



SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET  
UPPSALA

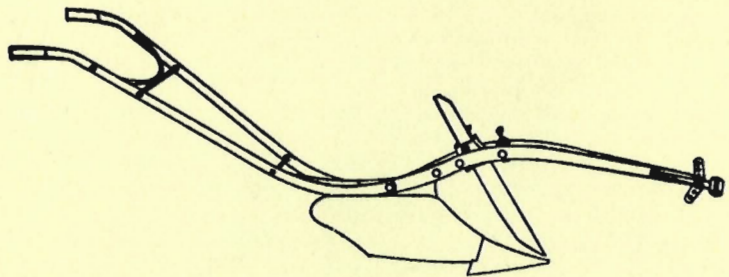
INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

# RAPPORTER FRÅN \_\_\_\_\_ JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,  
S-750 07 Uppsala

Department of Soil Sciences

Reports from the Division of Soil Management



Nr 76

1987

Tomas Rydberg

STUDIER I PLÖJNINGSFRI ODLING I  
SVERIGE 1975-1986

*STUDIES IN PLOUGHLESS TILLAGE IN  
SWEDEN 1975-1986*

ISBN 91-576-3148-4

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.  | 33 | 1973 | Inge Håkansson: Tung körning vid skörd av slättervall. Tre försök på Röbbäcksdalen. 1969-72. 20 s.<br><i>Effect of heavy machinery when harvesting ley crops. Three field experiments in northern Sweden 1969-72.</i>   |
| 2  | 1968 | Inge Håkansson: Några synpunkter på forskning och försöksverksamhet i jordbearbetning. 6 s.   | 34 | 1973 | Göran Kritz: Såbäddens utformning på vårsådda fält. Stickprovsundersökning 1969-72. Maskinanvändningen på provplatserna. 76 s.  |
| 3  | 1968 | Nils M. Nilsson, Lennart Henriksson: Försök med harvning till vårsådd 1941-1959. 29 s.<br><i>Field trials with harrowing to spring-sown cereals 1941-1959.</i>  | 35 | 1973 | Lennart Henriksson: Redskap för såbäddsberedning. Undersökningsmetoder och inledande studier. 35 s.<br><i>Implements for seedbed preparation. Methods of investigation and preliminary studies.</i>   |
| 4  | 1968 | Åke Huhtapalo, Reijo Heinonen: Inledande försök med gödselradmyllning kombinerat med sådd 1964-1966. 37 s.  | 36 | 1973 | Inge Håkansson, József von Polgár: Försök åren 1969 och 1970 med en maskin för kombinerad såbäddsberedning och sådd (Svenska Sockerfabriks AB:s värbrukningsmaskin). 26 s.<br><i>Experiments in the years 1969 and 1970 with a machina for combined seedbed preparation and sowing.</i>                                     |
| 5  | 1968 | Lennart Henriksson: Orienterande försök med bearbetning till höstvete. 7 s.   | 37 | 1974 | Lennart Engström: Intervjuundersökning om extremt tidig sådd våren 1973. 33 s.<br><i>A sampling study into extremely early spring sowing in Sweden in 1973.</i>   |
| 6  | 1968 | Lennart Henriksson: Försök med olika såtider. 7 s.  | 38 | 1974 | Lennart Henriksson: Studier av några jordbearbetningsredskaps arbets sätt och arbetsresultat. 144 s.<br><i>Studies of the mode of working and the working results of some soil tillage implements.</i>  |
| 7  | 1968 | Reijo Heinonen: Berättelse över studieresa till Sovjet den 11-26 juli 1967. 13 s.   | 39 | 1975 | Thomas Rydberg: Plöjningsfri odling i Sverige. En intervjuundersökning 1974. 21 s.  |
| 8  | 1968 | Inge Håkansson: Markfysikaliska studier i ett växtföljdsförsök på Ås den 15-16 juli 1966. 13 s.   | 40 | 1975 | Ulf Olsson: Redskap för såbäddsberedning, arbets sätt och arbetsresultat. 55 s.<br><i>Implements for seedbed preparation; studies of the mode of working and the working results.</i>   |
| 9  | 1968 | Bo Thente: Luftpermeabilitetsmätning som markfysikalisk undersökningsmetod. 41 s.   | 41 | 1975 | Inge Håkansson: Rapport över studieresa till USA hösten 1974. 15 s.   |
| 10 | 1968 | Reijo Heinonen, Åke Huhtapalo: Besvarade och obesvarade frågor om radmyllning av kvävegödsel. 13 s.   | 42 | 1976 | Inge Håkansson: Elva försök med alvluckring och djupplöjning i Syd- och Västsverige 1964-1975. 35 s.<br><i>Eleven Swedish field experiments with subsoiling and deep ploughing 1964-1975.</i>   |
| 11 | 1968 | Lennart Fergedal: Försök med jordpackning vid olika tidpunkter på våren. År 1967. 9 s.  | 43 | 1976 | Peter Edling: Redskap och intensitet vid vårbruk till potatis. Resultat av 11 försök i Norrland 1965-1969. 10 s.<br><i>Eleven experiments in northern Sweden with spring tillage for potatoes.</i>  |
| 12 | 1968 | Nils M. Nilsson, Lennart Henriksson: Alvluckningsförsök 1937-1963. 32 s.  | 44 | 1976 | Göran Kritz: Såbäddens utformning på vårsådda fält III. Stickprovsundersökning 1969-72. Primärdata för 300 provplatser. 76 s.<br><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>              |
| 13 | 1968 | Reijo Heinonen: Tidig vårsådd. Växtfysiologiska och ekologiska synpunkter på aktuella tendenser i såbäddsberedning och sådd av vårstråsådd. 19 s.   | 45 | 1976 | PROCEEDINGS of the 7th Conference of the International Soil Tillage Research Organization, ISTRO.   |
| 14 | 1968 | Erik Jakobsson: Plöjningsförsök med olika tiltbredder och vändskiveformer. 10 s.  | 46 | 1976 | Inge Håkansson, József von Polgár: Modellförsök med såbäddens funktion. I. Såbädden som skydd mot avdunstning. 52 s.<br><i>Model experiments into the function of the seedbed. I. The seedbed as a protective layer against drought.</i>  |
| 15 | 1968 | Lennart Henriksson: Försök med grund plöjning. 9 s.   | 47 | 1976 | Lars Gunnar Nilsson: Texturanalys och jordartsklassifikation. Rapport från ett NJF-symposium i Uppsala 1976-03-09. 26 s.  |
| 16 | 1968 | Stig Ledin: Olika halmnedbrukningsmetoders verkan på kvickrot och på några fröogräs. 21 s.  | 48 | 1976 | Inge Håkansson: Olika grödors känslighet för packningsgraden i matjorden. Två försök med vallväxter 1971-74. 17 s.<br><i>The sensitivity of different crops to the degree of compactness in the plough layer. Two field experiments with forage crops 1971-74.</i>  |
| 17 | 1969 | Inge Håkansson, Börje Gillberg: Lufttrycket i traktordäcken under fältarbeten. En stickprovsundersökning hösten 1968. 32 s.<br><i>Investigation into the inflation pressure of the tires of Swedish tractors engaged in field work.</i> | 49 | 1976 | Göran Kritz: Såbäddens utformning på vårsådda fält IV. Stickprovsundersökning 1969-72. En översiktlig studie av några viktiga faktorer. 33 s.<br><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> |
| 18 | 1969 | Göte Bertilsson: Studier över tryckets markpåverkan. 67 s.  | 50 | 1977 | Såbäddsberedning och sådd. Uppsatser presenterade vid Lantbrukshögskolans försöksledarmöte 1977.  |
| 19 | 1969 | Peter Edling, Nils M. Nilsson, Inge Håkansson: Sju skånska försök med alvluckring och djupplöjning 1964-68. 26 s.<br><i>Seven experiments with subsoiling and deep ploughing in Southwestern Sweden 1964-68.</i>                        | 51 | 1977 | Lennart Henriksson: Stubbearbetningsredskapens arbetsresultat med hänsyn till mark- och halmförhållandena. 32 s.<br><i>The results given by implements for stubble cleaning with regard to different soil- and straw conditions.</i>  |
| 20 | 1969 | Bengt Reimersson, Gunnar Falk: Försök på Persbo gård 1968 med minskad jordpackning. 8 s.<br><i>A field experiment with reduced soil compaction on a clay soil.</i>  |    |      |   |
| 21 | 1970 | Lennart Henriksson: Olika redskapstyper för stubbearbetning. Jämförelser av arbetssätt och arbetsresultat. 19 s.<br><i>Different types of implements for stubblecultivation. A study of working methods and working results.</i>        |    |      |   |
| 22 | 1970 | Inge Håkansson, Lennart Fergedal: Försök med jordpackningens ackumulativa efterverkningar. Preliminär redogörelse. 21 s.<br><i>Experiments with the accumulative after-effects of soil compaction. Preliminary report.</i>              |    |      |   |
| 23 | 1971 | Göran Kritz, Inge Håkansson: Såbäddens utformning på vårsådda fält. Stickprovsundersökning 1969-70. 43 s.<br><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 höstharyning och tillsatsredskap till plogen. 68 s.   |    |      |   |
| 25 | 1971 | Ann Pettersson: Nya redskap för gödselplacering och sådd. 50 s.   |    |      |   |
| 26 | 1971 | Lennart Fergedal: Jordpackning med traktor vid olika tider för vårsådd. 140 s.  |    |      |   |
| 27 | 1971 | Göran Kritz: 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 halmnedplöjning 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.   |    |      |   |

Distributör: Sveriges lantbruksuniversitet  
Institutionen för markvetenskap

TOMAS RYDBERG, Institutionen för markvetenskap/Jordbearbetning,  
Sveriges lantbruksuniversitet, S-750 07 Uppsala, Sweden

## STUDIER I PLÖJNINGSFRI ODLING I SVERIGE 1975-1986

*STUDIES IN PLOUGHLESS TILLAGE IN SWEDEN 1975-1986*

**Akademisk avhandling som för avläggande av agronomie doktorsexamen kommer att offentligt försvaras i Sal L, Undervisningshuset, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, torsdagen den 5 november 1987, kl 10.00.**

### Abstract

The research described in this report forms part of the endeavour to draw up guidelines for successful implementation of ploughless tillage techniques (cultivation to 10 cm replacing ploughing).

Results and experiences from over 120 field trials carried out during the period 1975-86 are presented in the first section. On average, use of ploughless tillage has meant reduced yields of winter wheat, spring barley, winter and spring oilseed rape and sugarbeet and somewhat improved yields of oats, first year grass leys and potatoes. The results from ploughless tillage were generally improved by use of twin mounted tractor tires instead of single mounted, placement of artificial fertilizer instead of broadcasting and removal of straw. Incidence of seeding weeds increased on average by 25 % and stoloniferous weeds by 100 %. Most suitable soils were peats, sandy loamy tills, silty loams or silty clay loams and heavy clays.

The second section consists of results of soil physical and chemical investigations carried out during 1980-1984. Soil physical changes observed included increased compaction in mid-topsoil, improved saturated hydraulic conductivity in the lower topsoil and upper subsoil and improved aggregate stability in the seedbed. Reduced rate of evaporation was also recorded in a pilot investigation. Soil chemical investigations showed increased levels of readily-soluble phosphorus and potassium in the surface layer and reduced levels in mid- and lower topsoil. Humus content also increased in the surface layer and decreased in mid- and lower topsoil. No relationship was found between pH and cultivation technique. On the basis of the results obtained, a procedure to evaluate site suitability for ploughless tillage is described.

The effects of ploughless tillage on root development and evaporation were investigated in 1985 and results from these investigations are described in a third section of this report. Root studies showed that root development was invariably obstructed in mid-topsoil, an effect ascribed to high mechanical resistance. Studies on evaporation showed that ploughless tillage, in contrast to conventional tillage, gave a better effect of reduced evaporation after a wet followed by a dry period than after a wholly dry period. It was also shown that superficial incorporation of harvest residues gave a better effect of reduced evaporation on a silty clay loam than on a heavy clay.

In conclusion, results and experiences obtained from these investigations are used to suggest practical measures for best applying ploughless tillage while minimizing those problems arising when soil is no longer ploughed annually.

**Key words:** Ploughless tillage, reduced tillage, crop yield, soil compaction, hydraulic conductivity, root development, evaporation.

ISBN: 91-576-3148-4

Tryckort: Uppsala

Tryckår: 1987

Sveriges lantbruksuniversitet  
Institutionen för markvetenskap  
Avdelningen för jordbearbetning  
Box 7014  
750 07 UPPSALA

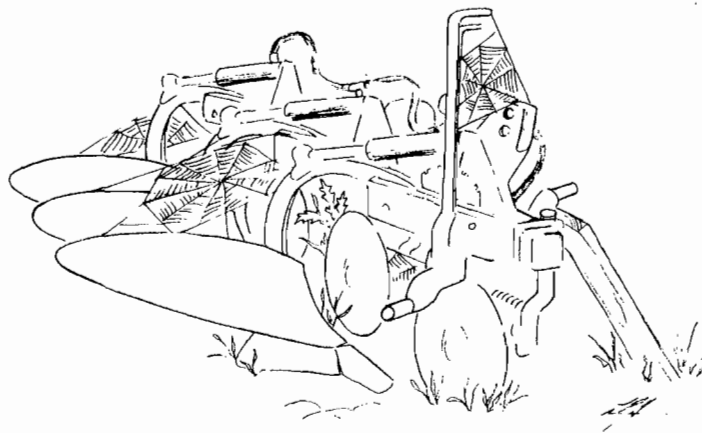
Rapporter från jordbearbetningsavdelningen  
Nr. 76, 1987

ISBN 91-576-3148-4

Tomas Rydberg

STUDIER I PLÖJNINGSFRI ODLING I SVERIGE 1975-1986

*STUDIES IN PLOUGHLESS TILLAGE IN SWEDEN 1975-1986*



## ABSTRACT

The research described in this report forms part of the endeavour to draw up guidelines for successful implementation of ploughless tillage techniques (cultivation to 10 cm replacing ploughing).

Results and experiences from over 120 field trials carried out during the period 1975-86 are presented in the first section. On average, use of ploughless tillage has meant reduced yields of winter wheat, spring barley, winter and spring oilseed rape and sugarbeet and somewhat improved yields of oats, first year grass leys and potatoes. The results from ploughless tillage were generally improved by use of twin mounted tractor tires instead of single mounted, placement of artificial fertilizer instead of broadcasting and removal of straw. Incidence of seeding weeds increased on average by 25 % and stoloniferous weeds by 100 %. Most suitable soils were peats, sandy loamy tills, silty loams or silty clay loams and heavy clays.

The second section consists of results of soil physical and chemical investigations carried out during 1980-1984. Soil physical changes observed included increased compaction in mid-topsoil, improved saturated hydraulic conductivity in the lower topsoil and upper subsoil and improved aggregate stability in the seedbed. Reduced rate of evaporation was also recorded in a pilot investigation. Soil chemical investigations showed increased levels of readily-soluble phosphorus and potassium in the surface layer and reduced levels in mid- and lower topsoil. Humus content also increased in the surface layer and decreased in mid- and lower topsoil. No relationship was found between pH and cultivation technique. On the basis of the results obtained, a procedure to evaluate site suitability for ploughless tillage is described.

The effects of ploughless tillage on root development and evaporation were investigated in 1985 and results from these investigations are described in a third section of this report. Root studies showed that root development was invariably obstructed in mid-topsoil, an effect ascribed to high mechanical resistance. Studies on evaporation showed that ploughless tillage, in contrast to conventional tillage, gave a better effect of reduced evaporation after a wet followed by a dry period than after a wholly dry period. It was also shown that superficial incorporation of harvest residues gave a better effect of reduced evaporation on a silty clay loam than on a heavy clay.

In conclusion, results and experiences obtained from these investigations are used to suggest practical measures for best applying ploughless tillage while minimizing those problems arising when soil is no longer ploughed annually.

## FÖRORD

I arbetet med denna avhandling som utförts vid Avdelningen för jordbearbetning, Institutionen för markvetenskap vid Sveriges lantbruksuniversitet har under årens lopp ett stort antal personer varit engagerade och bistått med värdefull hjälp.

Professor Reijo Heinonen, min huvudhandledare, har hela tiden på ett mycket stimulerande, idérikt och uppmuntrande sätt följt mitt arbete.

Statsagronom Inge Håkansson har genom engagerande diskussioner, givande förslag och välvillighet att ställa resurser till förfogande varit till mycket stor hjälp.

Professor Waldemar Johansson på Avdelningen för hydroteknik och min vice handledare har givit mig många konstruktiva synpunkter och också vid olika tillfällen låtit mig utnyttja avdelningens kunnande i övrigt.

Agronom Åke Huhtapalo har på ett beundransvärt sätt ställt upp vid genomförandet av en rad skilda arbetsuppgifter samt varit ett moraliskt stöd i både med- och motgång. Försöksledare Lennart Henriksson har med sin klarsynta rådgivningsförmåga varit ett fantastiskt stöd då min egen beslutsvända varit som störst. Försöksledare Nils Mattias Nilsson har frikostigt delgivit sin erfarenhet om jordbearbetning och överlåtit försöksresultat. Försöksteknikerna Börje Gillberg och Berth Mårtensson har med stor skicklighet genomfört fältförsöken på Ultuna. Laboratorieassistent Einar Larsson har mycket noggrant och tålmodigt utfört många analysarbeten. Försökstekniker Sixten Gunnarsson har på ett berömligt sätt medverkat vid mät- och provtagningsarbetet i fält samt databehandlat skörderesultaten. Agronom Torbjörn Öckerman deltog med stor entusiasm och stort kunnande i arbetet med rot- och evaporationsstudierna. Agronom Lave Persson var otroligt behjälplig i samband med evaporationsstudierna. M.Sc. Mary McAfee och fil. kand Nigel Rollison har översatt till engelska. Försöksledare Gunnar Ekbohm har bidragit med statistisk rådgivning. Pirkko Elfström, Kersti Rask och Lisbeth Dahlin har förtjänstfullt svarat för utskrift och redigering.

Till Er och alla andra på institutionen som medverkat vill jag framföra mitt varmaste tack.

Värdefull hjälp har också erhållits från många försöksvärdar, från personal vid försöksstationer och från ritflickorna och fotograf Peter Wigren på reproavdelningen vid Sveriges lantbruksuniversitet. Till Er alla ett hjärtligt tack.

Till de firmor som ställt maskiner och redskap till förfogande, till Statens Jordbruksnämnd som finansierat storparcellprojektet och delar av utvecklingsarbetet med den nya såbillen och till alla övriga som deltagit vill jag också framföra ett hjärtligt tack.

