligt
försöksplan R2-4018

SUMMARY

Soil and crop responses to different tillage systems

An experiment was carried out over eight consecutive years at four sites with surface soil textures ranging from clay loam to clay. In a split-plot design, two primary tillage treatments (mouldboard ploughing to 25 cm depth and disc or spring-tine cultivation to 13 cm depth) were combined with two secondary tillage treatments (seedbed preparation and sowing in either separate or combined operations) to test the hypothesis that reducing the number of passes by tractors using a power take-off (PTO) driven harrow in combination with a seed drill will also reduce the negative effects of soil compaction associated with reduced tillage systems. Selected soil physical and chemical properties and root densities were investigated at one of the sites in 1991, while grain yields were determined at all sites from 1984-1991.

Seedbed characteristics were similar in the different treatments except that a more even seedbed bottom was noted in the unploughed plots. Crop emergence was similar between treatments at all four sites. Volume of pores $> 100 \mu\text{m}$ was higher in the 25-30 cm depth in the ploughless tillage systems, as well as saturated hydraulic conductivity and air permeability. Pore continuity was better in the unploughed soil throughout the investigated zone. Bulk density, degree of compactness and penetration resistance were similar in 0-13 cm depth, but they were higher in 13-25 cm depth in unploughed compared to ploughed plots. Root density was lower in unploughed plots in the 13-25 cm layer. The concentration of carbon and potassium were relatively higher in the upper 13 cm in the ploughless tillage systems but phosphorus content and pH were not altered by the tillage systems. The reduced traffic in plots where the combination PTO driven harrow and seed drill was used produced lower bulk density and penetration resistance in 13-25 cm depth, and higher yield, both in ploughed and unploughed plots.

This report is also presented in English in the following two papers:

Comia, R.A., Stenberg, M., Nelson, P. & Rydberg, T. 1992. Soil and crop responses to different tillage systems. I. Soil properties, root distribution and yield of spring-sown cereals. (Submitted for publication in *Soil Tillage Res.*).

Comia, R.A., Stenberg, M., Rydberg, T. & Håkansson, I. 1992. Soil and crop responses to different tillage systems. II. Soil pore characteristics and fluid permeabilities. (Submitted for publication in *Soil Tillage Res.*).

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING	1
MATERIAL OCH METODER	1
Försöksplatser	1
Försöksplan	2
Provtagning	3
RESULTAT	5
Såbäddens egenskaper och grödans uppkomst	5
Aggregatens stabilitet och hållfasthet i såbädden	6
Total porvolym och porstorleksfördelning	6
Mättad vattengenomsläpplighet	7
Luftgenomsläpplighet	8
Porkontinuitet	8
Penetrometermotstånd	9
Torr skrymdensitet och packningsgrad	10
Kol, P-AL, K-AL och pH	10
Rotfördelning	11
Skörd	12
DISKUSSION	14
SAMMANFATTNING	15
REFERENSER	17

INLEDNING

I tidigare svenska undersökningar av effekter av plöjningsfri odling har de största fördelarna, förutom minskade kostnader för arbete, maskiner och drivmedel, varit förbättrat avdunstningsskydd och ökad genomsläpplighet för vatten och luft. Plöjningsfri odling har framförallt varit positiv på mjäliga lättleror och styva leror. Problem har främst varit förknippade med skadlig packning av centrala matjorden, som till exempel har lett till reducerad rottillväxt, samt förekomst av stora mängder skörderester vid sådd (Rydberg, 1986; Rydberg, 1987; Rydberg & Öckerman, 1987).

Inverkan av reducerad bearbetning på markens egenskaper och på grödan har jämförts med konventionell bearbetning i många undersökningar i nordvästra Europa (Cannell, 1985). Hill (1990) rapporterade högre skrymdensitet i nivån 5-19 cm i obearbetad jord jämfört med bearbetad. O'Sullivan & Ball (1982) fann större total porvolym i matjorden i plöjd jord än i obearbetad. Heard et al. (1988) redovisade lägre mättad vattengenomsläpplighet i matjorden, högre luftgenomsläpplighet i nivån 20-30 cm och mer kontinuerliga porer från 10 till 30 cm djup i oplöjd jord jämfört med plöjd. System med reducerad bearbetning där skörderesterna lämnas kvar har under vissa förhållanden rapporterats ge skördar lika höga eller högre än konventionella system (Ellis et al., 1982; Francis et al., 1987; Hodgson et al., 1989), men lägre skördar under andra (O'Sullivan & Ball, 1982).

Den långliggande försöksserie som redovisas i denna rapport, anlades i syfte att studera om en reducering av antalet överfarter minskar de negativa effekter av packning av centrala matjorden som förknippas med plöjningsfri odling. Plöjningsfri odling och harvsådd jämfördes med konventionell bearbetningsteknik i sammanlagt fyra bearbetningssystem. En undersökning genomfördes 1991 av jordens fysikaliska och kemiska egenskaper samt rotfördelning. Avkastningen i försöken åren 1984-1991 och resultaten från undersökningen 1991 presenteras i det följande.

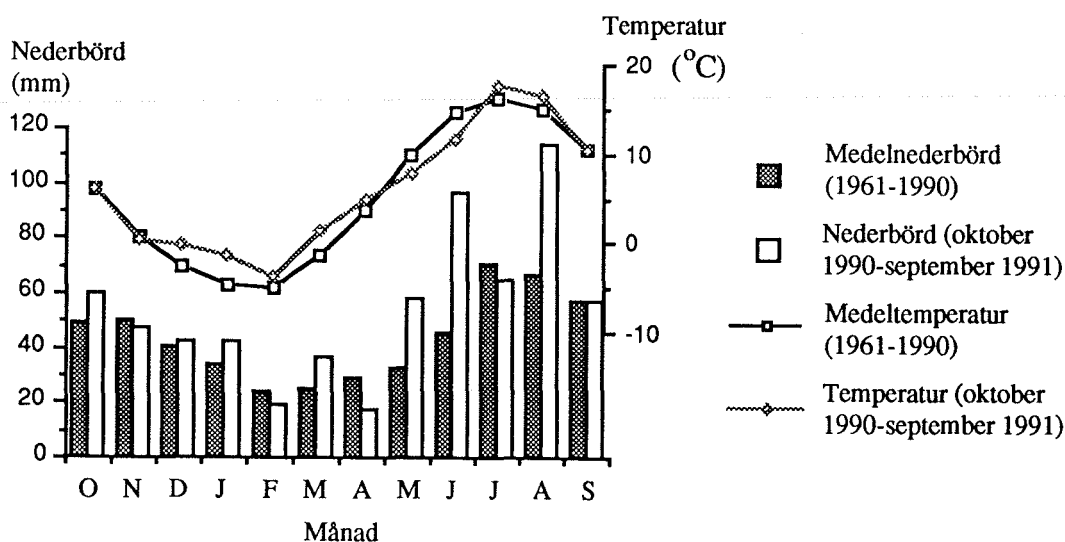
Försöket på Åbyhammar har ingått i projektet "Utveckling av brukningssystem anpassade till grödomas krav och jordarnas egenskaper". Projektet finansieras av Stiftelsen Lantbruksforskning.

MATERIAL OCH METODER

Försöksplatser

Fyra försök ingick i försöksserien R2-4018. Två låg på Säby (Säby I respektive Säby II), 7 km sydost om Uppsala, ett på Ultuna, Uppsala, och ett på Åbyhammar, Örebro län. Försöken i Uppsala anlades 1983 medan försöket på Åbyhammar anlades 1987. Figur 1 visar normal nederbörd och temperatur vid Ultuna, respektive aktuella värden för det år då markundersökningarna genomfördes.