Till sist och allra mest ett innerligt tack till min familj som aldrig protesterat och som hela tiden varit till ovärderlig hjälp och den största inspirationskällan.

Ultuna i augusti 1987

Tomas Rydberg

<b>INNEHÅLLSFÖRTECKNING</b>	<b>Sid.</b>
<b>Förteckning över de uppsatser på vilka avhandlingen är baserad</b>	<b>9</b>
<b>INLEDNING</b>	<b>11</b>
<b>FÄLTFÖRSÖK MED PLÖJNINGSFRI ODLING, 1975-86</b>	<b>12</b>
<b>MARKFYSIKALISKA OCH MARKKEMISKA EFFEKTER AV PLÖJNINGSFRI ODLING</b>	<b>24</b>
<b>PLÖJNINGSFRI ODLING - DESS EFFEKTER PÅ ROT- UTVECKLING OCH EVAPORATION</b>	<b>25</b>
<b>PLÖJNINGSFRI ODLING I FRAMTIDEN</b>	<b>27</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>29</b>
<b>LITTERATUR</b>	<b>33</b>
<b>SUPPLEMENT: UPPSATSERNA I-III</b>	





## Förteckning över de uppsatser på vilka avhandlingen är baserad

- I. Rydberg, T. 1982\*). Field experiments with ploughless tillage in Sweden, 1976-81. - Proc. 9th Conf. Int. Soil Tillage Res. Org., ISTRO, Osijek, Yugoslavia, s. 125-130.
- II. Rydberg, T. 1986. Markfysikaliska och markkemiska effekter av plöjningsfri odling i Sverige. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Rapporter, 70. 35 s.
- III. Rydberg, T. & Öckerman, T. 1987. Plöjningsfri odling - dess inverkan på rotutveckling och evaporation. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Rapporter, 74. 53 s.

Hänvisning i texten till dessa sker med respektive romersk siffra.

\*)Publikationen utgör till stora delar en sammanfattning av författarens licentiatavhandling (Rydberg, 1984) i vilken följande tre arbeten ingår.

1. Rydberg, T. 1975. Plöjningsfri odling i Sverige. En intervjuundersökning. - Lantbrukshögskolan, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Rapporter, 39. 21 s.
2. Rydberg, T. 1980. Storparcellförsök med plöjningsfri odling, 1976-78. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Rapporter, 59. 21 s.
3. Rydberg, T. 1980. När kan plöjningsfri odling tillämpas? - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Kons. avd. rapporter, Allmänt 23, s. 6:1-10.



## INLEDNING

Försök där någon form av enbart yttlig bearbetning studerats, har pågått i Sverige med jämna mellanrum i stort sett sedan hösten 1939. Då startades på Ultuna Uppsala några fältförsök där effekten av en enstaka i växtföljden helt slopad plöjning studerades. Som ersättningsredskap användes en från Amerika importerad tallriksskumplog, en "disktiller" (Torstensson & Enge, 1943). Under 1940-talet anlades sedan tre försök där även de långsiktiga effekterna av att ersätta plöjningen med yttligare stubbearbetningar studerades (Henriksson, 1968) och i slutet av 1950-talet genomfördes 12 st försök där höstplöjningen jämfördes med en grund rotorkultivering (Grönevik, 1962). Under åren 1966-71 provades i ett 20-tal fältförsök om den nya idén med direktsådd av höstvetete och höstoljeväxter var något för svenska förhållanden. Trots enstaka mycket lyckade försök ansågs metoden vara för osäker. Sedermera utvecklades nya medel för ogräsbekämpning och växtskydd och såmaskinerna vidareutvecklades. Nu pågår ånyo sedan 1979 försök med direktsådd av oljeväxter (Cedell, 1985) och sedan 1980 av stråsäd (Henriksson, 1985).

Under 1970-talet skedde en snabb utveckling av redskapen för stubbearbetning. Vidare började många olika former av plöjningsfria odlingssystem (Lewis, 1973; Unger & McCalla, 1980) att tillämpas på åtskilliga platser världen över, framför allt inom områden med ringa nederbörd/eller risk för erosion. Så kom den s.k. "oljekrisen" med kraftiga energiprishöjningar som följde. Vid den tiden ställde sig många lantbrukare frågan om det inte på något sätt var möjligt att reducera kostnaden för den energikrävande plöjningen och för den under torra höstar likaså energikrävande såbäddsberedningen. Det befintliga försöksmaterialet från 1940-, 50- och 60-talen var alltför begränsat för att kunna användas i rådgivningen. Mot bakgrund av detta startade avd. för jordbearbetning i mitten av 1970-talet, inom riksförsöksverksamheten, ett fältförsöksprojekt (P 14, mångåriga försök med olika bearbetningssystem). Målsättningen var att på ett mer fullständigt sätt än tidigare undersöka den plöjningsfria odlingens möjligheter. De olika bearbetningssystemen finns redovisade av Rydberg (1980 a). I syfte att främst belysa de kortsiktiga följderna av en slopad plöjning genomfördes under åren 1976-78 tillsammans med lantbrukare också ca 60 st "storparcellförsök" (Rydberg, 1980 b). Den plöjningsfria odlingen har även sedan mitten av 1970-talet varit föremål för studier inom länsförsöksverksamheten, företrädesvis i Skåne och dessutom (1978-83) i ett par försöksserier inom projektet såbäddsberedning (P 29) och från och med 1983 i en serie inom projektet markförbättring (P 76-S).

Resultat och erfarenheter från försöken under perioden 1976-81 sammanfattas i uppsats nr I. I uppsats nr II presenteras resultaten från markfysikaliska och markkemiska studier som under tiden 1980-84 genomfördes i några av de långliggande försöken. Den tredje uppsatsen behandlar plöjningsfri odling och dess effekt på rotutveckling och evaporation. Arbetet utfördes i huvudsak under år 1985.

De närmast följande sidorna ägnas åt en förnyad version av uppsats nr I med skördeåren 1975-86 inkluderade, samt sammanfattningar av nr II och III och avslutningsvis några av författarens tankar kring rubriken: "Plöjningsfri odling i framtiden".

## FÄLTFÖRSÖK MED PLÖJNINGSFRI ODLING, 1975-86

### Introduktion

Under perioden 1975-86 har försök med plöjningsfri odling (riksförsök, inkl. serierna inom såbäddsprojektet och serien inom markförbättringsprojektet, länsförsök och storparcellförsök) utförts på 123 platser. Antalet skördeår uppgår till nära 350 st. Försöksresultaten kommer från hela Sverige, men merparten från södra och mellersta delarna. I försöksmaterialet finns huvuddelen av de i Sverige förekommande jordarterna representerade. Av totala antalet skördeår kommer ca 40 % från platser med moränjord, ca 20 % från moiga eller mjäligen lättleror, ca 15 % från styva leror, ca 10 % från mellanleror, ca 10 % från leriga mojordar, ca 3 % från mulljordar och ca 2 % från leriga sandjordar.

I det plöjningsfria ledet har den konventionella höstplöjningen till 25 cm ersatts med 2-3 st stubbearbetningar med tallriksredskap eller kultivator, eller med båda i kombination, till ett djup av 10-15 cm. Tungt tallriksredskap har oftast använts som ersättningsredskap. I övrigt har alla bearbetningar utförts på konventionellt sätt och skörderesterna har som regel ej bärgats.

### Resultat och erfarenheter

Gröda och förfrukt. Den plöjningsfria odlingen (tab. 1) har i genomsnitt medfört sänkt skörd till höstvet, korn, höst- och våroljeväxter och sockerbetor och något förbättrad avkastning till havre, vall I och potatis. För vårvete är den genomsnittliga skördenivån hittills densamma som vid konventionell bearbetning. Av tabellen framgår också att resultaten för höstvet och korn varierar beroende på förfrukt. Positivt resultat har erhållits för höstvet om förfrukten varit ärter samt för korn om förfrukten varit havre och resultatet för höstvet med oljeväxter som förfrukt måste betraktas som klart tillfredsställande. Däremot har korn liksom höstvet varit en mindre lämplig förfrukt till både höstvet och korn.

Tabell 1. Skörderesultat från försök med konventionell bearbetning (P) och plöjningsfri odling (PF), 1975-1986, i kg/ha resp. i relativa tal  
*Crop yields from field experiments with conventional tillage (P, kg/ha) and ploughless tillage (PF, relative values), 1975-1986*

Gröda <i>Crop</i>	Antal skördeår <i>Years of harvest</i>	Medel- ålder <i>Mean age</i>	Konv. bearb. (P) kg/ha	Plöjnings- fri odling (PF) rel.tal	Signif.
<u>Höstvete</u> <i>Winter wheat</i>					
1. Totalt <i>Total</i>	92	2.6	5810	99	-
2. Efter korn <i>After spring barley</i>	9	1.6	4480	97	-
3. Efter havre <i>After oats</i>	15	3.3	5130	97	-
4. Efter oljeväxter <i>After oilseeds</i>	45	2.8	6630	100	-
5. Efter vete <i>After wheat</i>	9	1.2	3550	98	-
6. Efter ärter <i>After peas</i>	8	1.9	6300	103	-
<u>Korn</u> <i>Spring barley</i>					
1. Totalt <i>Total</i>	96	4.5	3990	97	**
2. Efter korn <i>After spring barley</i>	30	4.1	3360	97	*
3. Efter havre <i>After oats</i>	13	4.8	3760	104	*
4. Efter oljeväxter <i>After oilseeds</i>	6	4.7	4570	99	-
5. Efter vete <i>After wheat</i>	11	6.0	4360	96	-
<u>Havre</u> <i>Oats</i>	46	4.4	4380	103	o
<u>Vårvete</u> <i>Spring wheat</i>	6	5.8	4610	100	-
<u>Höstoljeväxter</u> <i>Winter oilseeds</i>					
1. Totalt <i>Total</i>	30	2.2	2870	92	**
2. Halmen kvar <i>Straw incorporated</i>	22	2.5	2910	91	**
3. Halmen bärgad el. bränd <i>Straw baled or burnt</i>	8	1.3	2270	97	-
<u>Våroljeväxter</u> <i>Spring oilseeds</i>	18	4.3	1920	96	-
<u>Sockerbetor</u> <i>Sugarbeets</i> t/ha	11	5.0	47.8	93	*
<u>Potatis</u> <i>Potato</i> t/ha	9	4.3	21.4	103	-
<u>Vall I</u> <i>First year ley</i> kg ts/ha kg dm/ha	7	7.0	1. 4670 2. 2610 tot. 7280	104 105 104	- - o

Signifikansnivåer *Significance levels*) o)  $0.1 \geq P > 0.05$ ; \*)  $0.05 \geq P > 0.01$ ;  
 \*\*)  $0.01 \geq P > 0.001$

Från försöksplatserna har normalt inga skörderester bärgats varför det i det oplöjda ledet i synnerhet vid höstsådd efter stråsådd uppstått tekniska problem i samband med såbäddsberedning och sådd p.g.a. en alltför riklig mängd oförmultnade skörderester. Den sänkning av skörden med plöjningsfri odling till höstvete efter korn, havre eller vete och till höstoljeväxter om skörderesterna ej bärgats som redovisas i tabell 1, kan därför delvis med stor sannolikhet tillskrivas en försämrad etablering p.g.a. tekniska svårigheter vid såbäddsberedning och sådd.

Oliphant (1982) anser å andra sidan att en försämrad plantetablering p.g.a. tekniska problem, vid direktsådd eller sådd efter ytlig bearbetning på hösten i Storbritannien, är av underordnad betydelse i förhållande till de negativa effekterna av toxiska substanser, huvudsakligen ättiksyra, som bildas vid nedbrytningen av halmens cellulosa och hemicellulosa. Vid mikrobiell nedbrytning av växtrester bildas framför allt alifatiska och aromatiska syror (Lynch, 1977; Wallace & Elliott, 1979). Av dessa är det endast ättiksyra som under fältförhållanden kan förekomma i så stora kvantiteter att den kan tänkas ha större betydelse och då högst 1.5 cm från skörderesterna (Lynch et. al., 1980). Enligt Harper & Lynch (1981) så är emellertid, under normala fältförhållanden på hösten, den potentiella förmågan att bilda ättiksyra mycket låg redan 6-7 veckor efter det att skörderesterna brukats ned. Harper och Lynch (1982) redovisar också från ett laboratorieförsök att per gram producerar rapshalm dubbel så mycket ättiksyra som vetehalm, medan havre- och kornhalm producerar ungefär lika mycket vardera och mängdmässigt ett mellanting av vad raps- och vetehalm producerar. Under torra och aeoroba förhållanden så kan också, enligt McCalla & Norstadt (1974), vattenlösliga substanser från oförmultnade växtrester, speciellt fenoler, tänkas ha viss giftverkan.

För svenska förhållanden gäller troligtvis, p.g.a. ett torrare klimat än i Storbritannien och därav mindre sannolikhet för anaeroba förhållanden, att risken för större negativa effekter av toxiska nedbrytningsprodukter vid utelämnad plöjning är av väsentligt mycket mindre omfattning. Ett påstående som också konfirmeras av resultaten från kärlförsök utförda på inst. för växtodling vid Sveriges lantbruksuniversitet (Olsson & Ohlander, 1986). Någon ättiksyrabildning i koncentrationer som enligt den vetenskapliga litteraturen kan ha toxisk verkan, kunde inte påvisas vare sig i "plöjda" eller "oplöjda" kärn. Likaså visades i kärlförsöken att om sådden utfördes optimalt och halmen därefter påfördes så hade denna obetydlig negativ inverkan på såväl groning och uppkomst som tillväxt.

Det förekommer i litteraturen uppgifter om att en alltför ytlig placering av skörderesterna kan gynna tillväxt- och förökningsbetingelserna för vissa växtskadegörare. Från Storbritannien rapporterar exempelvis Yarham & Hirst (1975) starkare angrepp av sköldfläcksjuka (*Rhynchosporium secalis*) på vårkorn och av brunfläcksjuka (*Septoria nodorum*) och svartpricksjuka (*Septoria tritici*) på höstvete både vid ytlig bearbetning och direktsådd jämfört med plöjning. I svenska försök med direktsådd av höstvete har en ökad angreppsgrad av brunfläcksjuka konstaterats (Henriksson, L. pers. medd., 1987). Vad beträffar stråknäckarsvampen (*Cercospora herpotrichoides*) så visar flera internationella arbeten att angreppen på höstvete däremot inte förvärras av ytligt placerade skörderester (Hood, 1965; Schwerdtle & Koch, 1967; Yarham & Hirst, 1975; Vez, 1979) och för rotdödarsvampen (*Gaeumannomyces graminis*) redovisas t.o.m. minskade angrepp (Hood, 1965; Brooks & Dawson, 1968; Cook & Rovira, 1976). I en svensk undersökning från år 1977 (Wallbom & Wretler, 1978), där det i 14 st försök med höstvete och i 11 st med korn studerades om den plöjningsfria odlingen påverkat förekomsten av stråknäckare, rotdödare, brunfläcksjuka, kornets bladfläcksjuka (*Helminthosporium teres*) och halmstekel (*Cephus pygmaeus*), påträffades inga signifikanta ledskillnader. Eventuellt skulle motsvarande studie idag medföra andra resultat, då det till skillnad från år 1977, nu finns möjlighet att undersöka betydligt äldre försöksplatser. De skilda resultaten för korn efter korn/vete

resp. för korn efter havre/oljeväxter är ju också en antydning om att den plöjningsfria odlingen kan ha gynnat vissa växtföljdssjukdomar mer än den konventionella bearbetningen. För höstvetete är resultaten mer svårtolkade eftersom förfruktspåverkan i alltför hög grad sammanfaller med mängden skörderester.

I svenska försök med varierande packningsgrader till olika grödor vid konventionell bearbetning påvisades ett lägre packningsgradsoptima för oljeväxter än för stråsäd (Håkansson, 1983). Det genomsnittligt något lägre relativtalen för höst- och våroljeväxter i jämförelse med stråsäd i tabell 1, kan därför bl.a. antas bero på oljeväxternas större känslighet för den ökade kompaktheten i matjorden som vanligtvis blir följden av plöjningsfri odling (se bild i del II).

Det är en allmän uppfattning att sockerbeter växer bäst i lucker jord och det har även visats i olika sammanhang (Drew & Goss, 1972; Jaggard, 1977; Van Ouwerkerk & Lumkes, 1984). I de svenska försöken, som huvudsakligen utförts på moränjord, har också betorna i det plöjningsfria ledet uppvisat mycket klara symtom på packningsstress i form av en ökad förgreningstendens. Den större relativa skördereduktionen för sockerbeter i jämförelse med för stråsäd som redovisas i tabell 1 borde därför även, liksom för oljeväxterna, bl.a. kunna hänföras till en mer uttalad känslighet för kompakt jord. I den tidigare refererade undersökningen (Håkansson, 1983) konstaterades däremot ej något behov av luckrare jord för sockerbeter i förhållande till stråsäd, varför orsakerna till det stora skördebortfallet vid plöjningsfri odling om möjligt bör utredas vidare.

Antalet skördeår med vårvetete, potatis och vall är hittills för begränsat för att utgöra underlag för ytterligare kommentarer. Påpekas emellertid att även Ekeberg (1986), från 15 st ettåriga försök genomförda i Norge under åren 1978-85, redovisar en genomsnittlig skördeökning på 4 % vid enbart ytlig bearbetning till potatis.

Jordpackning. Markfysikaliska studier tillsammans med rotstudier tyder på att skörderesultaten med plöjningsfri odling avsevärt borde kunna förbättras om jordpackningen kunde reduceras (se nr II och III), vilket också bekräftar av resultaten från en försöksserie där effekten av normal och skonsam jordpackning studeras som bifaktor till de båda huvudleden konventionell bearbetning och plöjningsfri odling. I ledet med normal jordpackning eftersträvas en packningsintensitet som erhålles i ett bearbetningssystem med enkelmontage på traktorn. I det skonsamt packade ledet används istället dubbelmontage så långt detta är möjligt. Serien omfattar två st försök, nr 253/74 på Lönnstorp och nr 238/77 på Öjebyn. I tabell 2 redovisas försöksplatsvis det genomsnittliga skördeutfallet för stråsäd och oljeväxter. Resultaten för övriga grödor som odlats på försöksplatserna, bl.a. sockerbeter och potatis, är ej direkt jämförbara och ej heller är antalet skördeår med dessa grödor av tillräcklig omfattning som underlag för meningsfull redovisning.

Trots att vare sig moränlättileran på Lönnstorp eller molättileran på Öjebyn är extremt packningskänsliga jordarter så framstår entydigt det positiva av att behandla det plöjningsfria ledet skonsamt. I uppsats nr III framläggs resultat som visar att det bör finnas möjligheter att än mer höja skördeutfallet vid plöjningsfri odling om packningen reduceras ytterligare.