Jordarnas mekaniska sammansättning på de fyra försöksplatserna redovisas i tabell 1. Vid sådden användes kombisåmaskin i alla bearbetningssystemen. Skörderesterna lämnades kvar i försöken. Grödorna var huvudsakligen vårsådda och havre och korn dominerade. Av de fyra försöken i serien pågår efter år 1991 två, det på Ultuna och det på Åbyhammar.



Figur 1. Nederbörd och temperatur månadsvis vid Ultuna, Uppsala.
Monthly precipitation and air temperature at Ultuna, Uppsala.

Tabell 1. Mekanisk sammansättning (% w/w), pH (H₂O), P-AL och K-AL (mg/100 g jord) i matjorden vid Säby I, Säby II, Ultuna och Åbyhammar
Particle size distribution (% w/w), organic matter (% w/w), pH (H₂O) and AL-extractable phosphorus (P) and potassium (K) (mg/100 g of soil) in the topsoil at Säby I, Säby II, Ultuna and Åbyhammar

Försöksplats	Län	Försöksnummer	Textur (µm)				Mullhalt	pH	P	K
			< 2	2-20	20-200	200-2000				
Säby I	C	356/83 ¹	43	31	21	1	3,8	6,0	4,9	17,0
Säby II	C	357/83	29	19	46	1	5,7	5,8	4,0	9,5
Ultuna	C	355/83	48	26	22	1	2,7	6,2	4,0	20,5
Åbyhammar	T	100/87	44	36	16	2	2,7	-	-	-

¹Anläggningsår

Försöksplan

Försöken var split-plot-försök med två storruteled (plöjning till 25 cm djup, respektive stubbearbetning till 13 cm djup) och två småruteled (konventionell såbäddsberedning och sådd, respektive harvsådd). Rutorna var 9 x 20 m² och låg i fyra block. Bearbetningssystemen var således:

- A1 = Plöjning och konventionell såbäddsberedning och sådd
- A2 = Plöjning och harvsådd
- B1 = Stubbearbetning och konventionell såbäddsberedning och sådd
- B2 = Stubbearbetning och harvsådd

Kväve tillfördes som N28 i försöken i Uppsala, och som urea på Åbyhammar, enligt gällande rekommendationer.

Provtagning

De flesta undersökningarna genomfördes på Säby I i april till och med juli 1991. Omedelbart efter sådden i april, täcktes 3 m² i vardera änden av varje ruta på Säby I med plast, för att minimera förändringar i vattenhalt. Undersökningarna utfördes i fem lager i marken. Gränssytorna mellan lagren definieras i tabell 2.

Tabell 2. Gränssytorna mellan de undersökta lagren
Borders between investigated soil layers

Djup (cm)	Definition
0	Markyta <i>Soil surface</i>
5	Harvningsdjup <i>Harrowing depth</i>
13	Stubbearbetningsdjup <i>Shallow cultivation depth</i>
25	Senaste plöjningsdjup <i>Latest ploughing depth</i>
30	Största plöjningsdjup <i>Deepest ploughing depth</i>
35	5 cm djupare än största plöjningsdjup <i>5 cm deeper than deepest ploughing depth</i>

Såbäddens egenskaper

En plåtram, 0,25 m², pressades ned till bearbetningsbotten i såbädden vid Säby I. Jorden innanför ramen samlades upp och dess volym mättes under antagandet att skrymdensiteten ej ändrats. Bearbetningsdjupet beräknades från detta. Bearbetningsbottensens jämnhet uppskattades visuellt på en skala från 0 (jämn) till 5 (mycket ojämn). Aggregatstorleksfördelningen bestämdes genom att den lufttorra jorden sällades i fem fraktioner (< 4, 4-8, 8-16, 16-32 och > 32 mm) som vägdes separat. Vattenhalten i och omedelbart under såbädden bestämdes gravimetriskt.

Grödans uppkomst

Grödans uppkomst bestämdes på alla försöksplatserna genom räkning av antalet plantor per 0,25 m² på två ställen i varje ruta cirka 20 dagar efter sådd.

Aggregatens stabilitet i såbädden

Aggregatstabiliteten i såbädden bestämdes på prover från alla rutorna på de tre försöksplatserna i Uppsala. Lufttorra aggregat från såbädden (fem upprepningar per ruta) i fraktionen 2-4 mm placerades på säll (2 mm) och utsattes för simulerad nederbörd (Rydberg, 1986). Den jord som blev kvar på sällen efter behandlingen torkades i ugn och vägdes och stabiliteten uttrycktes som vikten av den torkade jorden i förhållande till ursprunglig mängd lufttorr jord.

Aggregatens hållfasthet i såbädden

Aggregat med en medeldiameter av cirka 11 mm valdes från såbäddsjord i A1 och B1. Aggregatens draghållfasthet bestämdes enligt Dexter & Kroesbergen (1985) för stora och starka aggregat. Aggregaten torkades i ugn (105°C, 24 h) före mätningen och deras medeldiameter beräknades från tre mätningar av varje aggregat.

Total porvolym och porstorleksfördelning

Från varje ruta i två av blocken på Säby I uttogs fyra ostörda cylinderprover (inre diameter = 72 mm, höjd = 50 mm) från tre lager, cirka 13-18, 25-30 och 30-35 cm. Lagergränserna identifierades före uttagandet i enlighet med tabell 2.

Total porvolym och porstorleksfördelning beräknades från vattenhalterna i cylinderproverna vid fyra vattenbindande tryck (0, 3, 10 och 60 kPa) och efter torkning samt i separata jordprover vid 1500 kPa (Childs, 1940; Andersson, 1962). Porena delades in i fem storleksklasser: < 0,2, 0,2-5, 5-30, 30-100 och > 100 µm diameter.

På cylinderproverna bestämdes också vatten- och luftgenomsläpplighet.

Mättad vattengenomsläpplighet

Mättad vattengenomsläpplighet bestämdes på Säby I enligt Andersson (1955) och redovisas i cm h^{-1} vid 20°C.

Luftgenomsläpplighet

Luftgenomsläpplighet bestämdes på Säby I i två separata mätningar, en i laboratoriemiljö och en i fält. Genomsläppligheten i laboratoriemiljö bestämdes på de uttagna cylinderproverna enligt Andersson (1969). Genomsläppligheten i fält bestämdes i fyra cylindrar per ruta i två block dels i cylindrarna nedslagna i marken och dels i samma cylindrar uppgrävda (Green & Fordham, 1975). Resultaten från båda mätningarna redovisas i cm min^{-1} vid 20°C.

Porkontinuitet

Porernas kontinuitet beräknades på Säby I från i fält uppmätt luftgenomsläpplighet, som kvoten mellan luftgenomsläppligheten när cylindern var nedslagen i marken och genomsläppligheten i den uppgrävda cylindern (Lindström et al., 1990). Ju närmare kvoten är 1, desto mer kontinuerliga är porena.

Penetrometermotstånd

Penetrometermotståndet i jorden mättes på de tre försöksplatserna i Uppsala 35 dagar efter sådd på 15 punkter i varje ruta med en Bush-penetrometer (Findlay, Scotland). Penetrometern mätte motståndet i 15 nivåer med 3,5 cm mellanrum till ett djup av 52,5 cm. Konens diameter var 12,8 mm. P.g.a. regnigt väder kunde vattenhalten antas vara lika över hela försöksplatsen och nära fältkapacitet. Vattenhalten bestämdes gravimetriskt för varje 10 cm lager i varje bearbetningssystem.

Torr skrymdensitet och packningsgrad

Torra skrymdensiteten bestämdes på Säby I i fyra lager genom att slå ner en stålram (0,707 x 0,707 m²) till ett djup av 35 cm. Såbädden avlägsnades innan mätningarna påbörjades och gränssytorna mellan lagren identifierades visuellt under utförandet enligt tabell 2. Jorden i lagren grävdes upp och vägdes och gränssytornas djup mättes (Andersson & Håkansson, 1963).

Packningsgraden (Håkansson, 1990) i de fyra lagren beräknades enligt jordens aktuella skrymdensitet i procent av en referensskrymdensitet. Referensskrymdensiteten bestämdes genom att fuktig, blandad jord från respektive lager (fyra upprepningar per lager) utsattes för ett statiskt tryck av 200 kPa under fri dränering.

Kol, P-AL, K-AL och pH

Innehåll av totalkol, lösligt fosfor (P) och kalium (K) samt pH bestämdes på de tre försöksplatserna i Uppsala. Jordprover togs från 0-5, 5-13, 13-25, 25-30 och 30-35 cm djup på nio platser i varje ruta när grödan var i stadiet 22, huvudskott och två sidoskott (Zadoks et al., 1974). Proverna lufttorkades och maldes. Totalkol bestämdes med en Leco CS 125 Carbon Analyser, och antogs bestå enbart av organiskt kol. Lösligt P och K analyserades enligt AL-metoden (ammonium-acetat-laktat-extraherbart) (Egnér et al., 1960). Jordens pH bestämdes i vatten med glaselektrod (jord:vatten = 1:2,5). Kolinnehållet i nivån 0-5 cm bestämdes i ett prov från varje ruta medan övriga analyser endast utfördes på generalprov från respektive bearbetningssystem.

Rotfördelning

Ostörda jordprover med rötter togs ut (Fergedal, 1967) från varje ruta i tre av blocken på Säby I, 80 dagar efter sådd. Grödan var i stadiet 43, flaggbladets slida börjar vidgas (Zadoks et al., 1974). Varje prov (0,08 x 0,33 x 0,50 m³) separerades från jord genom att det omväxlande frystes, tinades och försiktigt spolades med vatten. Rötterna fotograferades, delades upp i de olika lagren, torkades i ugn och vägdes. De redovisas som g rötter per m³ jord i respektive lager.

Skörd

Skörden bestämdes 1984-1991 på alla försöksplatserna (med undantag av Säby I och II år 1984, 1987 och 1991, p.g.a. liggsäd) från en yta av 27,63 m² i mitten av varje ruta och redovisas vid 15 % vattenhalt.

RESULTAT

Såbäddens egenskaper och grödans uppkomst

På Säby I var det inga signifikanta skillnader mellan plöjda och oplöjda led i bearbetningsdjup, aggregatstorleksfördelning eller vattenhalt i såbädden respektive bearbetningsbotten (tabell 3). Trots signifikanta skillnader mellan leden i bottenens jämnhet var uppkomsten liknande i alla led (resultaten ej redovisade). Det var få år med signifikanta skillnader i uppkomst på de fyra försöksplatserna (resultaten ej redovisade).

Tabell 3. Såbäddens egenskaper på Säby I, 1991
Seedbed and seedbed bottom characteristics as influenced by different tillage systems at Säby I in 1991

Parameter	Bearbetningssystem				A vs B	1 vs 2	Samspel
	A1	A2	B1	B2			
Bearbetningsdjup (cm)	5,5	4,4	5,3	5,2	ns	ns	ns
Bearbetningsbottens jämnhet (0-5) ¹	2,0	3,5	1,5	1,8	*	*	ns
Vattenhalt (% w/w) i såbädden	17,2	14,3	16,9	16,5	ns	ns	ns
Vattenhalt (% w/w) i bearbetningsbotten	27,3	28,4	27,0	27,5	ns	*	ns
Aggregat (% w/w) < 4 mm	45,6	45,3	47,8	42,5	ns	ns	ns
4-16 mm	48,5	47,9	46,0	50,4	ns	ns	ns
16-32 mm	5,0	5,5	5,2	5,7	ns	ns	ns
> 32 mm	0,9	1,4	1,0	1,4	ns	ns	ns

Signifikansnivåer: * = 0.05 ≥ P > 0.01, ** = 0.01 ≥ P > 0.001, *** = P ≤ 0.001, ns = ej signifikant

¹0=jämn, 5=mycket ojämn

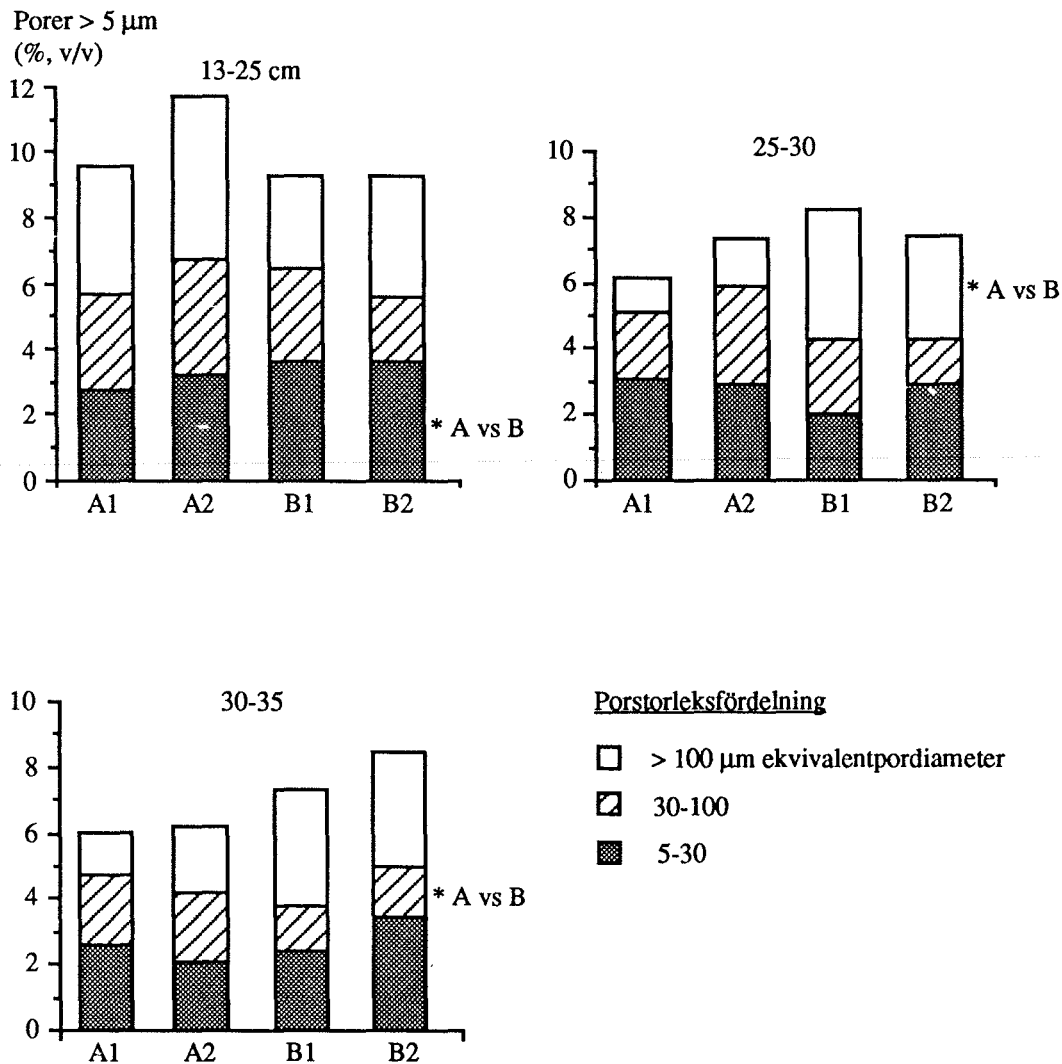
Aggregatens stabilitet och hållfasthet i såbädden

Varken aggregatens stabilitet eller hållfasthet skilde sig signifikant mellan leden (resultaten ej redovisade). Trots att varierad mängd vatten och intensitet prövades var aggregatstabiliteten i såbädden liknande i leden.