Tabell 2. Skörderesultat i kg/ha och rel. tal, med enkel- resp. dubbelmontage, vid konventionell (P) och plöjningsfri (PF) odling  
*Crop yield in kg/ha and in relative values, for single and twin mounted tractor tires during conventional (P) or ploughless (PF) tillage*

Plats, nr Site, no jordart, soil type	Län County	Skördeår Years of harvest	Konventionell (P)			Plöjningsfri			Samspel Inter- action	Signif. P vs. PF
			enkel single	dubbel twin	signif.	enkel single	dubbel twin	signif.		
Lönstorp, 253/74 <sup>1)</sup> Δ LL, clayey till	M	8 <sup>2)</sup>	4820	101	-	94	97	-	-	*
Öjebyn, 238/77 mo LL, clay loam	BD	6 <sup>3)</sup>	3150	98	-	89	93	-	-	*
Totalt Total		14	3930	100	-	92	96	-	-	**

1) Anläggningsår. Year of start.

2) H-vete 3 år, korn 4 år, h-oljeväxter 1 år. Winter wheat 3 years, spring barley 4 years, winter oilseeds 1 year.

3) Korn 4 år, havre 2 år. Spring barley 4 years, oats 2 years.

Olika halmbehandling. I försöksverksamheten med plöjningsfri odling har endast konventionella redskap använts. Av dessa är det framför allt såmaskinerna, med 12-13 cm radavstånd, samt med- och hjulharvarna som varit känsliga för en enbart yttlig inblandning av skörderesterna. Störningar i form av "halmstoppar" har varit vanligen förekommande, speciellt vid höstsådd om förfrukten varit stråsäd. Störningarna på hösten har också förstärkts av om tiden mellan skörd och sådd varit kort. Vid vårsådd, då nedbrytningsprocesserna pågått under en längre tidsperiod, är det i första hand efter goda skördar av höstvetete och havre som såbäddsberedning och sådd ej kunnat genomföras optimalt.

En vår- eller höstsådd som utförts plöjningsfritt trots att mängden skörderester varit för stor har nästan alltid resulterat i en ojämn plantetablering och därigenom en lägre skörd. Ett ojämnt och luckigt bestånd försämrar också grödans konkurrensförmåga mot ogräs. Vid riklig halmförekomst krävs också ett ökat antal stubbearbetningar, vilket medför en ökad risk för packningsskador. Även vissa växtskadegörarens uppförökning och överlevnad kan som tidigare nämnts, gynnas av om stora mängder skörderester behålls på ytan. Kunskapen kring de patologiska effekterna är emellertid bristfällig för svenska förhållanden och behöver undersökas ytterligare.

Då dagens konventionella utrustning för såbäddsberedning och sådd används vid plöjningsfri odling får således mängden skörderester ej vara riklig. Helst bör halmen bärgas och stubbhöjden bör vara låg. Vid kraftig och hög stubb är det till höstsådd oftast inte tillräckligt att bara bärga halmen, eftersom stubben tekniskt sett är svårare att bemästra än halmen. Om skörderesterna lämnas kvar erhålls bästa resultatet om dessa hackas, fördelas jämnt och omedelbart efter skörd blandas in i matjordens ytskikt. Ett ökat stubbearbetningsdjup underlättar givetvis efterföljande arbeten med såbäddsberedning och sådd, men i gengäld så ökar bearbetningskostnaderna. I tabell 3 redovisas resultaten från en försöksserie där halmen, i plöjt resp. oplöjt led, antingen hackats och lämnats kvar eller bärgats. Serien omfattade från början fyra försök, nr 381/74 på Lanna, nr 86/75 på Rudsberg, nr 3/75 på Bjällösa och nr 201/77 på Knistad. För närvarande pågår endast försöket på Lanna. Bjällösa-försöket avslutades år 1984, Knistadförsöket år 1985 och försöket på Rudsberg år 1986. Växtföljden har varit stråsädesdominerad med oljeväxter som omväxlingsgröda och som vanligaste förfrukten till höstvetete. Höstvetete har dock ej odlats på Knistad. Försöket på Knistad avviker också från de övriga tre genom att uppvisa ett genomsnittligt bättre skörderesultat i det plöjningsfria ledet om skörderesterna lämnats kvar. En möjlig förklaring kan vara att på denna extremt struktursvaga och kapillära jord har halmens positiva inverkan på strukturabilitet och vattenhushållning varit av större betydelse än på de övriga försöksplatserna. I del II och III redogörs närmare för den plöjningsfria odlingens effekter på strukturabiliteten i ytskiktet och på evaporationshastigheten.



Tabell 3. Skörderesultat i kg/ha och rel. tal, efter olika halmbehandling, vid konventionell (P) och plöjningsfri (PF) odling  
*Crop yield in kg/ha and in relative values, after different straw treatments during conventional (P) or ploughless (PF) tillage*

Plats, nr Site, no jordart, soil type	Län County	Skördeår Years of harvest	Konventionell (P)			Plöjningsfri (PF)			Samspel Inter- action	Signif. P vs. PF
			bärgad baled	hackad chopped	signif.	bärgad baled	hackad chopped	signif.		
Lanna, 381/74 <sup>1)</sup> SL, heavy clay	R	12 <sup>2)</sup>	4900	101	-	91	89	-	-	**
Rudsberg, 86/75 mo mj LL, silty clay loam	S	11 <sup>3)</sup>	3700	99	-	109	106	**	-	*
Bjällösa, 3/75 c.LL, clayey till	E	8 <sup>4)</sup>	4350	98	-	95	88	**	-	**
Knistad, 201/77 mj LL, silty clay loam	R	7 <sup>5)</sup>	3050	104	*	113	115	-	-	-
<b>Totalt Total</b>		<b>38</b>	<b>4100</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>100</b>	<b>97</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>-</b>

1) Anläggningsår. Year of start.

2) H-vete 3 år, korn 3 år, havre 5 år, v-oljeväxter 1 år.  
*Winter wheat 3 years, spring barley 3 years, oats 5 years, spring oilseeds 1 year.*

3) H-vete 1 år, korn 4 år, havre 4 år, v-oljeväxter 2 år.  
*Winter wheat 1 year, spring barley 4 years, oats 4 years, spring oilseeds 2 years.*

4) H-vete 3 år, korn 2 år, v-oljeväxter 2 år, h-oljeväxter 1 år.  
*Winter wheat 3 years, spring barley 2 years, spring oilseeds 2 years, winter oilseeds 1 year.*

5) Korn 3 år, havre 2 år, v-oljeväxter 2 år.  
*Spring barley 3 years, oats 2 years, spring oilseeds 2 years.*

**Radmyllning.** Att mylla handelsgödsel ca 2-3 cm ned i såbotten jämfört med att bredsprida och harva ned har studerats som bifaktor i de båda huvudleden konventionell bearbetning och plöjningsfri odling på två försöksplatser med "lätt" jord, nr 200/75 på Källunda och nr 235/76 på Röbbäcksdalen. Källundaförsöket avslutades år 1984 medan det på Röbbäcksdalen fortfarande pågår. Skörderesultaten för höst- och vårstråsäd sammanslaget med ett skördeår med vårraps från Källunda och för vårstråsäd från Röbbäcksdalen presenteras i tabell 4. På Källunda har även odlats sockerbeter (1 år) och vall (2 år) och på Röbbäcksdalen potatis (2 år), foderraps (1 år) och vall (1 år). Samtliga grödor har gödslats varje år med N, P och K. Till höstvete har endast PK-gödselmedel myllats.

Tabell 4. Skörderesultat i kg/ha och rel. tal, vid bredspridning resp. radmyllning av handelsgödsel till konventionell (P) och plöjningsfri (PF) odling  
*Crop yield in kg/ha and in relative values, after broadcasting or placement of fertilizer during conventional (P) or ploughless (PF) tillage*

Plats, nr Site, no jordart, soil type	Län County	Skördeår Years of harvest	Konventionell (P)			Plöjningsfritt (PF)			Samspel Inter- action	Signif. P vs. PF
			bredspritt broadc.	myllat placement	signif.	bredspritt broadc.	myllat placement	signif.		
Källunda, 200/75 <sup>1)</sup> I sa Mo, sandy loam	L	5 <sup>2)</sup>	4320	104	-	96	100	-	-	-
Röbbäcksdalen, 235/76 I mj Mo, sandy loam	AC	6 <sup>3)</sup>	3150	103	-	95	105	-	-	-
<b>Totalt Total</b>		<b>11</b>	<b>3600</b>	<b>103</b>	<b>-</b>	<b>96</b>	<b>102</b>	<b>*</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

1) Anläggningsår. Year of start.

2) H-vete 2 år, korn 2 år, v-oljeväxter 1 år. *Winter wheat 2 years, spring barley 2 years, spring oilseeds 1 year.*

3) Korn 6 år. *Spring barley 6 years.*

Motivet till att försöksserien startades i mitten av 1970-talet var att undersöka om den förmodade försämringen av tillgängligheten av främst fosfor och i viss mån även kalium (p.g.a. en förväntad ytlig anrikning) kunde förbättras av en djupare gödselplacering. Som framgår av tabell 4 så motsäger resultatet från Röbbäcksdalen inte det förväntade. Med beaktande av att endast ett skördeår svarar för den positiva myllningseffekten i det plöjda ledet på Källunda mot samtliga utom ett i det plöjningsfria så kan även resultatet från Källundaförsöket anses vara i överensstämmelse med detta antagande. Något mot detta talar emellertid resultaten från markkemiska undersökningar som genomfördes i några av de långliggande försöken efter ca 10 år med plöjningsfri odling (se nr II) och i Källundaförsöket då detta avslutades. Resultaten visar att reduktionen av lättlösligt fosfor och kalium, som i huvudsak ägt rum i matjorden och under stubbearbetningsdjup, är att betrakta som förhållandevis ringa. Något mot talar också att mängden lättlösligt fosfor på Källunda i det plöjningsfria ledet i nivån 10-20 cm vid försöksperiodens slut var tämligen hög (7.4 mg/100 g lufttorr jord = klass III), varför någon fosforbrist ej borde ha uppstått. Mängden lättlösligt kalium i samma nivå och vid samma provtagningstillfälle var något lägre (klass II), men differensen mellan plöjt och oplöjt var endast 0.5 mg/100 g lufttorr jord.

En troligare orsak till att radmyllning genomsnittligt medfört högre skördeökning i det plöjningsfria ledet kan enligt författaren vara det faktum att vid lika utförd såbäddsberedning i plöjt och oplöjt led, vilket varit fallet, så uppstår en grundare och grövre såbädd i det oplöjda (se del II). Då dessa båda skillnader är till nackdel för en såbädds förmåga att behålla vatten så borde därför en placering av handelsgödsel i fuktig bearbetningsbotten gynna grödan mer i det plöjningsfria ledet.

Kultivator eller tungt tallriksredskap? Om frågan skulle besvaras enbart utifrån hur väl de båda redskapen skapar förutsättningar för efterföljande såbäddsberedning, blir svaret att både kultivator och tallriksredskap bör användas och att kultivering är lämpligast utföres före bearbetningen med tallriksredskapet. På så sätt tillvaratages redskapens resp. fördelar mest optimalt; kultivatorns bättre förmåga att lösgöra lämplig mängd jord och tallriksredskapets bättre förmåga att "skära igenom" och att blanda in skörderester.

Om frågan istället avser skördeutfallet så får svaret sökas i resultaten från 20 st ettåriga försök genomförda under åren 1978-81. På 13 st av försöken var grödan höstvetete och på de resterande höstoljeväxter. Förfrukten till höstvetetet var stråsåd i nio st försök, oljeväxter i två och ärter i två. Höstoljeväxterna såddes före ärter i fyra st försök, före potatis i två och före korn i ett. Huvuddelen av höstveteteförsöken genomfördes på platser där jordarten var styv lera och höstoljeväxtförsöken på platser med moränlättilera.

Resultaten visar att till höstvetete har kärnskörden inte påverkats av valet av redskap. Till höstoljeväxter däremot har bearbetning med kultivator resulterat i en signifikant högre avkastning (+280 kg/ha) än med tallriksredskap.

Mot bakgrund av att oljeväxter är betydligt packningskänsligare än höstvetete och att risken för packnings- och ältningskador är större med tallriksredskapet, så förefaller resultaten från försöksserien vara i överensstämmelse med de förväntade.

Kultivering till plogdjup. Under de senaste åren har allt fler lantbrukare, vid framför allt höstsådd under för plöjningen torra och besvärliga förhållanden, i allt större omfattning börjat ersätta plöjningen med en kultivering till plogdjup. Utvecklingen har möjliggjorts av att kultivatorerna blivit större, hållbarare och effektivare samtidigt som det ökade dragkraftsbehovet tillgodosetts genom den generella trenden mot större och starkare traktorer. Inom försöksverksamheten har kultivering till

plogdjup jämförts med ytlig stubbearbetning och plöjning i en serie som omfattar nio fleråriga försök, varav det första anlades redan på hösten 1974 (se tab. 5). Av försöken pågår för närvarande sex st. Försöket på Rossared avslutades år 1984 och försöken på Tönnersa år 1986. Växtföljden på försöksplatserna har varit representativ för resp. område. Djupkultiveringen har utförts i två etapper, varvid den första skett till ett djup av ca 15 cm.

Avkastningsmässigt har kultivering till plogdjup, i genomsnitt för stråsäd plus oljeväxter, på nästan samtliga försöksplatser överträffat den enbart ytliga bearbetningen (tab. 5). En i försöken registrerad effektivare kvickrotsbekämpning och en bättre förmåga att blanda in skörderester samt en förmodad positiv luckringseffekt kan antas vara de främsta orsakerna till avkastningsförbättringen med kultivering till plogdjup i förhållande till enbart ytlig stubbearbetning. Dessutom kan även tänkas att vissa effekter av såväl kemiska som patologiska faktorer förändrats i för grödan positiv riktning.

Tabell 5. Skörderesultat i kg/ha och rel. tal från försök med konventionell bearbetning (P), plöjningsfri odling (PF) och kultivering till plogdjup (KP). Stråsäd och oljeväxter

*Crop yield in kg/ha and in relative values from field experiments with conventional tillage (P), ploughless tillage (PF) and cultivation to ploughing depth with a deep tine (KP). Cereals and oilseeds*

Plats, nr <i>Site, no</i>	Län <i>County</i>	Skördeår <i>Years of harvest</i>	Konv. bearb. (P)	Plöjn. fri (PF)	Kultivering (KP)	Signif.
Ultuna, 141/74 <sup>1)</sup> SL, heavy clay	C	122)+13)	4300	102	103	-
Hov, 237/77 Δ LL, clayey till	Z	6	2920	91	97	-
Tönnersa, 221/77 l sa Mo, sandy loam	N	5 + 2	3670	90	93	-
Tönnersa, 246/78 sa Mo, sandy loam	N	6	4400	96	98	-
Rossared, 271/79 mo LL, clay loam	N	2	6485	90	94	-
Ugerup, 206/79 Δ sand, sandy till	L	6	3310	85	90	*, P vs. PF
Offer, 175/79 mj LL, silty clay loam	Y	4	3790	99	101	-
Hamrefältet, 3/80 mj LL, silty clay loam	W	4 + 1	3550	96	96	-
Vojakkala, 235/81 l Mo, sandy loam	BD	2	3065	95	92	-
Totalt, Total		51	3860	95	97	*, P vs. PF *, PF vs. KP

1) Anläggningsår. *Year of start.*

2) Stråsäd. *Cereals.*

3) Oljeväxter. *Oilseeds.*

Plöjning vart annat eller vart fjärde år . Möjligheterna att tillämpa ett kombinerat bearbetningssystem, d.v.s. ett system med både konventionell bearbetning och plöjningsfri odling, har studerats inom länsförsöksverksamheten i Skåne under åren 1975-85 i sex st fleråriga fältförsök. På tre av försöksplatserna var jordarten moränmo, på två moränlättilera och på ett moränmellanlera. Försöken anlades och avslutades ej samtidigt. I genomsnitt har varje försök pågått i nära 7 år och med en 4-årig växtföljd (höstvete, sockerbetor, korn, höstoljeväxter). Försöksplanen var enligt följande:

A = Konventionell bearbetning varje år.

B = Konventionell bearbetning till h-vete och korn, övriga år plöjningsfri odling.

C = Konventionell bearbetning till h-vete, övriga år plöjningsfri odling.

D = Plöjningsfri odling varje år.

Av tabell 6 framgår att plöjning vart annat eller vart fjärde år ej nämnvärt förändrat resultaten jämfört med plöjningsfri odling varje år. Med dagens kunskap om skördeutfallen med plöjningsfri odling till olika grödor och efter olika förfrukter (tab. 1), kan i efterhand konstateras att det hade varit lämpligare om plöjningen utförts till de båda packningskänsliga grödorna sockerbetor och höstoljeväxter.

I de i tabellerna 2, 3, 4 och 5 presenterade försöksserierna har också ingått ett huvudled med plöjning "vissa" år. I genomsnitt har detta led plöjts vart tredje år i serien med olika gödselplacering (tab. 4), vart fjärde år i serien med olika jordpackning (tab. 2) och i serien med kultivering till plogdjup (tab. 5) och vart femte år i serien med olika halmbehandling (tab. 3). Plöjningen har huvudsakligen utförts till vårsådda grödor.

Om packningen varit skonsam, om halmen bärgats och om gödseln myllats har ledet med plöjning "vissa" år ej förändrat det genomsnittliga skörderesultatet för stråsäd plus oljeväxter jämfört med om plöjningsfri odling tillämpats varje år. Om däremot packningen varit normal (enkelmontage), halmen hackats och brukats ned och gödseln bredspritts har den återkommande plöjningen i alla tre serier i genomsnitt för motsvarande grödor höjt den relativa skördenivån med tre procentenheter. Höjningen är emellertid endast signifikant (på 5-% nivån) i serien med olika halmbehandling. I serien med kultivering till plogdjup har det kombinerade ledet för stråsäd plus oljeväxter medfört en signifikant ( $0.05 > P > 0.01$ ) resultatförbättring på två procentenheter i förhållande till enbart ytlig bearbetning, d.v.s. samma resultat som med kultivering till plogdjup varje år (se tab. 5).