Total porvolym och porstorleksfördelning

Totala porvolymen i cylinderproverna från de tre lagren varierade mellan 46,6 och 51 % men skillnaderna mellan leden var ej signifikanta (resultaten ej redovisade).

Andelen porer > 100 µm var högre i det plöjda ledet än i det oplöjda i nivån 13-18 cm, medan andelen var högre i det oplöjda i nivåerna 25-30 och 30-35 cm (figur 2). Skillnaden var signifikant endast i nivån 25-30 cm, då variationen mellan upprepningarna var stor. I nivån 13-18 cm var volymen porer inom intervallet 5-30 µm signifikant högre i B medan volymen porer 30-100 µm var signifikant högre i A i nivån 30-35 cm. Vattenhalten i försöket vid 60 kPa vattenbindande tryck var 40,1 % (v/v) i nivån 13-18 cm och 40,7 % (v/v) i 25-35 cm djup. Vid 1500 kPa var vattenhalten i nivån 13-25 cm 23,1 % (v/v) och i nivån 25-35 cm 27,3 % (v/v).



Figur 2. Volym och storleksfördelning av porer > 5 μm per nivå och bearbetningssystem på Säby I, 1991.
Volume and distribution of pores > 5 μm by layer and tillage system at Säby I in 1991.

Mättad vattengenomsläpplighet

Vattengenomsläppligheten var signifikant högre i B än i A i nivån 25-30 cm (tabell 4). Den lägsta genomsläppligheten i försöket uppmättes i det plöjda ledet i samma nivå. Genomsläppligheten i B2 i nivån 30-35 cm var oväntat låg.

Tabell 4. Koefficient för mättad vattengenomsläpplighet (K_w , cm h^{-1}) på Säby I, 1991
Saturated hydraulic conductivity coefficient (K_w , cm h^{-1}) at Säby I in 1991

Djup (cm)	Bearbetningssystem				A vs B	1 vs 2	Samspel
	A1	A2	B1	B2			
13-18	5,2	19,2	16,0	7,0	ns	ns	ns
25-30	1,1	3,5	14,0	8,0	*	ns	ns
30-35	8,8	13,9	20,3	2,6	ns	ns	ns

Luftgenomsläpplighet

Det fanns inga signifikanta skillnader i luftgenomsläpplighet mellan leden, varken i fält- eller laboriemätningen, på grund av stor variation mellan upprepningarna. Dock visade resultaten från de olika metoderna på samma trend. Därför redovisas resultaten från mätningen av luftgenomsläpplighet gjord i laboriemiljö vid 3 kPa vattenbindande tryck (tabell 5). Det fanns en tendens att luftgenomsläppligheten var högre i B än i A, speciellt i nivån 25-30 cm.

Tabell 5. Koefficient för luftgenomsläpplighet (K_a , cm min^{-1}) vid 3 kPa vattenbindande tryck på Säby I, 1991
Soil air permeability coefficient (K_a , cm min^{-1}) at 3 kPa matric water tension at Säby I in 1991

Djup (cm)	Bearbetningssystem				A vs B	1 vs 2	Samspel
	A1	A2	B1	B2			
13-18	21,3	188,7	163,3	133,2	ns	ns	ns
25-30	5,6	0,9	119,1	65,7	ns	ns	ns
30-35	95,1	131,9	477,3	202,2	ns	ns	ns

Porkontinuitet

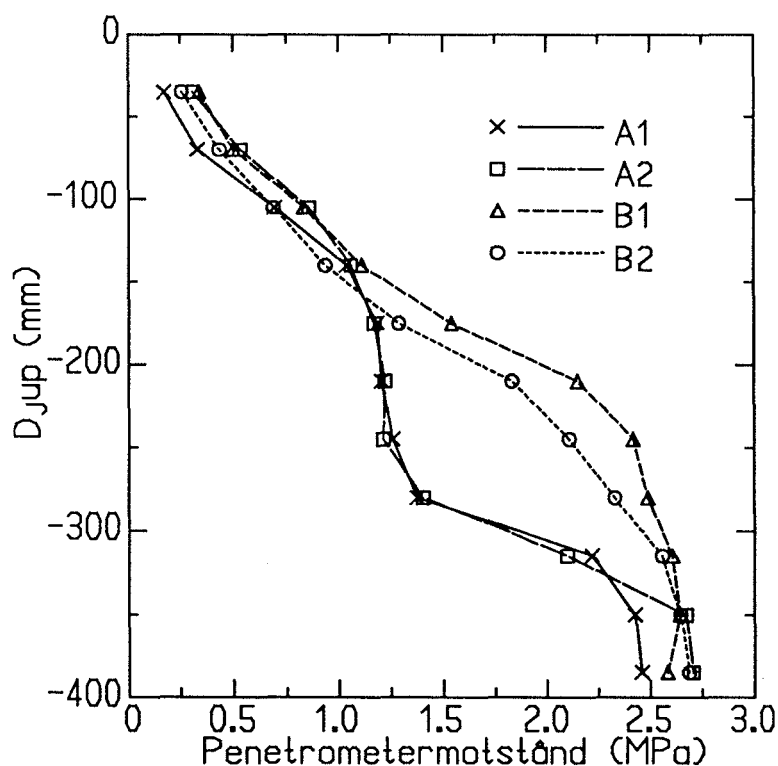
Kvoterna var signifikant högre i B än i A i nivån 13-18 cm (tabell 6). I denna nivå var även kvoterna högst. Även i nivåerna 25-30 och 30-35 cm var kvoterna högre i B än i A, men skillnaderna var inte signifikanta. Den signifikanta skillnaden i porkontinuitet mellan led 1 och 2 i nivån 30-35 cm var oväntad.

Tabell 6. Porkontinuitetskvot på Säby I, 1991
Pore continuity quotient at Säby I in 1991

Djup (cm)	Bearbetningssystem				A vs B	1 vs 2	Samspel
	A1	A2	B1	B2			
13-18	0,59	0,38	0,73	0,86	*	ns	ns
25-30	0,39	0,36	0,63	0,52	ns	ns	ns
30-35	0,55	0,44	0,63	0,60	ns	*	ns

Penetrometermotstånd

Resultaten från penetrometermätningarna på de tre försöksplatserna uppvisade samma trend. Därför redovisas endast resultaten från Säby I (figur 3, med statistiska resultat i tabell 7). I nivån 0-13 cm var skillnaderna mellan leden mycket små. I nivån 17,5-31,5 cm var penetrometermotståndet signifikant högre i B än i A, i nivån 17,5-24,5 cm var dessutom motståndet högre i B1 än i B2. Djupare än 35 cm var det inga signifikanta skillnader mellan leden. Vattenhalten vid mätningstillfällena var nära fältkapacitet på alla försöksplatserna.



Figur 3. Penetrometermotstånd på Säby I, 1991.
Penetration resistance profiles at Säby I in 1991.

Tabell 7. Signifikans för penetrometermotstånd på Säby I, 1991

Levels of significance for penetrometer resistance at Säby I in 1991

Djup (cm):	3,5	7,0	10,5	14,0	17,5	21,0	24,5	28,0	31,5	35,0
A vs B	ns	ns	ns	ns	*	**	***	***	*	ns
1 vs 2	ns	*	ns	ns	*	**	***	ns	ns	ns
Samspel	**	***	***	*	ns	**	**	ns	ns	ns

Torr skrymdensitet och packningsgrad

Skrymdensitet och packningsgrad var signifikant högre i B än i A och i 1 än i 2 i nivån 13-25 cm (tabell 8 och 9).

Tabell 8. Skrymdensitet (g cm^{-3}) på Säby I, 1991

Bulk density (g cm^{-3}) by tillage system at Säby I in 1991

Djup (cm)	Bearbetningssystem				A vs B	1 vs 2	Samspel
	A1	A2	B1	B2			
5-13	1,15	1,15	1,13	1,09	ns	ns	ns
13-25	1,27	1,25	1,37	1,34	**	*	ns
25-30	1,35	1,38	1,41	1,41	ns	ns	ns
30-35	1,35	1,39	1,42	1,39	ns	ns	ns

Tabell 9. Packningsgrad (%) på Säby I, 1991

Degree of compactness (%) by tillage system at Säby I in 1991

Djup (cm)	Bearbetningssystem				A vs B	1 vs 2	Samspel
	A1	A2	B1	B2			
5-13	80,5	81,0	79,8	76,6	ns	ns	ns
13-25	89,0	87,7	95,5	93,4	**	*	ns
25-30	94,7	96,6	99,1	99,0	ns	ns	ns
30-35	97,3	100,1	102,6	100,0	ns	ns	ns

Kol, P-AL, K-AL och pH

Fördelningen av kol, P-AL, K-AL och pH var liknande på alla tre försöksplatserna, varför enbart resultaten från Säby I redovisas (tabell 10). Innehållet av kol och K-AL var högre i B än i A i nivån 0-13 cm, medan innehållet var högre i A än i B i nivån 13-30 cm. Tabell 11 visar totala innehållet av kol i nivån 0-5 cm, där B innehåller signifikant mer kol än A på alla tre försöksplatserna. Jordens innehåll av P-AL och dess pH varierade ej mellan leden.

Tabell 10. Innehåll av kol (% w/w), P-AL, K-AL (mg/100 g jord) och pH (H₂O) på Säby I, 1991
Soil carbon (% w/w), phosphorus (P) and potassium (K) (mg/100 g of soil) content and pH (H₂O) in various tillage systems at Säby I in 1991

Djup (cm)	Tillage system															
	Kol				pH				P-AL				K-AL			
	A1	A2	B1	B2	A1	A2	B1	B2	A1	A2	B1	B2	A1	A2	B1	B2
0-5	2,2	2,2	2,5	2,4	6,0	6,0	5,9	6,0	3,0	3,0	3,0	3,1	15,5	15,8	20,6	20,9
5-13	2,3	2,2	2,4	2,5	6,0	6,0	6,0	6,0	3,0	3,1	2,9	3,2	16,8	17,6	23,1	21,5
13-25	2,2	2,2	2,1	2,1	6,0	6,1	6,0	6,0	3,1	3,2	3,2	3,3	17,8	18,1	14,7	15,0
25-30	1,9	2,2	1,5	1,7	6,0	6,1	6,0	6,0	2,4	3,0	1,6	2,2	14,4	16,4	11,7	11,2
30-35	1,2	1,4	1,0	1,2	6,0	6,1	6,2	6,0	0,7	0,9	0,5	0,9	10,6	11,6	11,0	10,5

Tabell 11. Organiskt kol (% w/w) i nivån 0-5 cm på Säby I, Säby II och Ultuna, 1991
Percent soil organic carbon in the 0-5 cm soil layer at Säby I, Säby II and Ultuna in 1991

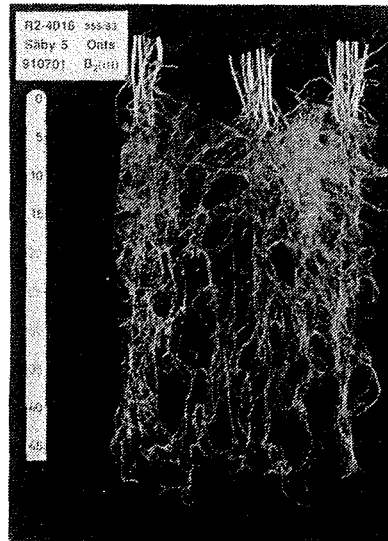
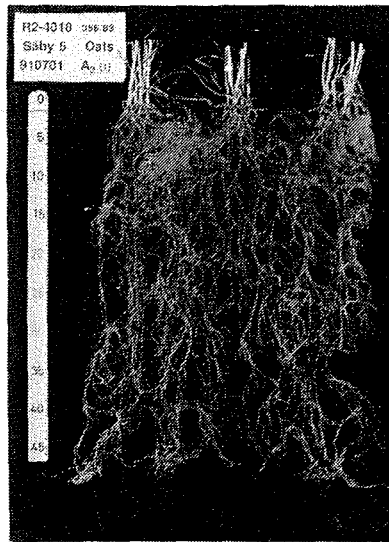
Försöks- plats	Bearbetningssystem				A vs B
	A1	A2	B1	B2	
Säby I	2,2	2,2	2,5	2,4	*
Säby II	2,9	2,8	3,1	3,2	*
Ultuna	2,2	2,1	2,3	2,3	*

Rotfördelning

Rotdensiteten var högre i A än i B, och i 2 än i 1 i alla nivåer från 0 till 50 cm djup (tabell 12), dock ej signifikant högre förutom i nivån 13-25 cm. Den relativa skillnaden mellan leden minskade i de djupare nivåerna. Rotutvecklingen var dock förhållandevis god i alla leden (figur 4).

Tabell 12. Rotdensitet (g m⁻³ jord) på Säby I, 1991
Root density (g m⁻³ of soil) of oats at Säby I in 1991

Djup (cm)	Bearbetningssystem				A vs B	1 vs 2	Samspel
	A1	A2	B1	B2			
5-13	391	478	355	395	ns	ns	ns
13-25	214	241	151	196	**	ns	ns
25-30	139	173	117	143	ns	ns	ns
30-35	119	133	95	109	ns	ns	ns
35-50	93	112	96	99	ns	ns	ns



Figur 4. Rotutveckling i A1, A2, B1 och B2 910701 på Säby I.
Root distribution in A1, A2, B1 and B2 July 7 1991 at Säby I.

Skörd

De flesta åren var skörden högre i de icke konventionella bearbetningssystemen jämfört med konventionell plöjning och såbäddsberedning (tabell 13), men skillnaderna var sällan signifikanta. Vid Säby I gav B signifikant högre skörd än A ett år av fem och lägre ett år. Skörden i B vid Säby II var signifikant högre än i A tre år av fem och lägre ett år. Vid Ultuna var skörden i B signifikant högre än i A ett år av sju medan skörden på Åbyhammar var signifikant högre i A än i B ett år av fyra. I genomsnitt var skörden högst i B2.

Tabell 13. Skörd i procent av bearbetningssystem A1 på Säby I, Säby II, Ultuna och Åbyhammar
Crop yield expressed as a percentage of that under conventional tillage at Säby I, Säby II, Ultuna and Åbyhammar