Tabell 6. Skörderesultat med olika bearbetningssystem från 6 st fleråriga försök i Skåne under åren 1975-85 med en 4-årig växtföljd (höstvet, sockerbetor, korn och höstoljevaxter)

*Crop yields from 6 field experiments with different cultivation treatments carried out in Skåne (S. Sweden) on sandy loams or clayey tills with winter wheat - sugarbeet - spring barley and winter oilseed rape in a 4-year rotation. A = Conventional tillage annually. B = Conventional tillage for winter wheat and spring barley. Otherwise ploughless tillage. C = Conventional tillage for winter wheat, otherwise ploughless tillage. D = Ploughless tillage annually*

Led Treatment	Gröda Crop			
	H-vete (12)1) W. wheat kg/ha	S-betor (9) Sugarbeet ton/ha	Korn (9) S. barley kg/ha	H-oljev. (9) W. oilseed kg/ha
A = plöjning varje år	6350	47.6	5160	3170
B = plöjning till h-vete och korn	100	97	99	92
C = plöjning till h-vete	99	95	96	88
D = plöjningsfri odling varje år	99	95	99	92
Signif.	-	-	-	* A vs. B o. D ** A vs. C

1) Antal skördeår. *Numbers of harvest years.*

Ogräs. Någon extra kemisk bekämpning har som regel inte utförts i oplöjda led. Överlag gäller emellertid att om det från början funnits rotoqräs på försöksplatsen, i synnerhet kvickrot (*Elymus repens* (L.) Gould), så har den plöjningsfria tekniken varit underlägsen den konventionella i förmåga att förhindra en uppförökning av dessa. I några av försöken har också en alltför riklig kvickrotsförekomst i det plöjningsfria ledet nödvändiggjort separat glyfosfatbekämpning.

Under den senaste 12-års perioden har i försöken ett stort antal ogräsräkningar samt visuella graderingar, jämnt fördelade i tid och rum, utförts. Kvickrotsräkningarna (22 st) och graderingarna (56 st) visar båda i medeltal på dubbelt så stor förekomst i det plöjningsfria ledet. Fröogräsen har också ökat men ej i samma omfattning. I medeltal från 90 st räkningar är antalet /0.25 m<sup>2</sup> i plöjt led = 27 st och i oplöjt = 34 st. Även om ökningen är drygt 25 % så har mängden fröogräs ej upplevts som mer besvärande vid plöjningsfri odling än vid konventionell bearbetning.

Vid skifte av bearbetningssystem så förändras som regel alltid också ogräsproblematiken, vilket i sin tur kräver en modifiering av bekämpningsstrategin. Eftersom plögen är ett utmärkt ogräsbekämpningsredskap och eftersom i stort sett inga direkta åtgärder vidtagits i syfte att kompensera den uteblivna ogräseffekten av plöjningen, så är det inte förvånande att ogräsmängden i medeltal ökat vid plöjningsfri odling. Sammanfattningsvis kan dock konstateras att i ett kortare tidsperspektiv, 1-5 år, så har i de flesta fall dagens plöjningsfria odlingsystem fungerat utan påtaglig negativ ogräspåverkan och utan ökad användning av kemiska bekämpningsmedel.

Plöjningsfri odling på olika jordarter. Av figur 1 framgår hur den relativa skörden för korn plus höstvetete varierat beroende på jordart. Härvidlag har inte förelegat någon skillnad mellan de två sädesslagen. Bra resultat med plöjningsfri odling har uppnåtts på platser med mulljord, lerig moränmo, mjälalättlera och styv lera. Med undantag av resultatet på mjälalättleran så kan storleken på staplarna i figuren i stort sett sägas vara omvänt proportionella mot respektive jordarts relativa känslighet för packning. I diskussionsavsnittet i uppsats nr II redogörs för ett tillvägagångssätt att bedöma olika jordars lämplighet för plöjningsfri odling och i detta tas mycket stor hänsyn till packningskänsligheten. Orsaker till mjälalättlerans avvikande resultat diskuteras både i uppsats nr II och nr III.

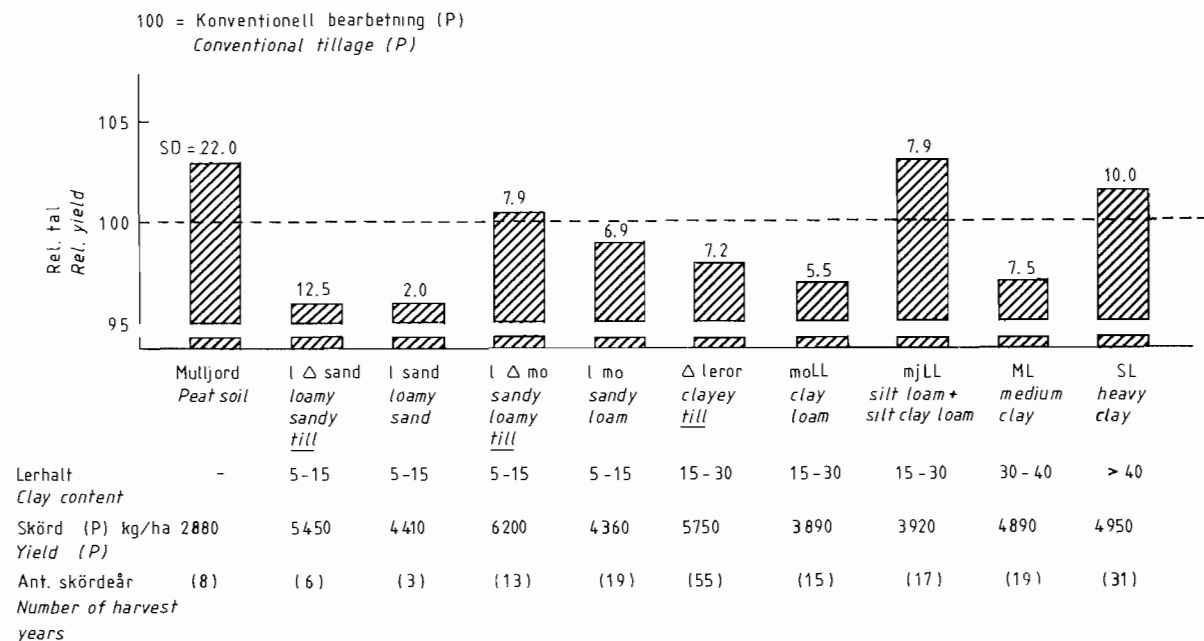


Fig. 1. Relativa skörden vid plöjningsfri odling på några olika jordarter. Medelvärden för korn och höstvetete.  
Relative yield from ploughless tillage on different soils. Mean values for spring barley and winter wheat.

Årsmånspåverkan. Resultaten med plöjningsfri odling har även varierat år från år. I figur 2 illustreras de årsvisa skörderesultaten för korn och höstvetete. Det går naturligtvis inte att hävda att variationen enbart orsakats av skilda väderleksförhållanden eftersom också andra faktorer av betydelse, exempelvis jordart och förfrukt, ej varit desamma från år till år. Möjligen kan således de positiva resultaten för höstvetete år 1985 och 1986 även till vissa delar bero på att förfrukten nästan samtliga skördeår varit oljevaxter. Å andra sidan motverkas detta av att merparten av försöken genomförts på platser med moränsand och morän lättlera, d.v.s. jordarter som varit mindre lämpliga för plöjningsfri odling. För korn- och höstveteresultaten i övrigt kan emellertid utan reservationer påstås att den huvudsakliga variationsorsaken inte utgjorts av skillnader i jordarter och/eller förfrukter mellan åren utan att årsmånerna haft en reell och från konventionell bearbetning skild inverkan på den plöjningsfria odlingen. Bevis för detta utgör också den påtagliga samstämmigheten mellan resultaten

för korn resp. höstvetete. Speciellt år 1978 har varit ett för plöjningsfri odling ogynnsamt år. En förklaring kan vara att den sista stubbearbetningen hösten 1977 i många fall i oplöjt led genomfördes under allför våta förhållanden, med packnings- och ältningsskador som följd. Likaså var vegetationsperioden under år 1978 relativt fuktig, vilket kan ha gynnat vissa växtskadegörare och växtsjukdomar mer i oplöjt led än i plöjt.

I uppsats nr III visas att om vårbruket följs av en nederbördsfri period så medför den plöjningsfria odlingen endast en marginell reduktion av evaporationen. Om däremot nederbörd faller efter vårbruket och en torrperiod följer därpå så kan betydligt större positiva effekter på vattenhushållningen påräknas. Positiva effekter av nederbörd plus en efterföljande torrperiod torde erhållas ända fram tills att grödan täcker markytan. Både år 1981 och 1986 har den plöjningsfria odlingen i medeltal resulterat i högre skördar än konventionell bearbetning och framför allt till korn. Båda åren har också vårbruksperioden på många av försöksplatserna följts av en regnperiod som i sin tur avlösts av en längre period (ca 15-20 dagar) av varmt och torrt väder, d.v.s. förhållanden som vattenhushållningsmässigt gynnat oplöjt led och av naturliga skäl mer vid vårsådd än vid höstsådd.

Det framhålls av vissa, bl.a. Cannell et. al. (1979) och Ekeberg (1986), att enbart torra förhållanden i sig kan vara en bidragande orsak till högre skördar med plöjningsfri odling, men med hänvisning till resultaten som redovisas i uppsats nr III så torde detta vara en mindre fullständig tolkning av orsakssammanhangen. Av åren 1976-86 kan endast 1976 års vegetationsperiod betraktas som torr och som framgår av figur 2 har detta inte medfört någon förbättring av det genomsnittliga skörderesultatet för vare sig korn eller höstvetete.

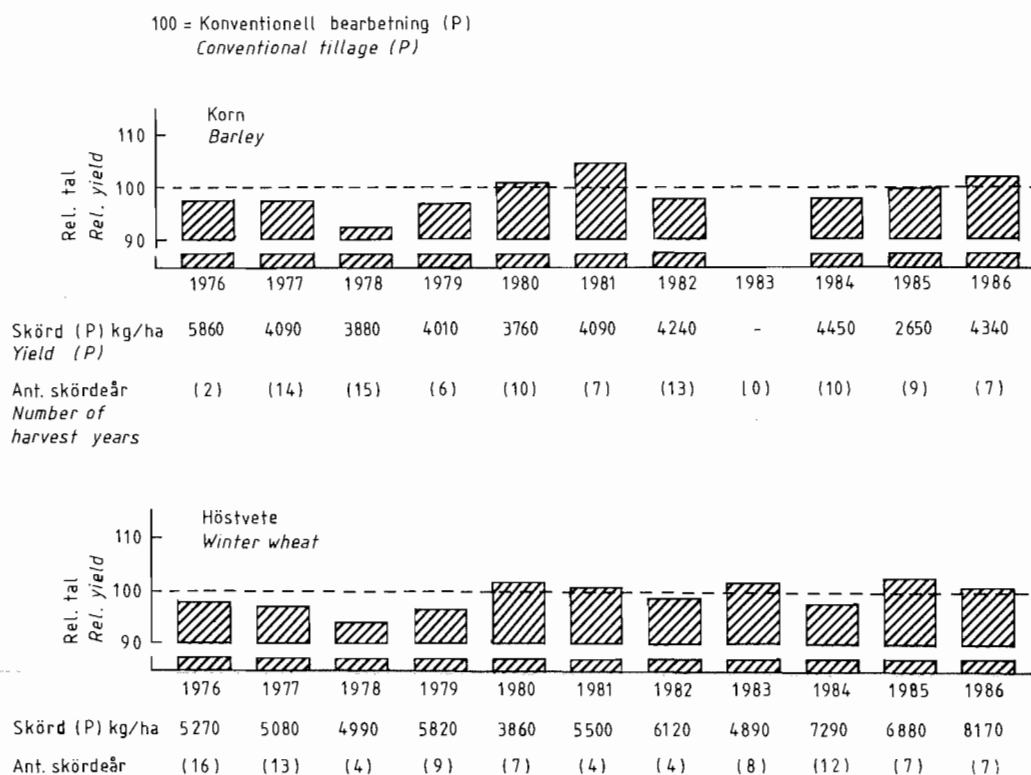


Fig. 2. 1976-86 års korn- och höstveteförsök med plöjningsfri odling. Skörde-  
resultat.  
*Spring barley and winter wheat experiments with ploughless tillage,  
1976-86. Harvest results.*

## Slutsatser

Utifrån redovisade resultat och erfarenheter kan konstateras att plöjningsfri odling i Sverige idag kan bli framgångsrik om följande beaktas.

1. Jordpackningen får inte vara för stark. Dubbelmontage bör användas i största möjliga utsträckning.
2. Skörderesterna får ej försvåra bearbetningar och sådd. Kravet på en optimal såbädd måste alltid gälla.
3. Rotogräs bör ej förekomma.
4. Radmyllning av handelsgödsel har oftare höjt skörden vid plöjningsfri odling än vid konventionell bearbetning.
5. Skördereduktionen efter en "dålig" förfrukt tycks vara något större efter plöjningsfri odling än vid konventionell bearbetning.
6. Relativt bäst resultat har erhållits på kapillära jordar och mindre bra på packningskänsliga sand- och sandmoränjordar.

## MARKFYSIKALISKA OCH MARKKEMISKA EFFEKTER AV PLÖJNINGSFRI ODLING

Redan vid den första större sammanställningen av skörderesultaten (Rydberg, 1980 a) framkom vissa oväntade resultat. Mest förvånande var de positiva resultaten på de struktursvaga och kapillära jordarna och de negativa på de väl-dränerade och kalkrika baltiska moränjordarna. Enligt en engelsk undersökning av olika jordars lämplighet för direktsådd (Cannell et al., 1978) borde resultaten varit omvända. Visserligen är direktsådd och plöjningsfri odling ej samma sak, men likheterna är så många att de bör kunna jämnställas i detta avseende. Förvånande var också de skilda resultaten under en följd av år på två till synes lika försöksplatser på styv lera.

För att förbättra kunskapen om den plöjningsfria odlingens långsiktiga effekter under svenska förhållanden genomfördes under åren 1980-84 markfysikaliska och markkemiska undersökningar, i ett försök på moig mjällig lättlera (nr 86/75 på Rudsberg), i ett försök på moränlera (nr 253/74 på Lönnstorp) och i de ovan nämnda två försöken på styv lera (nr 381/74 på Lanna och nr 141/74 på Ultuna).

De markfysikaliska studierna visade bl.a. att kompaktheten i centrala matjorden ökade, att den mättade vattengenomsläppligheten i matjordens bottenlager och i alvens översta del förbättrades, att infiltrationshastigheten i fält avtog, att såbädden blev något grundare och grövre och att aggregatstabiliteten i såbädden förbättrades vid plöjningsfri odling. I ett pilotprojekt uppmättes också en reducerad evaporationshastighet om vårsådden följdes av nederbörd (ca 15 mm) plus en två veckors torrperiod.

Efter ca 10 år med plöjningsfri odling noterades en ökning av halten lättlösligt fosfor och kalium i ytskiktet och en minskning i matjordens centrala och nedersta del. Även mullhalten ökade klart i ytskiktet och minskade något i centrala och nedersta delen av matjorden. Den plöjningsfria odlingen tycktes ej nämnvärt ha påverkat procenten mull och halterna av fosfor och kalium i alven. Något samband mellan pH och bearbetningsmetod påvisade ej vare sig i matjord eller alv.



Utifrån resultaten av de markfysikaliska och markkemiska undersökningarna konstateras, att för svenska förhållanden erhålls ett acceptabelt indicium på om förutsättningar för plöjningsfri odling föreligger eller ej, om de negativa effekterna av en ökad kompaktet i centrala matjorden vägs mot de positiva av ett förbättrat avdunstningsskydd och en ökad genomsläpplighet (porkontinuitet, rotframkomlighet) i matjordens bottenlager och alvens översta del. Effekterna av övriga förändringar anses i detta sammanhang vara av mindre betydelse.

Avslutningsvis i uppsats nr II rekommenderas att det fortsatta arbetet med att optimera resultaten med plöjningsfri odling bör inriktas på åtgärder som markant reducerar den skadliga packningen och på att utveckla en ny såmaskinskonstruktion som kan utföra en optimal utsädesplacering utan att skörderesterna behöver bärgas eller brännas.

## **PLÖJNINGSFRI ODLING -- DESS INVERKAN PÅ ROTUTVECKLING OCH EVAPORATION**

Av de i uppsats nr II redovisade fysikaliska och kemiska förändringarna framhålls en ökad kompaktet i centrala matjorden som den största negativa effekten av plöjningsfri odling. Den ökade kompakteten har bl.a. visat sig kunna ha en mycket hämmande inverkan på rotutvecklingen och orsaken antas i första hand vara ett högre mekaniskt motstånd. Som de största positiva effekterna framhålls en reducerad evaporationshastighet och därav en förbättrad vattenhushållning, samt en ökad genomsläpplighet (porkontinuitet, rotframkomlighet) i plogsulan. Då den gjorda rangordningen av effekternas betydelse har ett stort inflytande på det fortsatta arbetet med att optimera den plöjningsfria odlingen, då rotstudierna endast utförts i matjorden och i ringa omfattning, då de direkta bevisen på evaporationsreduktionen endast härrörde från ett pilotprojekt och då inga internationella arbeten om evaporation i samband med enbart ytliga bearbetningar hade påträffats, gjordes bedömningen att den plöjningsfria odlingens effekter på rotutveckling och evaporation borde undersökas ytterligare.

Under år 1985 har därför den enbart ytliga bearbetningens effekter på rotutveckling och evaporation varit föremål för utökade studier. Rotutvecklingen studerades (skiktvis i fält manuell friläggning) i juni och juli på fyra st. försöksplatser; nr 141/74 på Ultuna (SL), nr 357/83 på Säby I (SL), nr 358/83 på Säby II (moLL) och nr 3/80 på Finnbo (mjLL). Evaporationen mättes på utborrade lysimetrar (höjd=40 cm, diam.=30 cm) från försöken på Ultuna, Säby I och Finnbo. Jorden i lysimetrarna var naturligt lagrad och som mått på evaporationen användes lysimetrarnas viktminskning. Evaporationsstudierna omfattar fyra serier (I-IV). I serie I registrerades evaporationsförloppet efter vårbruk utan nederbörd och i serie II efter vårbruk följt av nederbörd. I serie III renodlades effekten av i såbädden inblandade skörderester, både utan och efter nederbörd, och i serie IV mättes evaporationen exkl. såbädd. Samtliga undersökningar omfattar en jämförelse av de båda huvudleden konventionell bearbetning (P) och plöjningsfri odling (PF). Rotstudierna på Säby I och II omfattar även ledet plöjningsfri harvsådd (PFH). I detta led har den konventionella såbäddsberedningen och sådden ersatts medelst harvsådd. Inga skörderester har bortförts från de undersökta försöksplatserna, men halmen har hackats i samband med skörd. Växtföljden har på försöksplatserna under den senaste 10-års perioden varit stråsådesdominerad och växtnäringstillförseln har skett enligt gällande rekommendationer. År 1985 var grödan vårvete på Ultuna, korn på Säby I och II och havre på Finnbo. Resultaten sammanfattas i det följande.