År*	Gröda	Bearbetningssystem				A vs B	1 vs 2	Samspel
		A1 (kg ha ⁻¹)	A2	B1	B2			
<i>Säby I</i>								
1985	Vårkorn	100 (4140)	125	104	117	ns	**	ns
1986	Vårkorn	100 (5490)	99	99	101	ns	ns	ns
1988	Vårkorn	100 (4670)	99	127	118	***	ns	ns
1989	Havre	100 (6430)	101	101	101	ns	ns	ns
1990	Vårkorn	100 (4740)	109	89	95	**	ns	ns
	Medel (Säby I)	100	107	104	106	-	-	-
<i>Säby II</i>								
1985	Vårkorn	100 (5820)	103	89	92	**	*	ns
1986	Vårkorn	100 (5230)	97	102	102	*	ns	ns
1988	Vårkorn	100 (7600)	104	93	101	ns	*	ns
1989	Havre	100 (6220)	97	109	107	**	ns	ns
1990	Vårvete	100 (5780)	97	104	110	*	ns	*
	Medel (Säby II)	100	100	99	102	-	-	-
<i>Ultuna</i>								
1984	Vårrybs	100 (1940)	106	113	106	ns	ns	ns
1985	Vårvete	100 (4350)	106	95	93	ns	ns	ns
1986	Havre	100 (5550)	107	107	111	ns	ns	ns
1987	Vårvete	100 (4970)	101	99	100	ns	ns	ns
1988	Havre	100 (4130)	106	109	107	ns	ns	ns
1989	Havre	100 (4710)	108	110	117	*	ns	ns
1990	Vårkorn	100 (5310)	104	102	108	ns	ns	ns
1991	Havre	100 (3180)	99	102	99	ns	ns	ns
	Medel (Ultuna)	100	105	105	105	-	-	-
<i>Åbyhammar</i>								
1988	Vårkorn	100 (5210)	93	91	86	*	ns	ns
1989	Havre	100 (5780)	99	98	101	ns	ns	ns
1990	Höstvete	100 (6690)	96	102	101	ns	ns	ns
1991	Havre	100 (6200)	102	102	103	ns	ns	ns
	Medel (Åbyhammar)	100	98	98	98	-	-	-
	Samtliga	100	103	102	103	-	-	-

*Ingen skördebestämning av havre på Säby I och Säby II 1984, 1987 och 1991 på grund av liggsäd.

DISKUSSION

Trots skillnader i antalet harvningar och i innehåll av organiskt material, var skillnaderna i såbäddsegenskaper mellan leden små. Håkansson & von Polgár (1984) formulerade krav på en god såbädd för grödans uppkomst. De fann att 5 % (w/w) växttillgängligt vatten i såbäddens botten var tillräckligt för groningen om såddjup och aggregatstorleksfördelning var tillfredsställande. Vattenhalten vid fysikaliska vissningsgränsen var 18,3 % (w/w) i jorden vid Säby I (Rydberg & Öckerman, 1987) och vattenhalten i bearbetningsbotten vid sådd 1991 var ≥ 27 % (w/w) i alla led. Det var inga skillnader i uppkomst mellan leden på Säby I 1991 vilket antyder att förhållandena i såbädden var tillfredsställande i alla bearbetningssystemen. Heinonen (1985) och Tisdall & Oades (1982) rapporterade att sambandet mellan aggregatens stabilitet och innehållet av organiskt material minskar starkt vid innehåll av organiskt material över 4 % (w/w). Detta kan förklara att inga skillnader i aggregatstabilitet eller aggregatstyrka i såbädden noterades i denna undersökning.

Naturliga jordartsvariationer i försöket kan ha påverkat total porvolym och porstorleksfördelning, framförallt porer < 5 μm . Andelen porer > 100 μm i nivån 25-30 cm var signifikant större i B än i A (plogsula). I denna nivå var mättade vattengenomsläppligheten signifikant högre i B än i A. Även luftgenomsläppligheten var högre i B än i A, dock ej signifikant. Liknande resultat rapporterades av Rydberg (1986). Hill (1990) fann att en större andel porer > 30 μm ger bättre vattengenomsläpplighet. Ehlers (1975) och Barnes & Ellis (1979) härledde högre vattengenomsläpplighet i obearbetad jord jämfört med bearbetad till bättre porkontinuitet och högre aktivitet hos dagmaskar. Porkontinuitetskvoten var signifikant högre i B än i A i nivån 13-18 cm vilket visar på bättre kontinuitet till djupare lager. Plöjningen störde poremas kontinuitet mellan matjord och alv i A-rutorna medan störningen begränsades till de övre 13 cm i det stubbearbetade ledet. Bättre porkontinuitet i system med reducerad bearbetning jämfört med konventionell bearbetning har rapporterats av Douglas et al. (1981), Francis et al. (1988), Heard et al. (1988) och Schjøning (1989). Försöksytorna bearbetades konventionellt innan försöken anlades och en relativt ogenomsläpplig plogsula fanns kvar i A-rutorna. I nivån 13-18 cm var skillnaderna mellan leden varken i vatten- eller luftgenomsläpplighet signifikanta vilket indikerar att någon liknande bearbetningssula under stubbearbetningsdjup (13 cm) ej fanns i B.

Skrymdensitet, penetrometermotstånd och rotdensitet var liknande i de olika bearbetningssystemen i lagret 5-13 cm. I lagret 13-25 cm var skrymdensitet och penetrometermotstånd högre i B än i A och rotdensiteten var lägre. Både skrymdensitet och penetrometermotstånd minskade när antalet överfarter minskade. Effekten på skrymdensiteten av antalet överfarter var tydlig både i det plöjda och i det oplöjda ledet.

Trots signifikant högre penetrometermotstånd i B än i A i nivån 25-30 cm var skillnaden i rotdensitet inte signifikant. Francis et al. (1987) rapporterade liknande resultat, och drog slutsatsen att penetrometern ger mycket lite information om kontinuerliga sprickor och kanaler i jorden. Rötter växer genom sprickor, dagmaskgångar och genom rotkanaler från tidigare grödor (Ellis & Barnes, 1980) och detta kan motverka effekter av en ökad kompaktet i jorden (Ehlers et al., 1983). Även Whiteley & Dexter (1983) visade hur rötter hellre växer genom sprickor än genom kompakt jord. Dexter (1986) noterade 3 MPa penetrometermotstånd som en övre gräns för rötters tillväxt i ett modellexperiment. Ehlers et al. (1983) demonstrerade hur havrerötters tillväxt upphörde i bearbetad jord när penetrometermotståndet överskred 3,6 MPa och i obearbetad jord 4,5-5,1 MPa. Dessa värden överskreds ej, varken i den plöjda eller i den oplöjda jorden, i den här undersökningen.

Den med hänsyn till grödornas avkastning optimala skrymdensiteten varierar mellan olika jordar. Begreppet packningsgrad (Håkansson, 1990) utvecklades för att få en parameter som på ett likartat sätt var relaterad till skörden oberoende av jordart (mineraljordar). På de flesta mineraljordar är den optimala packningsgraden omkring 87. Enligt Arvidsson & Håkansson (1991) är det optimala värdet högre torra säsonger och lägre fuktiga, och det varierar mellan olika grödor där korn och

vete kräver det högsta och havre och ärter ett lägre optimum. Riley (1988) fann att packningsgraden beskrev förhållandena för en grödas tillväxt bättre än vad skrymdensiteten gjorde.

I nivån 5-13 cm i de oplöjda rutorna och 5-25 cm i de plöjda var packningsgraden optimal enligt ovan. I nivåerna 13-35 cm i B respektive 25-35 cm i A var packningsgraden högre än den optimala, speciellt i B, där rotdensiteten var signifikant lägre. Begreppet är dock huvudsakligen använt för årligen bearbetad jord. För en obearbetad jord är troligen den optimala packningsgraden högre än 87 och/eller sambandskurvan mellan packningsgrad och skörd flackare än för en bearbetad jord, då por-kontinuiteten är bättre (Håkansson, 1992). Packningsgraden är lägre i det oplöjda ledet i den här studien än i tidigare svenska studier av plöjningsfri odling i jämförbara jordlager (Rydberg, 1986). Det kan bero på att däckstrutning på maskiner använda i försöket har varit bättre och att bredare redskap har reducerat antalet överfarer jämfört med tidigare försök.

Skörderesterna brukades in i de övre 25 cm i de plöjda rutorna och till 13 cm djup i de oplöjda. Grödornas rötter växer däremot även i djupare jordlager. Trots skillnader i fördelning av K-AL och kol mellan leden, var de totala innehållen av K-AL och kol i nivån 0-35 cm liknande, vilket tyder på att skillnaderna i fördelning berodde på skörderesternas nedbrukningsdjup.