- Rottillväxten har genomgående hämmats i centrala matjorden vid plöjningsfri odling (PF) och hämningen tillskrivs i första hand ett alltför högt mekaniskt motstånd. De negativa effekterna var mest påtagliga på Finnbo och Säby II, d.v.s. på de två försöksplatser med "lätt" jord, något mindre på Säby I och minst på Ultuna. Som sannolik förklaring till de mindre negativa effekterna på Ultuna i jämförelse med på Säby I, framhålls en tidsmässigt längre ostörd strukturutveckling; 10 år på Ultuna mot endast 3 år på Säby I.
- Vid plöjningsfri harvsådd (PFH) förbättrades rotutvecklingen i centrala matjorden gentemot ledet med normal plöjningsfri odling (PF), men den var dock ej lika riklig som vid konventionell bearbetning (P).
- I samtliga försök noterades i alla avseenden en sämre rotutveckling på plogsuledjup i det plöjda ledet. Störst förbättring av utebliven plöjning konstaterades på Ultuna. På både Säby I och II var de negativa effekterna minst uttalade i ledet med plöjningsfri harvsådd.
- Registrerade ledskillnader i tillväxt och förgreningstendens i alven hänförs i rapporten i första hand till rotsystemets fantastiska förmåga att, då möjlighet föreligger efter behov kunna kompensera en tidigare hämmad rotframkomlighet.
- Rotutvecklingen har på ett mycket iögonfallande sätt gynnats av befintliga sprickor, maskkanaler och övriga porer. Sprickornas storlek var oftast mindre vid utebliven plöjning, medan antalet maskkanaler oftast var större. På Säby I och II och Finnbo uppskattades antalet maskkanaler till det dubbla i de oplöjda leden i jämförelse med i det plöjda.
- I serie I, evaporationsförloppet efter vårbruk utan nederbörd, noterades inga signifikanta ledskillnader vid mätperiodens slut. I genomsnitt var emellertid den kumulativa evaporationen något lägre i det plöjningsfria ledet på samtliga tre försöksplatser.
- I serie II, evaporationsförloppet efter vårbruk som följts av nederbörd, uppmättes på alla försöksplatser en signifikant lägre kumulativ evaporation i det plöjningsfria ledet. Orsaken anses främst vara den tidigare upptorkningen av ytskiktet i det plöjningsfria ledet. Den tidigare upptorkningen förklaras i sin tur i första hand med att en minskad igenslamning av såbädden underlättat dräneringen samtidigt som den försämrat möjligheten för kapillär upptransport.
- I serie III, där skörderesternas effekt på evaporationen renodlats, konstaterades signifikant lägre kumulativ evaporation med skörderester inblandade i såbädden både utan och efter bevattning. Den totala evaporationen liksom skillnaden mellan med och utan skörderester var avsevärt större efter bevattning. Skörderesternas positiva effekt på vattenhushållningen var större på mjälalättleran från Finnbo än på den styva leran från Ultuna.
- I serie IV påvisades att även de strukturella förändringar som uppstått vid plöjningsfri odling i lagren under såbädden var av sådan karaktär att de reducerade evaporationshastigheten.

Resultaten från rotstudierna och evaporationsmätningarna motsäger på intet sätt de slutsatser som drogs utifrån de markfysikaliska och markkemiska undersökningarna, nämligen för det första att den största nackdelen med plöjningsfri odling är en ökad kompaktet i centrala matjorden och för det andra att de största fördelarna är ett förbättrat avdunstningsskydd och en ökad genomsläpplighet (porkontinuitet, rotframkomlighet) i matjordens nedre och i alvens översta del. Resultaten motsäger därför

inte heller de rekommendationer som gavs i syfte att på ett effektivare sätt utnyttja de potentiella möjligheterna med plöjningsfri odling, nämligen att det praktiska genomförandet måste förändras så att packningsskadorna minimeras och att en ny såmaskinskonstruktion, som bemästrar skörderesterna, utvecklas.

## PLÖJNINGSFRI ODLING I FRAMTIDEN

Den plöjningsfria odlingen i Sverige utgör idag endast ett komplement till den konventionella bearbetningen, men är som sådant till stor hjälp och nytta för många lantbrukare. Den tillämpas framför allt till höstsådd och motivet är som regel att den konventionella tekniken vid dessa tillfällen är alltför tids- och energikrävande. Till vårsådd förekommer plöjningsfri odling i huvudsak om höstplöjningen av någon orsak ej kunnat genomföras. Under senare år kan dock konstateras att allt fler lantbrukare frivilligt provat den plöjningsfria tekniken på mjälalättleror även till vårsådd.

Vid plöjningsfri odling så förändras i stort sett samtliga effekter av markfysikaliska, markkemiska och markbiologiska tillväxtfaktorer, direkt eller indirekt. I det plöjningsfria odlingsystemet har ej någon hänsyn tagits därtill, utan detta har endast pressats in i det konventionella tänke- och bearbetningsförfarandet. Det är därför inte speciellt anmärkningsvärt att exempelvis packningsskador uppstått, att konventionella harvar och såmaskiner inte fungerat p.g.a. att skörderesterna ej plöjts ned, att ogräsmängden ökat och att växtföljdseffekterna delvis förändrats. Anmärkningsvärt är däremot att skörderesultaten i genomsnitt inte påverkats mer negativt samt att de i vissa situationer t.o.m. överträffat resultaten från det konventionella bearbetningssystemet.

Markfysikaliska studier tillsammans med resultaten från vissa försök har visat att den plöjningsfria odlingens potentiella möjligheter ytterst sällan utnyttjas optimalt i ett i övrigt konventionellt tillämpat bearbetnings- och odlingsystem. För att åstadkomma en reell förbättring av skörderesultaten och en ökad odlings säkerhet med plöjningsfri odling så måste bearbetningstekniken och odlingsformerna i övrigt i mycket större omfattning än vad som sker idag utformas och anpassas till det faktum att jorden inte årligen plöjs, d.v.s. helhetssynen måste förbättras. Om så inte sker kommer den plöjningsfria odlingen för all framtid att enbart utgöra ett, i och för sig värdefullt, men storleksmässigt tämligen blygsamt alternativ till den konventionella bearbetningen.

Som ett första led i ansträngningarna att optimera resultaten och för att ge tekniken en "ärlig" chans bör det närmast följande arbetet främst inriktas på att minska de negativa effekterna av för stark jordpackning, att eliminera de tekniska problemen vid såbäddsberedning och sådd samt på att finna lösningar som förhindrar en kraftigare uppförökning av ogräsen.

Vad beträffar jordpackningsproblemet så har den ökade kunskapen och medvetenheten om de negativa följderna av packning vid konventionell bearbetning bl.a. medfört att marknaden försetts med s.k. "lågprofildäck", vilka väsentligt reducerar marktrycket. Ett resultat som givetvis är mycket positivt även för den plöjningsfria odlingen, där i princip all packning måste betraktas som skadlig. Med harvsådd och med lågprofildäck vid samtliga arbetsoperationer så skulle risken för packningsskador reduceras betydligt. För att ytterligare minska denna risk och för att därigenom också förbättra utsikterna för plöjningsfri odling i ett längre tidsperspektiv vore dessutom en utveckling mot överlag mindre och lättare maskiner önskvärd.

Vid plöjningsfri odling idag måste, för att tekniken skall fungera störningsfritt, skörderesterna i många fall bärgas eller brännas. Därigenom elimineras emellertid en av de största fördelarna med att inte plöja, nämligen den att om skörderesterna behålls i ytskiktet så minskas igenslamningen och förbättras vattenhushållningen. Såbäddsberedningen kan på ett mycket tillfredsställande sätt genomföras med en rotor- eller pendelharv i stort sett oberoende av mängden skörderester, men fortfarande kvarstår behovet av en lämpligare såteknik. Erfarenheterna från den i uppsats nr III omnämnda såmaskinskonstruktionen är mycket lovande, men vissa mindre tekniska förändringar återstår att pröva innan dess möjligheter till fullo kan utvärderas.

Ogräsfrågan kan förvisso lösas genom en ökad användning av kemiska medel; ett alternativ som enligt många bör ges mycket låg prioritet. Mer tilltalande framstår åtgärder såsom förbättrade växtföljder, en växtförädling som i större utsträckning än idag beaktar konkurrensförmåga, en vidareutveckling av den mekaniska ogräsbekämpningstekniken och undersökningar av möjligheter att utnyttja biologisk ogräsbekämpning.

Positivt för den plöjningsfria odlingens framtidsutsikter skulle, utöver vad som ovan redovisats, även vara att förbättra kunskapen om dess effekter på olika växtskadegörare samt att undersöka om påverkan av kemiska nedbrytningsprodukter förändras. Viss information kring dessa frågor kan hämtas från internationella arbeten, men skillnader i främst grödval, växtföljder och klimat innebär att resultaten som regel ej är direkt applicerbara på svenska förhållanden.

Den plöjningsfria odlingens framtidsutsikter och möjligheter för vidareutveckling borde likaledes gynnas av en ökad insikt om fördelarna med att i större utsträckning tillvarataga de naturligt strukturuppbyggande processerna bl.a. då det gäller att komma till rätta med vissa s.k. problemjordar.

Slutligen kan tilläggas att en ökad förståelse för behovet av en helhetssyn för att undvika negativa miljökonsekvenser även torde öka förståelsen för behovet av helhetssyn vid plöjningsfri odling och därmed också förbättra utsikterna för en framgångsrik framtida tillämpning.

## **SUMMARY**

*This thesis is based on three publications (I. Rydberg, 1982; II. Rydberg, 1986; III. Rydberg & Öckerman, 1987). A new version of No. I, summaries of Nos. II and III and finally some thoughts about the future of ploughless tillage are presented.*

### Field experiments with ploughless tillage, 1975-86

#### *Introduction*

*The results and experiences of 350 harvest-years from 123 different trial sites where ploughless tillage is compared with conventional tillage are described. In the unploughed experimental plots, conventional autumn ploughing to 20-25 cm was replaced by two or three stubble cultivations to approximately 10 cm depth. Preparation of the seedbed and sowing were carried out using conventional methods. Straw was normally not removed from the plots but was chopped at harvest. The experiments were spread over the whole of Sweden but with most, however, in southern and central parts. Approximately 40 % of total harvest results are from till soil sites, 20 % from clay loams, silt loams or silty clay loams, 15 % from heavy clays, 10 % from medium clays, 10 % from sandy loams, 3 % from peats and approximately 2 % from loamy sand sites.*

#### *Results and experiences*

Crop and preceding crop. *On average, use of ploughless tillage gave reduced yields of winter wheat, spring barley, winter and spring oilseeds and sugarbeet and somewhat improved yields of oats, first year grass leys and potatoes. The average yields of spring wheat have to date been similar to those obtained under conventional cultivation (Table 1). The table also shows that results for winter wheat and spring barley are influenced by the preceding crop. Positive results were obtained for spring barley if the preceding crop was oats and for winter wheat if the preceding crop was peas. Yields of winter wheat when preceded by oilseeds were satisfactory. Spring barley and winter wheat were poor preceding crops for both themselves and each other.*

*Autumn sowing after a cereal crop often gave rise to technical problems of seedbed preparation due to excessive amounts of undecomposed organic wastes. Thus the yield reductions in Table 1 for ploughless tillage of winter wheat after spring barley, oats or wheat and of autumn oilseed if harvest wastes are not removed can partly be ascribed to poor establishment as a result of technical problems. Yield reduction were not thought to be due to presence of toxic products of decomposition.*

Soil compaction. *The positive effects on yield by reducing soil compaction during ploughless tillage are illustrated in Table 2.*

Different straw treatments. Only conventional implements were used in the experiments described. Of those, seed drills with 12-13 cm row spacing and S-tine harrows were most affected by crop residues on the soil surface. Obstructions occurred frequently especially during autumn sowing after a cereal crop. Obstructions during autumn tillage were greater if the interval between harvest and sowing was short. At spring sowing, when the decomposition process had been active for a longer period, seedbed preparation and sowing were generally only more difficult if preceded by good harvest of winter wheat or oats. Table 3 shows results from a series of 4 experiments where straw in ploughed and unploughed plots respectively was either chopped and left lying or removed. A possible explanation for the deviation in results on Knistad is that on this extremely unstable capillary soil, the positive effects of the straw on structure stability and moisture retention were greater than on other experimental sites.

Fertilizer placement. The effect of placing artificial fertilizer 2-3 cm into the seedbed was compared to the conventional system of broadcasting and harrowing on two experimental sites on light soils. On both sites, placement of fertilizer improved yields more frequently after ploughless tillage than after conventional.

Cultivator versus disc-harrow. These implements were compared in 20 one-year experiments during the period 1978-81. The crop used was winter wheat in 13 of these experiments and winter oilseed rape in the remaining 7. The majority of experiments involving winter wheat were carried out on heavy clay sites and those involving oilseeds on clayey tills. Results show that grain yield of winter wheat is not influenced by choice of implement. However for winter oilseed crops, use of cultivator as compared to the disc-harrow improved yields significantly (+ 280 kg/ha).

Cultivation to ploughing depth. Cultivation to ploughing depth with a chisel plough as compared to shallow stubble cultivation increased average yields of cereals and oilseed crops on almost all sites (Table 5). This effect was attributed mainly to better control of couch grass (*Elymus repens* (L.) Gould), better incorporation of harvest residues and improved soil loosening.

Ploughing every 2nd and 4th year. The application of a combined cultivation system, that is one combining conventional and ploughless tillage, was investigated using a 4-year crop rotation (winter wheat - sugarbeet - spring barley - winter oilseed) during the period 1975-85. Ploughing was carried out every second year (before winter wheat and spring barley) and every fourth year (only before winter wheat). Table 6 shows that neither of these combined systems produced any significant differences in yield compared to ploughless tillage annually. On the basis of results in Table 1, one can speculate that results would have been different if ploughing had preceded the sugarbeet or oilseed crops, which are sensitive to compaction.

Weeds. As a rule no additional treatment with herbicides was given in ploughless plots. Generally, if there was an initially high incidence of stoloniferous weeds on a site, ploughless tillage was less effective in controlling their spread than conventional tillage.

Soil type. Fig. 1 shows variation in relative yields of spring barley and winter wheat due to soil type. Good results were obtained on peats, sandy loamy tills, silty loams or silty clay loams and heavy clays. With the exception of the silty loams + silty clay loams, height of bars in this histogram (Fig. 1) can be said to be inversely proportional to compactability of each individual soil type.

Annual variation. The results of ploughless tillage varied also from year to year. Fig. 2 illustrates the yield results for barley and winter wheat for a number of years.

#### Effects of ploughless tillage on soil physical and soil chemical properties

The effects of ploughless tillage on physical and chemical properties of soils were investigated during the period 1980-84 in field trials on Ultuna (heavy clay), Lanna (heavy clay), Rudsberg (silty clay loam) and Lönnstorp (clayey till). The aim of these investigations was primarily to study the effects of 5-10 years shallow tilling on physical and chemical properties of soil.

Soil physical investigation revealed several differences between unploughed and ploughed treatments. Some effects of ploughless tillage were: increased degree of compaction in the middle topsoil; reduced rate of infiltration in field measurements; improved saturated hydraulic conductivity in the lower topsoil and upper subsoil; a shallower and somewhat coarser seedbed; improved aggregate stability in the seedbed. In a pilot experiment during the summer of 1984, it was also observed that the unploughed treatment offered a better protection against evaporation, particularly after rainfall.

After approximately 10 years of ploughless tillage, the content of lactate-extractable phosphorus and potassium has increased in the surface layer and decreased in the middle and lower layers of the topsoil. Organic matter content followed a similar pattern. Ploughless tillage has not significantly influenced the organic matter, P or K contents of the subsoil, and no relationship has been shown between tillage method and pH in either top- or subsoil.

An acceptable indication of when ploughless tillage may be applied under Swedish conditions is when the negative effects of increased compaction in mid-topsoil are counterbalanced by the positive effects of reduced evaporation and improved permeability in lower topsoil and upper subsoil.

#### The effects of ploughless tillage on root development and evaporation

The effects of reduced tillage on root development and evaporation was investigated in a research programme during 1985. Root development was studied during June and July after manual exposure of successive soil layers on 4 research sites: Ultuna (heavy clay), Säby I (heavy clay), Säby II (clay loam) and Finnbo (silty clay loam). Evaporation was measured on lysimeters of dimensions height = 40 cm, diameter = 30 cm, excavated from Ultuna, Säby I and Finnbo sites. Reduction in lysimeter weight was taken as the measure of

evaporation. Evaporation investigations consisted of 4 series (I-IV). In the first of these, the evaporation process after spring cultivation was registered in the absence of precipitation. In Series II, evaporation with precipitation after spring cultivation was measured. In Series III, the effect on evaporation of incorporating crop residues into the seedbed was measured both with and without precipitation. Finally, evaporation from soil from which the seedbed was removed was measured in Series IV. All measurements of evaporation in Series I, II and IV and all studies of root growth involved comparison between the two treatments conventional tillage (P) and ploughless tillage (PF). On Säby I and II, the root studies were also carried out after a third type of tillage, namely stubble cultivation followed by seedbed preparation and sowing in one pass, called "ploughless once-over sowing" (PFH). In this system, the seedbed was prepared with a PTO-driven harrow and sown with an ordinary drill coupled in tandem to the harrow. Results can be summarized as follows:

Root development was hampered in mid-topsoil in all cases where ploughless tillage (PF) was used.

Under the PFH system, root development in mid-topsoil was better than under the PF system but not as good as under conventional treatment. On all sites, root development was poorer in all respects immediately below the plough layer in ploughed plots.

Root development was favoured in a very striking manner by existing cracks, worm channels and larger pores in the soil. Cracks were often smaller after reduced tillage but the number of worm channels was often greater.

In Series I, evaporation after spring cultivation without precipitation, there were no significant differences between plots at the end of measurement period. In Series II, evaporation after spring cultivation with precipitation, cumulative evaporation was significantly lower from ploughless plots on all sites.

In Series III, which investigated the effects of harvest waste on evaporation, cumulative evaporation was significantly lower from those treatments which had the straw incorporated, whether without or with precipitation. The positive effect of straw incorporation on moisture conservation was greater on the silty clay loam of Finnbo than on the Ultuna heavy clay. Series IV showed that soil structural changes brought about by ploughless tillage in layers under the seedbed also acted to reduce rate of evaporation from the soil.

#### Ploughless tillage in the future

Increased implementation of ploughless tillage in practice is not likely to occur until tillage technology and growing systems are better adapted to deal with problems arising when soil is no longer ploughed annually. As a first step in improving future prospects for ploughless tillage, it is recommended that research in the immediate future should be concentrated on reducing negative effects of soil compaction, eliminating technical problems of seedbed preparation and sowing and improving weed control.