Fosfors relativa orörlighet i jord (Cannell & Finney, 1973) kan delvis förklara att innehållen av P-AL i de olika bearbetningssystemen var liknande. Dessutom innehåller skörderester relativt små mängder fosfor, så nedbrukningsdjupet hade troligen ej hunnit påverka fördelningen av P-AL i profilen. Man kan också anta att rötternas upptag av fosfor var liknande då mängden rötter i nivån 25-50 cm var i samma storleksordning i de olika leden. I andra undersökningar (Rydberg, 1986) har man funnit ackumulering av fosfor i ytan i plöjningsfria system, men då har försöken fosforgödslats. Även jordens pH var opåverkat av bearbetningssystemen. Rydberg (1986) fann liknande resultat efter 6-10 år i plöjda och oplöjda försöksled i de övre 35 cm på lätta och styva leror.

Strukturella förändringar kan bestämmas genom mätning av skrymdensitet och porvolym men för grödan är porernas storlek och kontinuitet mer betydelsefulla (Douglas & Goss, 1987). Då skörden var lika hög eller högre i stubbearbetade led jämfört med konventionellt bearbetade, kan man dra slutsatsen att den högre packningsgraden i de oplöjda rutorna kompenseras av bättre por-kontinuitet, större andel stora porer och högre vatten- och luftgenomsläpplighet i nivån 25-30 cm.

Även i en annan försöksserie, odlingssystem på lerjordar (R2-P 76 S), ingår ledet plöjningsfri harvsådd. Avkastning och penetrometermotstånd på en av två försöksplatser överensstämde med resultaten i denna försöksserie medan resultaten på den andra är avvikande. Försöksserien kommer att redovisas separat.

SAMMANFATTNING

I en serie med långliggande försök jämfördes två storruteled (plöjning till 25 cm djup respektive stubbearbetning till 13 cm djup) och två småruteled (konventionell såbäddsberedning och sådd respektive harvsådd) för att testa om en reduktion av antalet överfarer minskar de negativa effekter av packning av centrala matjorden som förknippas med plöjningsfri odling. Skörden bestämdes varje år på alla platserna. En undersökning av jordens fysikaliska och kemiska egenskaper samt rotfördelning genomfördes 1991 på en av de fyra försöksplatserna.

- Bearbetningsdjup, aggregatstorleksfördelning och vattenhalt i såbädden och i såbäddens botten var liknande i de olika leden medan såbäddens botten var jämnare i det oplöjda ledet. Det påverkade ej grödans uppkomst, som var liknande mellan leden.
- Andelen porer > 100 µm, porkontinuitet, mättad vattengenomsläpplighet och luftgenomsläpplighet påverkades positivt av plöjningsfri odling jämfört med konventionell bearbetning.
- Skrymdensitet, packningsgrad och penetrometermotstånd var liknande i bearbetningssystemen i nivån 0-13 cm, men signifikant högre i oplöjda led i nivån 13-25 cm, där rotdensiteten var signifikant lägre.
- Kalium och kol var koncentrerade till de övre 13 cm i oplöjda rutor, medan fosfor och pH ej påverkades av bearbetningssystemen.
- Harvsådd gav 2 % högre skörd än konventionell såbäddsberedning och verkar vara ett gott alternativ till konventionell såbäddsberedning, men andra metoder för att reducera packningen av jorden, som till exempel däck med extremt låga tryck, bör testas.

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. Teoretiska modellstudier av kapillära systems k-värden som funktioner av porstorleksfördelning, bindningstryck och vattenhalt. Grundförbättring 22:143-154.
- Andersson, S. & Håkansson, I. 1963. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XIV. Om ett par nya metoder att bestämma markytans mikrotopografi, dess höjdförändringar och matjordens porositet. Grundförbättring 16:1-26.
- Arvidsson, J. & Håkansson, I. 1991. A model for estimating crop yield losses caused by soil compaction. Soil Tillage Res. 20:319-332.
- Barnes, B.T. & Ellis, F.B. 1979. Effects of different methods of cultivation and direct drilling, and disposal of straw residues, on populations of earthworms. J. Soil Sci. 30:669-679.
- Cannell, R.Q. 1985. Reduced tillage in north-west Europe - a review. Soil Tillage Res. 5:129-177.
- Cannell, R.Q. & Finney, J.R. 1973. Effects of direct drilling and reduced cultivation on soil conditions for root growth. Outlook Agric. 7:184-189.
- Childs, E.C. 1940. The use of soil moisture characteristics in soil studies. Soil Sci. 50:239-252.
- Dexter, A.R. 1986. Model experiments on the behaviour of roots at the interface between a tilled seed-bed and a compacted sub-soil. I. Effects of seed-bed aggregate size and sub-soil strength on wheat roots. Plant and Soil 95:123-133.
- Dexter, A.R. & Kroesbergen B. 1985. Methodology for determination of tensile strength of soil aggregates. J. agric. Engng Res. 31:139-147.
- Douglas, J.T. & Goss, M.J. 1987. Modification of porespace by tillage in two stagnogley soils with contrasting management histories. Soil Tillage Res. 10:303-317.
- Douglas, J.T., Goss, M.J. & Hill, D. 1981. Measurements of pore characteristics in a clay soil under ploughing and direct drilling, including use of a radioactive tracer (¹⁴⁴Ce) technique. Soil Tillage Res. 1:11-18.
- Egnér, H., Riehm, H. & Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes des Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kalium-bestimmung. Kungl. Lantbrukshögskolans Annaler 26:199-215.
- Ehlers, W. 1975. Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. Soil Sci. 119:242-249.
- Ehlers, W., Köpke, U., Hesse, F. & Böhm, W. 1983. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. Soil Tillage Res. 3:261-275.
- Ellis, F.B. & Barnes, B.T. 1980. Growth and development of root systems of winter cereals grown after different tillage methods including direct drilling. Plant and Soil 55:283-295.
- Ellis, F.B., Christian, D.G. & Cannell, R.Q. 1982. Direct drilling, shallow tine-cultivation and ploughing on a silt loam soil. Soil Tillage Res. 2:115-130.
- Fergedal, L. 1967. En metod för framtvättning och undersökning av rotsystem. Grundförbättring 20:53-60.
- Francis, G.S., Cameron, K.C. & Swift, R.S. 1987. Soil physical conditions after six years of direct drilling or conventional cultivation on a silt loam soil in New Zealand. Aust. J. Soil Res. 25:517-529.
- Francis, G.S., Cameron, K.C. & Kemp, R.A. 1988. A comparison of soil porosity and solute leaching after six years of direct drilling or conventional cultivation. Aust. J. Soil Res. 26:637-649.