## LITTERATUR

- Brooks, D.H. & Dawson, M.G. 1968. Influence of direct-drilling of winter wheat on incidence of take-all and eyespot. - *Ann. Appl. Biol.*, 61, s. 57-64.
- Cannell, R.Q., Goss, M.J. & Ellis, F.B. 1979. The suitability of clay soils in England for growing winter cereals after direct drilling and shallow cultivation. - *Proc. 8th Conf. Int. Soil Tillage Res. Org., ISTRO, Hohenheim, West Germany*, s. 185-190.
- Cannell, R.Q., Davies, D.B., Mackney, D. & Pidgeon, J.D. 1978. The suitability of soils for sequential direct drilling of combine-harvested crops in Britain: a provisional classification. - *Outl. Agric.*, 9, s. 306-316.
- Cedell, T. 1985. Direktsådd - oljeväxter. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Kons. avd. rapporter, Allmänt 63, s. 23:1-12.
- Cook, R.J. & Rovira, A.D. 1976. The role of bacteria in the biological control of *Gaeumannomyces graminis* by suppressive soils. - *Soil Biol. Biochem.*, 8(4), s. 269-273.
- Drew, M.C. & Goss, M.J. 1972. Effects of mechanical impedance. - Report of the Agricultural Research Council Letcombe Laboratory for 1971, s. 13-14.
- Ekeberg, E. 1986. Reduseret jordarbeiding. - *Aktuelt fra statens fagtjeneste for landbruket*, nr. 4, s. 119-136.
- Grönevik, G. 1962. Bearbetning med jordfräs. - *Grundförbättring*, 15:4, s. 304-314.
- Harper, S.H.T. & Lynch, J.M. 1981. The kinetics of straw decomposition in relation to its potential to produce the phytotoxin acetic acid. - *Journal of Soil Science*, 32, s. 627-637.
- Harper, S.H.T. & Lynch, J.M. 1982. The role of water-soluble components in phytotoxicity from decomposing straw. - *Plant and Soil*, 65, s. 11-17.
- Henriksson, L. 1968. Försök med grund plöjning. - Lantbrukshögskolan, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Rapporter, 15.
- Henriksson, L. 1985. Direktsådd av stråsäd. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, Kons. avd. rapporter, Allmänt 63, s. 24:1-7.
- Hood, A.E.M. 1965. Plowless farming using "gramoxone". - *Outl. Agric.*, 4(6), s. 286-294.
- Håkansson, I. 1983. Über die Ursachen veränderter Pflanzenerträge infolge Einsatz schwerer Maschinen. - *Mezinárodní vědecké symposium "Změny půdního prostředí ve vztáhu k intenzifikačním faktorům"*, Československo, Brno, 1983, Proc., s. 57-66.

- Lewis, W.M. 1973. No-till systems. - Conservation Tillage, The Proceedings of a National Conference, s. 182-187.
- Lynch, J.M. 1977. Phytotoxicity of acid production in the anaerobic decomposition of wheat straw. - Journal of Appl. Bacteriology, 42, s. 81-87.
- Lynch, J.M., Gunn, K.B. & Panting, L.M. 1980. On the concentration of acetic acid in straw and soil. - Plant and Soil, 56, s. 93-98.
- McCalla, T.M. & Norstadt, F.A. 1974. Toxicity problems in mulch tillage. - Agric. Environment, 1, s. 153-174.
- Oliphant, J.M. 1982. The effect of straw and stubble on the yield of winter wheat after cultivations or direct drilling. - Expl. Husb., 38, s. 60-68.
- Olsson, S. & Ohlander, L. 1986. Tidiga tillväxtstörningar hos höstvet och höstraps vid direktsådd. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Inst. för växtodling. Rapport, 164.
- Rydberg, T. 1980 a. När kan plöjningsfri odling tillämpas? - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Kons. avd. rapporter, Allmänt 23, s. 6:1-10.
- Rydberg, T. 1980 b. Storparcellförsök med plöjningsfri odling, 1976-78. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Rapporter, 59.
- Rydberg, T. 1982. Field experiments with ploughless tillage in Sweden, 1976-81. - Proc. 9th Conf. Int. Soil Tillage Res. Org., ISTRO, Osijek, Yugoslavia, s. 125-130.
- Rydberg, T. 1984. Studier i plöjningsfri odling i Sverige, 1974-79. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Licentiatavhandling.
- Rydberg, T. 1986. Markfysikaliska och markkemiska effekter av plöjningsfri odling i Sverige. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Rapporter, 70.
- Rydberg, T. & Öckerman, T. 1987. Plöjningsfri odling - dess inverkan på rotutveckling och evaporation. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Rapporter, 74.
- Schwerdtle, F. & Koch, W. 1967. Auftreten von Unkräutern unter Krankheiten bei Getreide und Mais nach Direktsaat. - Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, 121, s. 214-217.
- Torstensson, G. & Enge, G. 1943. Redogörelse för plöjningsförsök. I. Försök med olika plöjningsdjup. - Kungliga Lantbruksakademiens Tidskrift, 82, s. 296-329.
- Unger, P.W. & McCalla, T.M. 1980. Conservation tillage systems. - Advances in Agronomy, 33, s. 1-58.

- Van Ouwerkerk, C. & Lumkes, L.M. 1984. Crop response. In Experiences with Three Tillage Systems on a Marine Loam Soil. II. 1976-1979. - Agric. Res. Rep., 925, Pudoc, Wageningen, s. 89-123.
- Vež, A. 1970. Soil tillage in a long-term wheat monoculture. - Proc. 8th Conf. Int. Soil Tillage Res. Org., ISTRO, Hohenheim, West Germany, s. 263-269.
- Wallace, J.M. & Elliott, L.F. 1979. Phytotoxins from anaerobically decomposing wheat straw. - Soil Biol. Biochem., 11, s. 325-330.
- Wallbom, O. & Wretler, K. 1978. Förekomsten av några viktiga växtskadegörare vid plöjningsfri odling. - Lantbrukshögskolan, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Rapporter, 55.
- Yarham, D.J. & Hirst, J.M. 1975. Diseases in reduced cultivation and direct drilling systems. - EPPO Bull., 5, s. 287-296.
- Personligt meddelande från: AgrD. L. Henriksson. 1987. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för jordbearbetning.







*The 9<sup>th</sup> Conference of the International Soil Tillage Research Organization, ISTRO, Socialistic Federal Republic of Yugoslavia, Osijek, 1982.*

## FIELD EXPERIMENTS WITH PLOUGHLESS TILLAGE IN SWEDEN, 1976-1981.

*by Tomas Rydberg*

*Swedish University of Agricultural Sciences, S-750 07, Sweden.*

### ABSTRACT

*Research results and experiences show that the normal autumn ploughing (20-25 cm) can be replaced with shallower tillage using a disc-tiller or a cultivator, or both in combination, to depths of ca. 10-12 cm provided that soil compaction is not too severe, that the quantity of crop residues does not cause problems, and that the amount of weeds is not too large. Tillage costs are normally reduced, most at autumn sowing on clay soils during dry conditions. Of the crops studied, oats has reacted most positively to ploughless tillage. Suitable soil types were silt loam, silt clay loam and heavy clay.*

### INTRODUCTION

About 125 years ago mouldboard ploughs of the type used today started to be made and sold in Sweden. Attempts to replace the expensive work of ploughing with some form of shallower tillage have, however, occurred to minor extents from time to time, largely since the early 1940's, without being used to any particular extent in practice.

In the early 1970's, however, a rapid development of implements for stubble cultivation took place. In addition, many different forms of using alternatives to the mouldboard plough began to become popular in many places throughout the world, mainly in areas with low precipitation and in areas with water- or wind erosion. In 1973-1974 the prices of energy increased strongly. Many Swedish farmers asked themselves whether it was always essential to plough, as in some cases, following a couple of stubble cultivations plus subsequent harrowing, the sowing could be done without problems.

Taking this in consideration long- and short-term trials were started where normal autumn ploughing to depths of 20-25 cm was replaced with shallower tillage alone in the autumn. The shallower tillage implies 2-3 stubble cultivations with a disc-tiller or a cultivator, or with both in combination, down to ca. 10-12 cm.

The results and experiences of 171 harvest-years from 73 different trial localities where this form of ploughless tillage is compared with conventional ploughing are presented in this report. The experimental work was done during the years 1976-1981. The experiments were spread over the whole of Sweden, most of them, however, in southern and central Sweden. At present there are 25 long-term experiments. The soil was a clayey till in 28 trials, sandy loam in 7, silt loam or silt clay in 10, clay in 26 and organic soil in 2 trials.

## RESULTS AND EXPERIENCES

Crop. Table 1 shows that ploughless tillage generally decreased the yield, except in oats and spring oilseeds (rape and turnip rape). Table 1 also shows that the results for winter wheat, barley and winter oilseeds (rape and turnip rape) vary due to the preceding crop and the amount and treatment of the crop residues. The experiments in winter wheat and winter oilseeds have been divided into two groups, 1 and 2, in order as far as possible to illustrate the effects of excess crop residues. In group 2 the trash did not cause any problems and the differences between yields in ploughed and unploughed plots were negligible in this group. As problems seldom occur with crop residues during spring tillage, the division in the case of barley is instead made so that the negative effects of a preceding crop susceptible to root and foot rot diseases are eliminated in group 2. The result indicates that barley in unploughed plots is more easily attacked by diseases resulting from the rotation, as the effect of a non-susceptible crop was greater in unploughed plots than in ploughed. Ploughless tillage in the case of sugarbeet did not give satisfactory results. Although the average results were not much lower, the variation was greater in unploughed plots at the same time as the beets on these plots were also more forked.



Table 1. Field experiments with ploughless tillage, 1976-1981. Crop yield kg/ha:

Crop	Number of harvest-years	Conventional tillage kg/ha	Ploughless tillage		Sign.
			kg/ha	rel. yield	
<u>Winter wheat</u>	53	5120	5010	98	*
1. After cereals	26	4430	4230	96	*
2. After other crops <sup>1)</sup>	27	5780	5750	100	
<u>Spring barley</u>	54	4030	3940	98	*
1. After susceptible crops <sup>2)</sup>	33	3850	3680	96	**
2. After other crops	21	4310	4350	101	n.s.
<u>Oats</u>	28	4760	4840	102	n.s.
<u>Winter oilseeds</u>	20	2890	2630	91	**
1. Residues incorporated	13	2880	2520	87	**
2. Residues removed	7	2960	2870	97	*
<u>Spring oilseeds</u>	8	2030	2030	100	
<u>Suger-beets, t/ha</u>	8	43.7	42.4	97	n.s.

1) Crops with small amounts of residues

2) Susceptible to root and foot rot diseases

Soil compaction. Bulk density measurements have throughout shown increased values in the central and lower parts of the topsoil when ploughing was not carried out. The increase of the bulk density does not necessarily imply a deterioration of the root environment, in some situations this may even be improved, but the results still indicate that the risk of yield reductions caused by too high bulk densities are greater with ploughless tillage than with conventional tillage.

Despite the increased risk of compaction damage, ploughless tillage allows the natural processes of structure formation to work more undisturbed. If compaction is not too severe there will be a more favourable structural development that is very similar to the one occurring in a long ley. Soil physical investigations aimed at studying structural development and its effects have, for example, shown that air permeability (measuring method according to Andersson, 1969) in the bottom of the plough layer is markedly improved when

using ploughless tillage. Furthermore, preliminary results indicate that the improved structure of the topsoil obtained in ploughless tillage in comparison with conventional tillage, provides better protection against evaporation during dry conditions. This primarily concerns well-structured soils.

Crop residues. Only conventional implements have been used in the experiments. Among these, primarily the seed drills, with 12-13 cm row spacing, and the harrows have been sensitive to the trash on the surface. It must be possible to carry out seedbed preparation and sowing without problems caused by excess quantities of crop residues. We have found that if large quantities of residues occur they should always be removed from the field before autumn sowing but even if only normal quantities occur they should be removed if the period between harvest and sowing is short. Before spring sowing, it is often sufficient that crop residues are chopped and well incorporated during the autumn. As regards both autumn and spring sowing, however, the larger the quantity of crop residues left in the field the larger the number of stubble cultivations that will be needed to obtain acceptable degree of incorporation, and with the increased number of passes there will be an increased risk of compaction damage.

Weeds. Extra herbicide applications have generally not been done in unploughed treatments. In some of the experiments root-propagated weeds caused severe yield reductions in unploughed treatments. The root-propagated weeds in the treatments without ploughing were especially difficult to control on organic soils.

Soil type. Figure 1 shows how the relative yields of cereals in ploughless tillage vary with soil type. In this respect there was no difference between oats, barley or winter wheat. Good results were obtained on sites where the clay content was 15-30 % and particularly in conjunction with high silt content. Relatively good results were also obtained on heavy clays with stable structure. It was surprising that the results for the clayey-tills, that are relatively unsusceptible to compaction, were not better. The somewhat lower yields in places with medium clay can probably be ascribed to the susceptibility of these soils to compaction. The clay content is not sufficiently high to guarantee a stable aggregate structure (Heinonen, 1975). No trends were noticed on sandy loams.

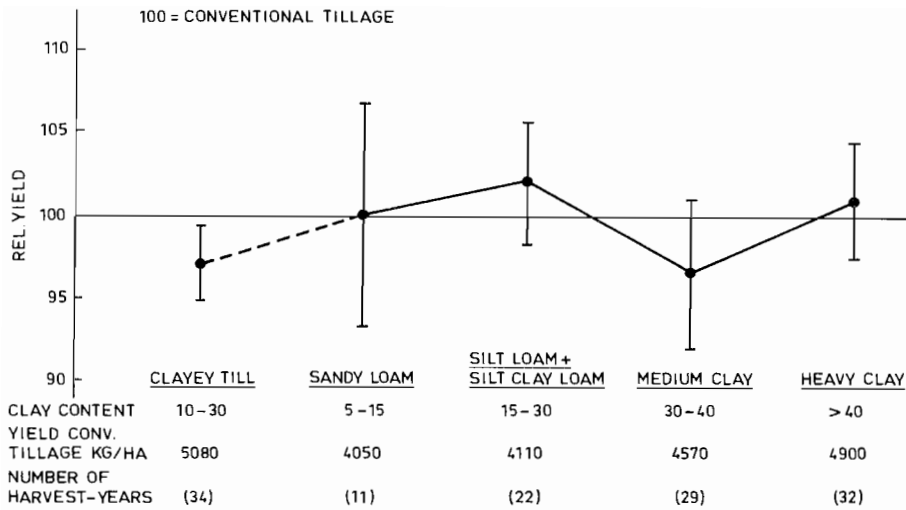


Fig. 1. Relative yield in ploughless tillage on different soils, with a 95 % confidence interval. Mean values for oats, barley and winter wheat.

Annual variations. The results of ploughless tillage also varied from year to year. Fig. 2 illustrates the yield results for barley and winter wheat for a number of years. In particular, 1978 was an unfavourable year for ploughless tillage. An explanation might be that the last stubble tillage operations during the autumn of 1977 in unploughed treatments in many cases were done under conditions that were too wet, with compaction and puddling as a result. Similarly, the climate during the growing period was relatively wet, which favoured certain diseases. These may have damaged the crop in unploughed treatments more than that in ploughed.

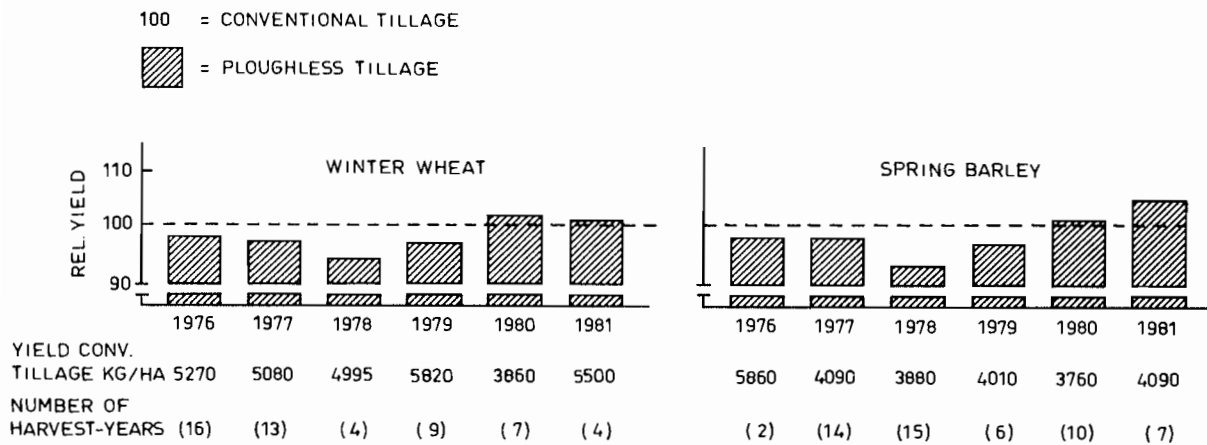


Fig. 2. Winter wheat and barley experiments with ploughless tillage, 1976-1981. Harvest results.

Tillage costs. Comparison of tillage costs (=costs of implements, labour and fuel) between conventional tillage and ploughless tillage show that the greatest saving with ploughless tillage is in autumn sowing on clay soils

in dry conditions, where ploughing and seedbed preparation are difficult. In some cases as much as 400 SEK/ha will be saved, which corresponds in Sweden to a market value of 350 kg of winter wheat (5.25 SEK = 1\$). When conventional tillage worked well the cost-saving was considerably less and sometimes non-existent (Rydberg, 1980).

## CONCLUSIONS

The results and experiences discussed indicate that ploughless tillage in Sweden can only be successful if the following three requirements are fulfilled.

1. Soil compaction must not be too severe. No field traffic under wet conditions.
2. Crop residues should either be removed or well disintegrated. The requirement for a good seedbed must always be met.
3. The weeds must be satisfactorily controlled with shallow cultivations and herbicides. Weeds propagated vegetatively should not be present.

The situation in which one should primarily consider ploughless tillage in Sweden is in autumn sowing under dry conditions. The risk of compaction damage is then small at the same time as ploughing and subsequent seedbed preparation are often demanding as regards time and energy.

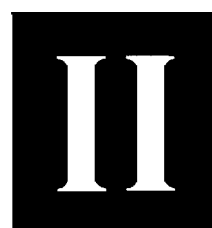
Also in other cases where ploughing is difficult, e.g., in fields of uneven shape, it is recommended that ploughless tillage is used in both spring- and autumn sowing. The continued experiments will demonstrate whether there are cases when ploughless tillage throughout gives higher yields than conventional tillage. For example, whether the positive effect obtained in oats is permanent, or whether soils with high silt contents in conjunction with clay contents of 15-30 % are particularly suited to ploughless tillage.

## REFERENCES

- Andersson, S. 1969. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XIX. GRUNDFÖRBÄTTRING 22, 143-154.
- Heinonen, R. 1975. Jordarterna och deras brukningsegenskaper. LANTBRUKS-HÖGSKOLANS MEDDELANDE B 23.
- Rydberg, T. 1980. Storparcellförsök med plöjningsfri odling, 1976--78. SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, UPPSALA. RAPPORTER FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN nr 59. English summary.











Sveriges lantbruksuniversitet  
Institutionen för markvetenskap  
Avdelningen för jordbearbetning  
Box 7014  
750 07 UPPSALA

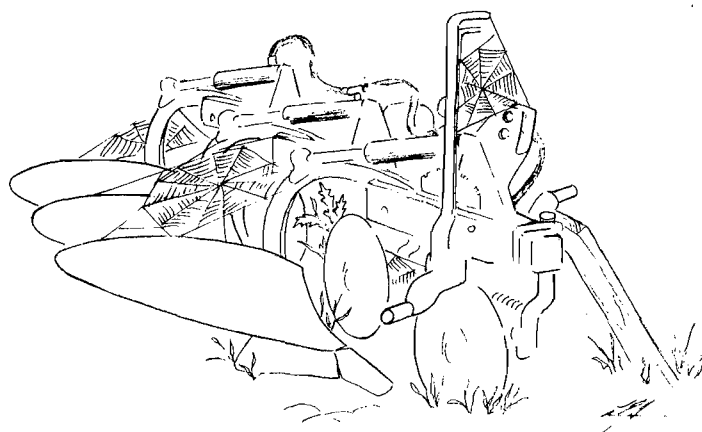
Rapporter från jordbearbetningsavdelningen  
Nr. 70, 1986.

ISBN 91-576-2782-7  
ISSN 0348-0976

Tomas Rydberg

MARKFYSIKALISKA OCH MARKKEMISKA EFFEKTER AV PLÖJNINGSFRI ODLING I SVERIGE.

*EFFECTS OF PLOUGHLESS TILLAGE ON SOIL PHYSICAL AND SOIL CHEMICAL PROPERTIES IN SWEDEN.*





INNEHÅLLSFÖRTECKNING	Sid.
INLEDNING	1
MATERIAL OCH METODER	1
Försöksplatser	1
Försöks- och fältplaner	2
Använda gödselmedel	2
Undersökta led	3
Markfysikaliska undersökningar	3
Markkemiska undersökningar	6
Resultatens väderleksberoende	6
Statistiska beräkningar	6
RESULTAT	7
Skörderesultat	7
Markfysikaliska undersökningar	8
Markkemiska undersökningar	20
DISKUSSION	22
Markfysikaliska undersökningar	22
Markkemiska undersökningar	26
Bedömning av olika jordars lämplighet för plöjnings- fri odling	27
Avslutande synpunkter	29
SAMMANFATTNING	29
<i>SUMMARY</i>	30
LITTERATUR	31



## INLEDNING

I början av 1970-talet startade Avdelningen för jordbearbetning ett fältförsöksprojekt, vars målsättning är att undersöka några olika plöjningsfria odlingssystemens möjligheter. För närvarande pågår 12 st långliggande försök inom ramen för detta projekt (R2-P14, mångåriga försök med olika bearbetningssystem). De olika bearbetningssystemen finns redovisade av Rydberg (1980 a). Under åren 1976-78 genomfördes också ca. 60 st "storparcellförsök" tillsammans med lantbrukare. Syftet var främst att belysa de kortsiktiga effekterna av en slopad plöjning (Rydberg, 1980 b).

Redan vid den första större sammanställningen av skörderesultaten (Rydberg, 1980 a) framkom vissa oväntade resultat. Mest förvånande var de positiva resultaten på de struktursvaga och kapillära jordarna och de negativa på de välldränerade och kalkrika baltiska moränjordarna. Enligt en engelsk undersökning av olika jordars lämplighet för direktsådd (Cannell et al., 1978) borde resultaten varit omvända. Visserligen är direktsådd och plöjningsfri odling ej samma sak, men likheterna är så många att de bör kunna jämföras i detta avseende. Förvånande var också de skilda resultaten under en följd av år på två till synes lika försöksplatser på styv lera.

För att förbättra kunskapen om den plöjningsfria odlingens långsiktiga effekter under svenska förhållanden genomfördes under åren 1980-84 markfysikaliska och markkemiska undersökningar, i ett försök på moig mjällig lättlera, i ett på moränlera och i de två försöken på styv lera.

## MATERIAL OCH METODER

### Försöksplatser

De undersökta försöken tillhör samtliga projektet mångåriga försök med olika bearbetningssystem (R2-P14). Försökens läge, nummer och anläggningsår framgår av tab. 1. I tabellen redovisas också en texturanalys samt därav tillhörande jordartsbeteckning.

Tabell 1. Uppgifter om försökens läge, nummer och anläggningsår samt texturanalys i matjord och alvens översta del och jordart

Table 1. Data on individual experiments

Försöksplats	Län	Försök nr	Koordinater <sup>2)</sup>	Texturanalys <sup>3)</sup>		Jordart
				Particle size distribution <sup>3)</sup>		
Site	County	Exp. No.	Locality <sup>2)</sup>	Matjord Topsoil	Alv Subsoil, the upper part	Soil Type
Ultuna	C	141/74 <sup>1)</sup>	6633.8/1603.5	50-29-19-2	54-24-18-2	Styv lera Heavy clay
Lanna	R	381/74	6472.5/1342.7	43-35-16-6	58-29-11-2	Styv lera Heavy clay
Rudsberg	S	86/75	6584.3/1394.1	22-19-57 <sup>4)</sup> -2	25-20-53 <sup>4)</sup> -2	Moig mjällig lättlera Silty clay loam
Lönnstorp	M	253/74	6174.1/1329.9	15-13-34-38	15-14-35-36	Moränlättlera Clayey till

1) Anläggningsår. Year of start.

2) Koordinater enligt det system som används på ekonomiska kartan. Mapping coordinates

3) Ler-mjåla-mo-sand i vikts-%. Clay-silt-fine sand-sand in per cent by weight.

4) Övervägande delen är i finmo. The main constituent is very fine sand (0.02-0.05 mm).

## Försöks- och fältplaner

Försöken har ej helt lika försöksplaner. Ultunaförsöket är ett blockförsök (4 st). Rutstorleken = 260 m<sup>2</sup>. Den konventionella höstplöjningen jämförs med följande led:

- Plöjning vissa år, övriga år ytlig bearbetning till 10-12 cm.
- Plöjning vissa år, övriga år kultivering till plogdjup.
- Ytlig bearbetning varje år.
- Kultivering till plogdjup varje år.

Den ytliga bearbetningen innebär stubbearbetning 2-3 ggr med tallriksredskap eller kultivator. Stubbearbetningarna bör om möjligt utföras med minst 10 dagars mellanrum. Ofta används kultivator vid första stubbearbetningen och tallriksredskap vid de(n) andra. Även det konventionella ledet stubbearbetas mestadels en gång. Skörderesterna hackas och brukas ner. Såbäddsberedning och sådd utförs likformigt över hela försöket, vilket innebär ca. 3 st harvningar med s-pinneharv + kombisådd. Vältning utförs vid behov.

De tre övriga försöken är split-plot-försök, med följande huvudled:

- Plöjning varje år.
- Plöjning vissa år, övriga år ytlig bearbetning.
- Ytlig bearbetning varje år.

På försöken på Lanna och Rudsberg ingår olika halmbehandling som bifaktor. Antingen förs halmen bort eller så hackas den och lämnas kvar. Försöken har 4 st block och således 6 st led (rutor) i varje block. Rutstorlek = 500 m<sup>2</sup>. På Lönntorpsförsöket, där skörderesterna hackas och brukas ner, studeras som bifaktor effekten av normal och skonsam packning. Skillnaden mellan normal och skonsam packning är att vid den normala packningen används ej dubbelmontage på traktorn medan så alltid (utom vid plöjning) är fallet vid den skonsamma. Försöket har 3 st block. Rutstorlek = 280 m<sup>2</sup>. Den ytliga bearbetningen liksom såbäddsberedningen utföres i dessa tre försök som på Ultunaförsöket. På Lanna och Lönntorp harvas dock med krokpinneharv i stället för med s-pinneharv. Sådden genomförs med kombisåmaskin på Rudsberg och med vanlig såmaskin på Lanna och Lönntorp. Vältning sker liksom på Ultuna vid behov.

## Använda gödselmedel

Ultunaförsöket har kvävegödslats med kalkammonsalpeter alla år utom 1979 då NP 26:6 använts. Fosfor har dessutom tillförts år 1976 (Thomasfosfat) och 1982 (P 9). På Lanna har kväve spridits i form av kalksalpeter. Extra fosfor (P 9) har endast tillförts på hösten 1981. På Lönntorp har kalksalpeter använts varje år. Försöket har också erhållit PK 7:13 varje år utom de två sista. På Rudsberg har växtnäringstillförseln mestadels skett i form av NPK 20:5:9, år 1976 användes dock endast urea och år 1983 endast kalksalpeter. Av de använda gödselmedlen har Thomasfosfat en basisk, kalksalpeter en svagt basisk, urea och fuligödselmedlet en svagt sur och de övriga en neutral inverkan på markreaktionen (pH-värdet).

## Undersökta led

Då både provtagnings- och analysarbetet oftast är mycket tidskrävande valdes att i undersökningen endast jämföra de två huvudleden "höstplöjning varje år" och "ytlig bearbetning varje år" eller med andra ord konventionell bearbetning varje år och plöjningsfri odling varje år.

Då halmbehandlingen varierade valdes leden med halmen hackad och nerbrukad. Då packningen varierade valdes leden med normal jordpackning. Således undersöktes endast två led per försök.

I tabeller, diagram och figurer betecknas det konventionella (plöjda) ledet med P och det plöjningsfria ledet med PF.

## Markfysikaliska undersökningar

### *Bestämning av kornstorleksfördelning*

Analyserna utförda enligt en metod av Robinson (1922). Provtagningar utförda vid försökens anläggning och i samband med de nedan beskrivna volymmätningarna.

### *Bestämning av volymförhållanden och volymvikter*

Mätningar och provtagningar utfördes omedelbart efter vårsådden 1980 på Ultuna och Lanna och omedelbart efter vårsådden 1981 på Rudsberg. På Lönnstorp utfördes arbetet i samband med vårbruket 1980 eftersom försöket var sått med höstvetete. Bestämningarna utfördes således på våren efter 5 skördeår med plöjningsfri odling. Vid bestämningarna användes den av Andersson & Håkansson (1963, metod b) beskrivna ramtekniken. Mätning och provtagning utfördes i ett block per försök men med 3-4 st upprepningar per led. Följande fem lager undersöktes:

Lager 1 = Markytan - harvbotten

Lager 2 = Harvbotten - stubbearbetningsbotten

Lager 3 = Stubbearbetningsbotten - senaste plogdjup

Lager 4 = Senaste plogdjup - alv

Lager 5 = Alvens översta centimetrar

Observera att stubbearbetningsbotten i det konventionella ledet och senaste plogdjup i det plöjningsfria ledet är godtyckligt valda gränser. De "godtyckliga" gränserna har valts så att största möjliga överensstämmelse skall föreligga mellan resp. lager i de två försöksleden.

### *Bestämning av matjordens packningsgrad*

Metoden är beskriven av Håkansson (1976). I huvudsak går det till så att vattenmättad, sönderdelad jord från resp. försöksled utsätts under fri dränering i laboratorium, för ett långvarigt statiskt tryck av 200 kPa ( $\approx 2 \text{ kp/cm}^2$ ). Den därvid erhållna torra volymvikten utgör det packade standardtillståndet ( $\gamma_{tp}$ ).

Håkansson (1976) definierar sedan matjordens packningsgrad som matjordens aktuella volymvikt (skrymdensitet) i procent av volymvikten vid det packade standardtillståndet.

#### *Bestämning av porstorleksfördelning*

I samband med och i anslutning till volymmätningarna togs cylindriska jordproppar i ostörd lagring ut med hjälp av stålcyllindrar. Cylinderdiametern var 70 mm och höjden 50 eller 100 mm. Första provtagningslagret var från harvbotten och 5 cm nedåt, det andra var från ca. 12 cm ned till 22 cm, det tredje var matjordens nedersta 5 cm och det fjärde var alvens översta 5 cm. På Lönnstorp var första provtagningslagret 0-10 cm. Utifrån på dessa jordprover (4 st per lager och led) vid olika vattenavförande tryck bestämda vattenhalter (Andersson & Wiklert, 1972) beräknades porstorleksfördelningar. Porositetsvärdena är bestämda utifrån volymvikterna i cylindrarna.

#### *Vattengenomsläpplighetsmätningar*

På cylindrarna mättes också den mättade vattengenomsläppligheten enligt en metod som finns beskriven av Andersson (1955).

#### *Luftgenomsläpplighetsmätningar*

Efter de olika vattenavförande trycken 0.05, 0.5, 1, 2 och 4 m v p utfördes på de ovan nämnda cylindrarna mätningar av luftgenomsläpplighet. Tekniken finns beskriven av Andersson (1969).

#### *Infiltrationsmätningar i fält*

Efter vårsådden år 1981 genomfördes dessa mätningar på Rudsberg och Ultuna och efter vårsådden år 1982 på Lanna och Lönnstorp. Infiltrationen mättes i de rutor där volymmätningarna utförts. Antalet upprepningar per försök och led var i genomsnitt 6 st. Praktiskt utförs mätningar på så sätt att två cylindrar, en yttre och en inre, slås ned ca. 10 cm i matjorden. Den yttre cylindern är 60 cm i diameter och 30 cm hög, den inre är 40 cm i diameter och 35 cm hög. Det lösa såbäddslagret avlägsnas både i mellanrummet mellan cylindrarna och innanför den inre. Därefter fylls mellanrummet med vatten tillett djup av 10 cm och i omedelbar anslutning till detta fylls den inre cylindern med 10 l vatten. Infiltrationshastigheten mäts i den inre cylindern. Då mätningar av infiltrationshastigheten ej utföres hålls de båda vattenytorna på en lika och konstant nivå. För ytterligare metodbeskrivning se Bertrand (1965). Genom visst utvecklingsarbete av det praktiska genomförandet kan i dag en person samtidigt utföra mätningar i 4 st cylindrar (Rydberg opubl.).

#### *Såbäddsundersökningar*

Bestämning av aggregatstorleksfördelning i såbädden. Arbetet utfördes på Ultuna och Rudsberg våren 1981 och på Lanna och Lönnstorp våren 1982. En 0.25 m<sup>2</sup> stor plåtram pressades ned genom det bearbetade lagret. All lös jord samlades upp i en hink, lufttorkades, sållades med en sållningsapparat och de olika fraktionerna vägdes.



Provtagning utfördes i samtliga block (4 st på Ultuna, Lanna och Rudsberg och 3 st på Lönnstorp) och med två upprepningar i varje ruta. Vid provtagningen mättes också volymen av den lösa jorden på en halvliter när.

Med kännedom om jordens volym och ramens storlek kunde även bearbetningsdjupet beräknas. Vid denna beräkning antogs att jordens volymvikt i hinken och i det bearbetade lösa ytlagret var ungefär densamma. För att kunna beräkna den torra volymvikten i såbädden gjordes även vattenhaltsbestämningar. Både de i dessa sammanhang beräknade bearbetningsdjupen och de torra volymvikterna har till största delen använts som kontroll av resultaten från volymmätningarna.

Mätningar av aggregatstabilitet i nivån 0-5 cm. Endast aggregat från Ultunaförsöket undersöktes. Insamling av jord skedde från samtliga block och från två platser per ruta hösten 1983. Alla 16 prov analyserades mekaniskt. Fyra av dessa (två från plöjda led och två från plöjningsfria led) hade nära nog identisk mekanisk sammansättning, mullhalten ej beaktad. Jord från dessa fyra prover användes vid mätningarna.

Den lufttorkade jorden sållades i fraktionerna 1-2, 2-4, 4-6 och 6-8 mm. Från varje fraktion och varje prov togs 5x50 g jord ut. Varje prov om 50 g lades sedan på en sikt (diam. 20 cm). Maskvidden var 1 mm till den minsta fraktionen, 2 mm till fraktionen 2-4 mm och 4 mm till de största fraktionerna. Därefter utsattes aggregaten för en bestämd mängd "nederbörd". Den kvarvarande mängden jord torkades och vägdes. Ett stabilitetsindex, d.v.s. vikten av den resterande torkade mängden i förhållande till den ursprungliga lufttorra vikten, beräknades (Kemper, 1965).

Som regnsimulator användes en modifierad form av Fergedahls (1967) rottvätt. Bl.a. hade spridarmunstycket, som tidigare bestod av ett plaströr, ersatts med en spaltspridare (spridningsvinkel = 80°, kapacitet = 0.066 l/s vid trycket 450 kPa) som monterats på en fram- och återgående ramp. Vid stabilitetsmätningarna erhöll fraktionerna 1-2, 2-4 och 4-6 mm, under tiden 1 min och 20 sek och vid trycket 450 kPa, 12 mm nederbörd. Ramphastigheten var 0.04 m/s och antalet överfarer var fyra. Den största fraktionen erhöll 24 mm. Ramphöjden var i båda fallen 48 cm.

"Skorpstudier". Resultat föreligger enbart från Ultunaförsöket. Provtagning skedde hösten 1983 och jord från de tidigare nämnda fyra rutorna användes. Den lufttorkade jorden sållades i fraktionerna <1, 1-2, 2-4, 4-8 och 8-16 mm. I trälådor (bottenyta=40x40 cm, höjd=10 cm) byggdes såbäddar upp. I botten placerades 1 l av fraktionen 8-16 mm, därefter 2 l av fraktionen 4-8 mm och sedan 1 l av vardera fraktionerna 2-4, <1 och 1-2 mm i nämnd ordning. Såbäddarna erhöll 12 mm "nederbörd" på sätt som beskrivits ovan. Trälådorna var försedda med dräneringshål. Ytskorpans hårdhet mättes ovanifrån med en manuell fjäderpenetrometer. Penetrometerspetsen var platt och med en diameter på 5 mm.