- Green, R.D. & Fordham, S.J. 1975. A field method for determining air permeability in soil. In *Soil Physical Conditions and Crop Production*, 273-288. Ministry of Agricultural Fisheries and Food Technical Bulletin 29 H.M.S.O., London.
- Heard, J.R., Klavivko, E.J. & Mannerling, J.V. 1988. Soil macroporosity, hydraulic conductivity and air permeability of silty soils under long-term conservation tillage in Indiana. *Soil Tillage Res.* 11:1-18.
- Heinonen, R. 1985. Soil management and crop water supply. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Department of Soil Sciences, pp. 105.
- Hill, R.L. 1990. Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:161-166.
- Hodgson, D.R., Hips, N.A. & Braim, M.A. 1989. Direct drilling compared with ploughing for winter wheat grown continuously and the effects of subsoiling. *Soil Use Manage.* 5:189-194.
- Håkansson, I. 1990. A method for characterizing the state of compactness of the plough layer. *Soil Tillage Res.* 16:105-120.
- Håkansson, I. 1992. The degree of compactness as a link between technical, soil physical and biological aspects of soil compaction. (Proceedings of International soil compaction conference, Tallin, Estland, 8-12 juni 1992.)
- Håkansson, I. & von Polgár, J. 1984. Experiments on the effects of seedbed characteristics on seedling emergence in a dry weather situation. *Soil Tillage Res.* 4:115-135.
- Lindström, J., Jonsson, B. & McAfee, M. 1990. Measurement and interpretation of air permeability coefficients in six Swedish soils. *Swedish J. agric. Res.* 20:69-76.
- O'Sullivan, M.F. & Ball, B.C. 1982. Spring barley growth, grain quality and soil physical conditions in a cultivations experiment on a sandy loam in Scotland. *Soil Tillage Res.* 2:359-378.
- Riley, H. 1988. Cereal yields and soil physical properties in relation to the degree of compactness of some Norwegian soils. Proc. 11th Conf. International Soil Tillage Research Organization, ISTRO, Scottish Centre of Agricultural Engineering, Penicuik, Midlothian, Scotland, pp. 109-114.
- Rydberg, T. 1986. Markfysikaliska och markkemiska effekter av plöjningsfri odling i Sverige. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen, Nr 70, pp. 35.
- Rydberg, T. 1987. Studier i plöjningsfri odling i Sverige 1975-1986. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen, Nr 76, pp. 35.
- Rydberg, T. & Öckerman, T. 1987. Plöjningsfri odling - dess inverkan på rotutveckling och evaporation. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen, Nr 74, pp. 52.
- Schjønning, P. 1989. Long-term reduced cultivation. II. Soil pore characteristics as shown by gas diffusivities and permeabilities and air-filled porosities. *Soil Tillage Res.* 15:91-103.
- Tisdall, J.M. & Oades, J.M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* 33:141-163.
- Whiteley, G.M. & Dexter, A.R. 1983. Behaviour of roots in cracks between soil peds. *Plant and Soil* 74:153-162.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T. & Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14:415-421.

RAPPORTER FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Nr År

- 56 1978 Åke Huhtapalo: Kombisådd av kväve och fosfor till vårsåd. 27 s.
Combi-drilling of nitrogen and phosphorus with spring cereals. 27 p.
- 57 1979 Inge Håkansson: Försök med jordpackning vid hög axelbelastning. Markundersökningar 1-2 år efter försökens anläggande. 15 s.
Experiments with soil compaction at high axle load. Soil investigations 1-2 years after the experimental compaction. 15 p.
- 58 1979 Inge Håkansson & József von Polgár: Modellförsök med såbäddens funktion. III. Försök med syrebrist i såbädden. 17 s.
Model experiments into the function of the seedbed. III. Experiments with oxygen deficiency in the seedbed. 17 p.
- 59 1980 Tomas Rydberg: Storparcellförsök med plöjningsfri odling, 1976-78. 21 s.
Big-plot experiments with ploughless farming, 1976-78. 21 p.
- 60 1980 Working group on soil compaction by vehicles with high axle load. Report of meeting in Uppsala 1980. 56 p.
- 61 1981 Behovet av forskning och försök inom mark-teknikområdet. En inventering utförd av samarbetskommittén för mark-teknik vid Sveriges Lantbruksuniversitetets Lantbruksvetenskapliga fakultet. Sekreterare: Lennart Henriksson. 46 s.
- 62 1981 Skördevariationerna i växtodlingen - orsaker och motåtgärder. Seminarium anordnat av Samarbetskommittén för Mark-Teknik på Ultuna 1981-04-09. 64 s.
- 63 1981 Nils M. Nilsson: Plöjningsdjup och tiltbredder vid höstplöjning. 30 s.
Ploughing depths and widths of furrow slice in autumns ploughing. 30 p.
- 64 1982 Jan Cederlund: Kombinerad bearbetning och sådd (harvsådd). Examensarbete. 54 s.
- 65 1983 Göran Kritz: Såbäddar för vårstråsåd. En stickprovsundersökning. 187 s.
Physical conditions in cereal seedbeds. A sampling investigation in Swedish spring-sown fields. 187 p.
- 66 1983 N.M. Nilsson: Höst- eller vårplöjning till vårsådd på kapillära jordar. Resultat från 12 fältförsök åren 1971-75. 57 s.
Autumn- or spring ploughing before spring sowing on capillary soils. Results from 12 field trials during 1971-1975. 57 p.
- 67 1984 Berth Mårtensson: Harvsådd - Preliminära försöksresultat 1979-83. 20 s.
Once-over sowing - Preliminary results of trials 1979-1983. 20 p.
- 68 1984 Mats Edh: BANDSÅDD - en studie av olika billar för bandsådd. Examensarbete. 44 s.

- 69 1984 József von Polgár: Vältning efter vårsådd. 16 s.
Rolling after spring sowing. 16 p.
- 70 1986 Tomas Rydberg: Markfysikaliska och markkemiska effekter av plöjningsfri odling i Sverige. 35 s.
Effects of ploughless tillage on soil physical and soil chemical properties in Sweden. 35 p.
- 71 1986 Jordpackning: Skördepåverkan - Motåtgärder - Ekonomi. Rapport från NJF-seminarium i Sigtuna 28-30 oktober 1986. 187 s.
Soil compaction: Effects - Counter-measures - Economy. 187 p.
- 72 1986 Bo Thunholm: Termiska egenskaper i åkermark skattade på grundval av den årliga temperaturvariationen. 18 s.
Thermal properties of the subsoil estimated from annual temperature variations. 18 p.
- 73 1987 Lennart Henriksson: Försök med olika harvar 1977-1985. 32 s.
Field trials with different harrows 1977-1985. 32 p.
- 74 1987 Tomas Rydberg & Torbjörn Öckerman: Plöjningsfri odling - Dess inverkan på rotutveckling och evaporation. 52 s.
The effects of ploughless tillage on root development and evaporation. 52 p.
- 75 1987 Hans Svensson: Jordpackningens inverkan på sockerbetans rotutveckling och skördens storlek. 31 s.
Effects of soil compaction on root development and yield of sugarbeets. 31 p.
- 76 1987 Tomas Rydberg: Studier i plöjningsfri odling i Sverige 1975-1986. 53 s.
Studies in ploughless tillage in Sweden 1975-1986. 53 p.
- 77 1988 Reduceret jordbearbejdning. Rapport från NJF-seminarium i Horsens, Danmark 9-11 februari 1988. 240 s.
Reduced cultivation. 240 p.
- 78 1990 Inge Håkansson, Mary McAfee, Sixten Gunnarsson: Verkan av körning med traktor och vagn vid vallskörd. Resultat från 24 försöksplatser. 41 s.
Effects of traffic during harvest on yield of grass leys. Results from field trials on 24 Swedish sites. 41 p.
- 79 1990 Krister Nilsson: Packningsskador vid konservertskörd - ekonomiska konsekvenser och åtgärder för att minska packningen. 16s.
Estimation of the economic consequences of soil compaction when harvesting canning peas. 16 p.
- 80 1990 Tomas Rydberg, Mary McAfee, Börje Gillberg. Djupplöjning på lätta mineraljordar. 50 s.
Effects of subsoiling on crop yields on light mineral soils. 50 p.
- 81 1992 Johan Arvidsson, Sixten Gunnarsson, Lena Hammarström, Inge Håkansson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg: 1991 års jordbearbetningsförsök. 58 s.

- 82 1992 Johan Arvidsson, Inge Håkansson: En modell för att beräkna jordpackningens effekter på grödornas avkastning. 23 s.
An empirical model for estimating the crop yield losses caused by machinery induced soil compaction. 23 p.
-
- 83 1992 Maria Stenberg, Reynaldo A. Comia, Tomas Rydberg, Inge Håkansson, Sixten Gunnarsson: Harvsådd i konventionella och plöjningsfria bearbetningssystem. 18 s.
Soil and crop responses to different tillage systems. 18 p.
-