Under åren 1975-78 ägnades mycket tid framför allt åt det tekniska och praktiska genomförandet av skorpstudier. Bl.a. konstruerades en regnsimulator. Denna hade en roterande skiva under spridaren. Skivan var försedd med en variabel sektoröppning för kontroll av regnmängden. Regnsimulatorn byggdes i stora drag efter en modell av Morin et al. (1967). Trots många modifieringar blev spridningsbilden ej tillräckligt jämn. Rottvädden var i detta avseende helt överlägsen. I början mättes ytskorpans hårdhet underifrån enligt en metod av Holder och Brown (1974). Metoden var tidskrävande och spridningen var för stor. Då det sedan visade sig att korrelationskoefficienten mellan resultaten från de snabbare mätningarna ovanifrån och de långsammare underifrån var 0.87, samtidigt som spridningen var mindre, övergavs den långsammare metoden. Såbäddens uppbyggnad kan verkligen ifrågasättas; den är dock framtagen genom "trial and error" för att erhålla en så likartad ytskorpa i hela lådan som möjligt.

## Markkemiska undersökningar

### *P-AL, K-AL, pH och mullhalt*

Provtagningen utfördes efter skörd år 1983 på Lanna, Rudsberg och Lönnstorp och år 1984 på Ultuna. I varje ruta togs 9 st prov i nivåerna 0-5, 5-10 och 10-15 cm 6 st i nivån 15 cm och ned till alven och 5 st i nivåerna alv - 35 cm och 35-50 cm. Samtliga block provtogs men analyser genomfördes endast ledvis på sammanslaget material. Metodbeskrivning för bestämning av fosfor och kalium finns i Kungl. Lantbruksstyrelsens Kungörelser nr 1, 1965. P-AL och K-AL= halten löslig fosfor resp. kalium uttryckt i mg P resp. K i 100 g lufttorr jord. Vid pH-mätningarna bestämdes jordens hydroxoniumjonaktivitet i en suspension vatten (1 volymsdel jord och 3 volymsdelar vatten). Mullhalten i nivån 0-35 cm är beräknad utifrån mängden totalkol  $\times 1.72$ , då  $pH < 7.0$  och utifrån mängden organiskt kol, då  $pH > 7.0$ . Från 35 cm och ned till 70 cm bestämdes endast mängden totalkol.

### Resultatens väderleksberoende

Av skilda skäl har de olika försöksplatserna ej mätts och provtagits under ett och samma år. Detta bör inte försämra möjligheterna till jämförelse försöken emellan, eftersom den geografiska spridningen innebär att väderleksvariationen mellan försöksplatserna under ett och samma år i många fall är lika stor som variationen på en och samma plats under en följd av år. Marti (1984) visade dessutom att utav den totala spridningen vid volymviktsbestämningar i nivån 10-20 cm utgjorde årsvariationen endast 1.3%. Ytskiktet påverkades avsevärt mer av olika förhållanden mellan åren, nära 40% av totalvariansen kunde tillskrivas årsvariationen. Undersökningarna utfördes i Norge 1976-82, i försök med plöjningsfri odling.

Resultaten av volymmätningarna, främst då ifrån såbädden, kan således variera från år till år. Detsamma gäller resultaten från undersökningarna av aggregatstorleksfördelningen. Vid uttagningen av jord för framsållning av aggregatfraktionerna bestämdes som tidigare nämnts även vattenhalterna, för att kunna beräkna torra volymvikten i såbädden. På Ultuna, Lanna och Lönnstorp mättes volymvikten i såbädden dels 1980 vid volymmätningarna och dels 1982 vid bestämningarna av aggregatstorleksfördelningen. Dessa vid två olika år utförda volymviktsbestämningar tyder inte på att årsvariationen på något sätt skulle över-skugga effekten av plöjt och oplöjt på volymvikt och aggregatstorleksfördelning i såbädden.

I resultatdelen redovisas också de mycket årsmånsberoende skördeutfallen på de fyra försöksplatserna. Då huvudsyftet med rapporten är att publicera de markfysikaliska undersökningarna görs därför i detta sammanhang inget försök till att finna samband mellan skördeutfall och väderleksdata. Intresserade hänvisas i stället till Marti (1984), Rasmussen & Olsen (1983) och Rydberg (1982).

### Statistiska beräkningar

För beräkning av standardavvikelse, t-värde och korrelationskoefficient har en miniräknare, Compucorp micro-statistician, modell 342, använts. I övrigt har alla beräkningar utförts med en vanlig räknemaskin.

## RESULTAT

### Skörderesultat

Som framgår av fig. 1. har den plöjningsfria odlingen resulterat i högre skördar på Ultuna och Rudsberg och i lägre skördar på Lanna och Lönnstorp. Värt att notera i detta sammanhang är också de förbättrade resultaten efter sockerbetor och ärter på Lönnstorp. Dessa grödor har små skörderestmängder, vilket underlättar arbetet och förbättrar resultatet vid såbäddsberedning och sådd.

För ytterligare information om effekter av plöjningsfri odling på skörderesultaten i Sverige hänvisas till Rydberg (1980, 1982). För de som är intresserade av resultaten i övriga Nordvästeuropa rekommenderas en sammanställning av Cannell (1985).

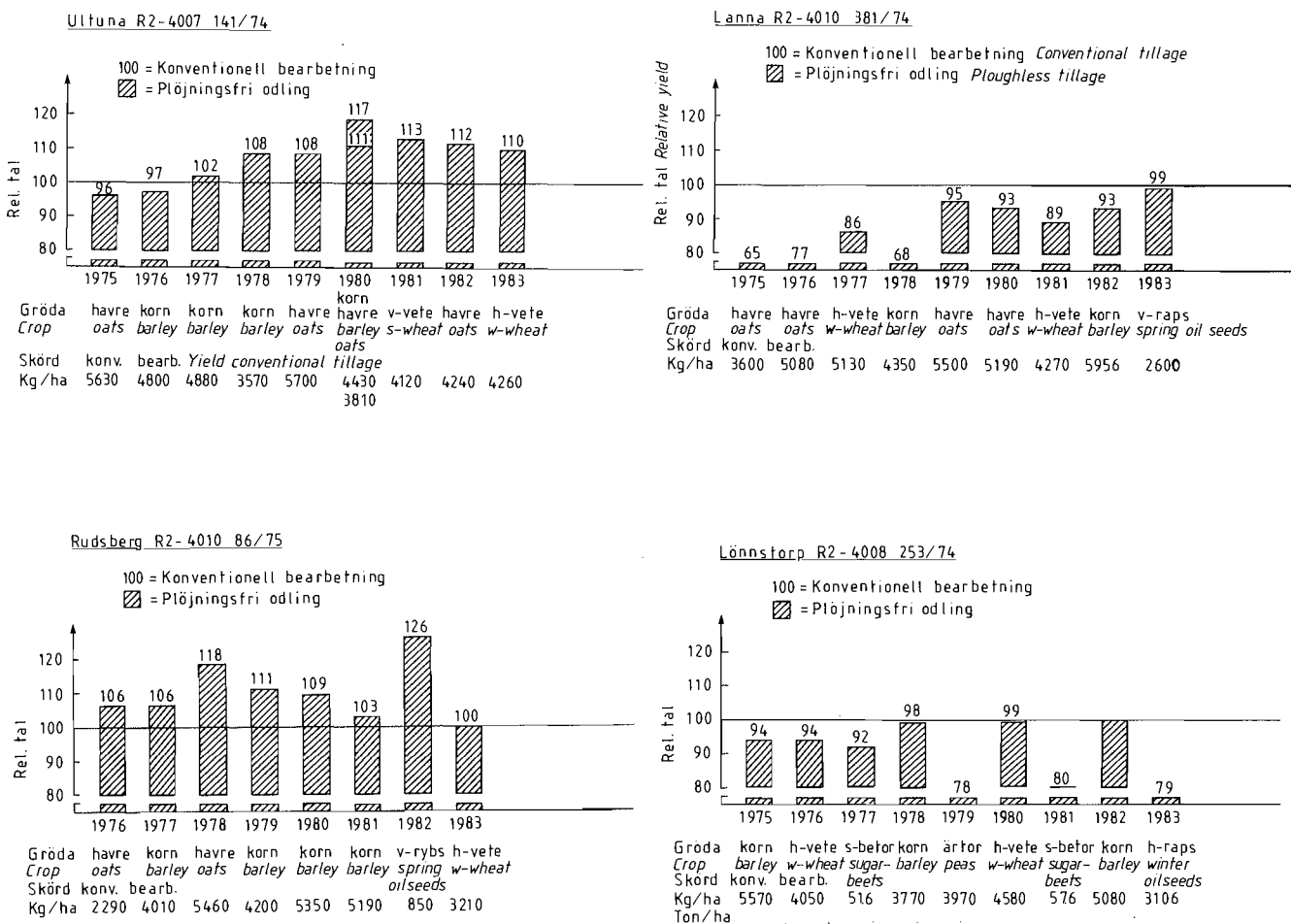


Fig. 1. Skörderesultat från försöken på Ultuna, Lanna, Rudsberg och Lönnstorp.

Fig. 1. Harvest results from the field experiments at Ultuna, Lanna, Rudsberg and Lönnstorp.

## Markfysikaliska undersökningar

### Volymförhållanden, volymvikter och packningsgrader

Genomgående på alla fyra försöksplatser, fig. 2-3, är att materialvolymen ökat i centrala matjorden (lager 3), som följd av en utelämnad plöjning. Observera att ökningen varit störst på Lanna och Lönnstorp, d.v.s. på de försöksplatser där skörde-resultaten varit mindre bra vid PF. Likaså har det på dessa båda försöksplatser skett en ökning av materialvolymen i alven, medan en minskning skett på Ultuna och Rudsberg. En minskning av materialvolymen eller motsvarande ökning av porvolymen har även skett i såbädden på de vårsådda försöken och i lager 2 på Ultuna. Av fig. 2-3 framgår också de olika lagrens mäktighet. Notera framför allt det grundare matjordsdjupet och det grundare harvningsdjupet i plöjningsfria led.

Matjordens mindre totalvolym i oplöjda led gör att prover från plöjt resp. oplöjt, på samma djup i förhållande till markytan, inte alltid är direkt jämförbara. På Lanna exempelvis så består ett prov i nivån 25-30 från PF av 100% alv, medan motsvarande från P innehåller 40% matjord och endast 60% alv, och det är därför som resultaten i denna rapport företrädesvis jämföres lagervis.

I tabell 2 redovisas volymvikterna i de olika lagren, volymvikten i matjorden vid standardpackning och motsvarande packningsgrader. Noterbart är att volymvikten vid standardpackning var lägre på Ultuna vid PF, ungefär lika på Rudsberg men klart högre på Lanna och Lönnstorp. Denna iakttagelse medförde att det för närvarande pågår ödometermätningar på prover från centrala matjorden från dessa fyra försöksplatser. Målsättningen är att undersöka om det uppkommit skillnader i strukturabilitet mellan P och PF.

Tabell 2. Volymvikter och packningsgrader för profilerna i fig. 2-3.  $\gamma_t$ =torr volymvikt,  $\gamma_{tp}$ =torr volymvikt efter standardpackning,  $\gamma_t/\gamma_{tp} \times 100$ =packningsgrad, P=plöjt, PF=plöjningsfri odling

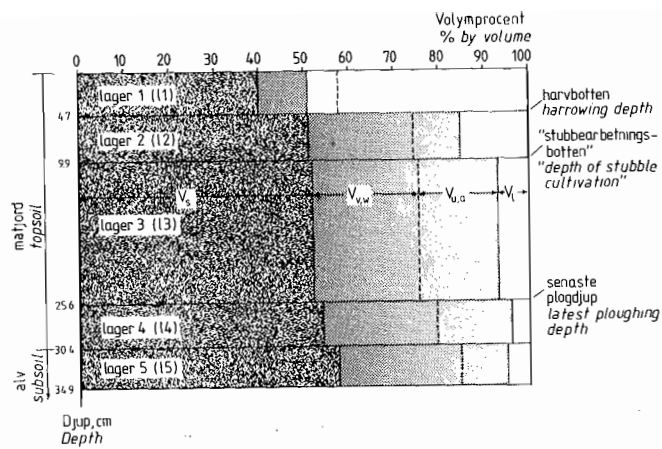
Table 2. Bulk densities and degree of compactness in the profiles in Figs. 2-3.  $\gamma_t$ =dry bulk density,  $\gamma_{tp}$ =dry bulk density after standard compaction,  $\gamma_t/\gamma_{tp} \times 100$ =degree of compactness, P=conventional tillage, PF=ploughless tillage

Försök, år Trial, year	lager layer	$\gamma_t$		$\gamma_{tp}$		$\gamma_t/\gamma_{tp} \times 100$	
		P	PF	P	PF	P	PF
Ultuna, 1980	1	1.06	0.86***	1.48	1.44***	92.0	88.8
	2	1.36	1.28 <sup>o</sup>				
	3	1.37	1.44*				
	4	1.44	1.46				
	5	1.56	1.49*			92.7	100.2
Lanna, 1980	1	1.02	0.86*	1.47	1.49*	83.1	81.8
	2	1.22	1.22				
	3	1.28	1.46***				
	4	1.45	1.48				
	5	1.55	1.56			87.0	98.3
Rudsberg, 1981	1	1.07	0.88***	1.57	1.57	81.7	85.4
	2	1.28	1.34*				
	3	1.36	1.48**				
	4	1.58	1.57				
	5	1.78	1.72			86.8	94.2
Lönnstorp, 1980 <sup>1)</sup>	1+2	1.20	1.24	1.69	1.70*	71.0	75.7
	3	1.44	1.67***				
	4	1.46	1.72***				
	5	1.67	1.75*				
						100.5	100.0

1) Försöket var höstsått, fältmätningar utfördes under april 1980.

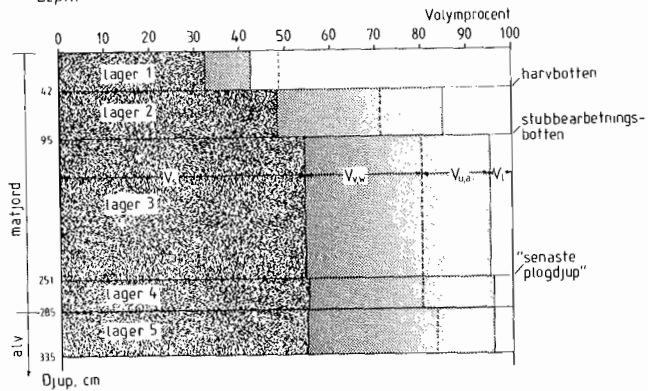
Winter wheat was sown in 1979, the field measurements were made in April 1980.

2) Signifikansnivåer (Significance levels): <sup>o</sup>) 0.1  $\geq P > 0.05$ ; \*) 0.05  $\geq P > 0.01$ ; \*\*) 0.01  $\geq P > 0.001$ ; \*\*\*)  $P \leq 0.001$ .

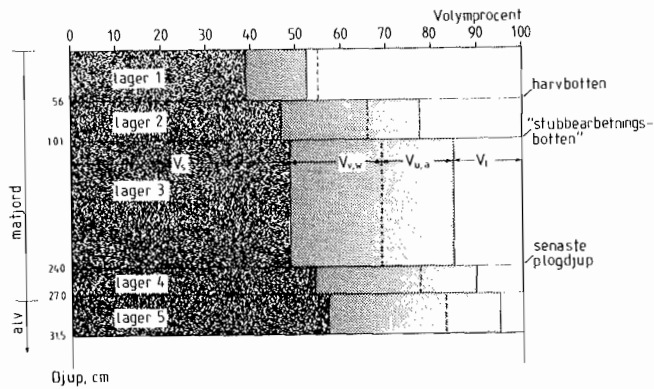


Ultuna (1980)

P

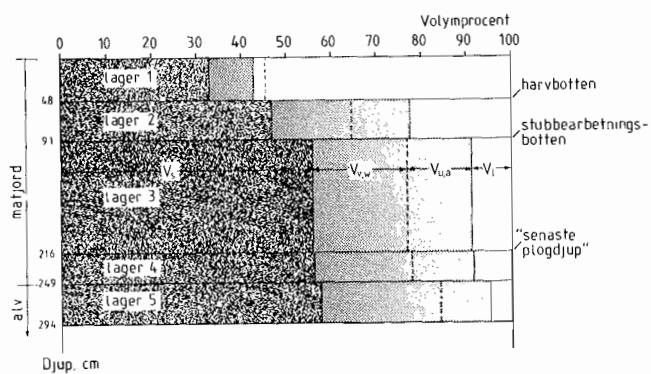


PF



Lanna (1980)

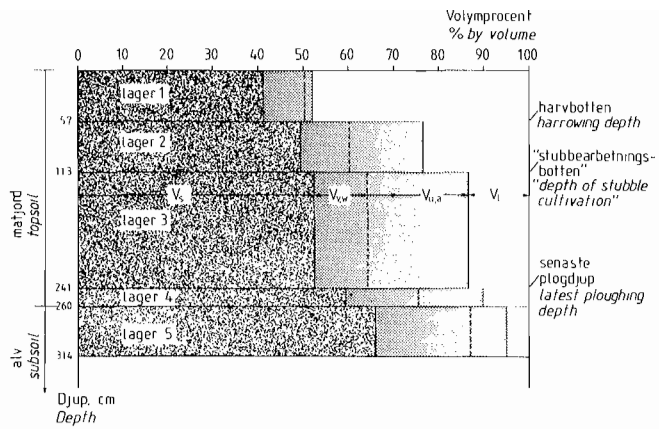
P



PF

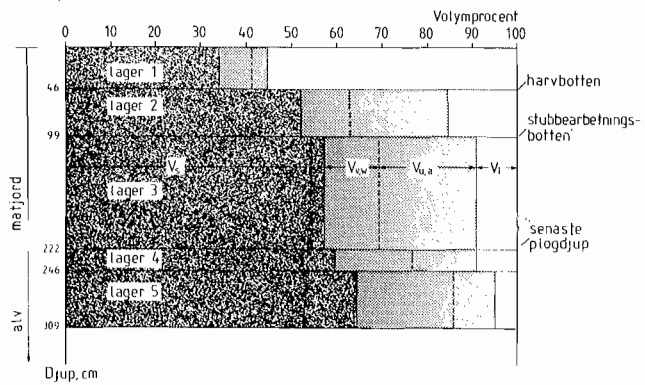
Fig. 2. Diagram över volymförhållanden på Ultuna och Lanna några dagar efter vårsådd.  $V_s$ =volymen fast material,  $V_{v,w}$ =volymen icke växt-tillgängligt vatten,  $V_{u,a}$ =volymen av den vid provtagningstillfallet upptagbara mängden vatten och  $V_l$ =volymen luft.

Fig. 2. Volume conditions at Ultuna and Lanna some days after spring sowing.  $V_s$ =the volume of solid material,  $V_{v,w}$ =the volume of the unavailable part of the water,  $V_{u,a}$ =the volume of the currently available water and  $V_l$ =the volume of the air. 11-15=layer 1-5.

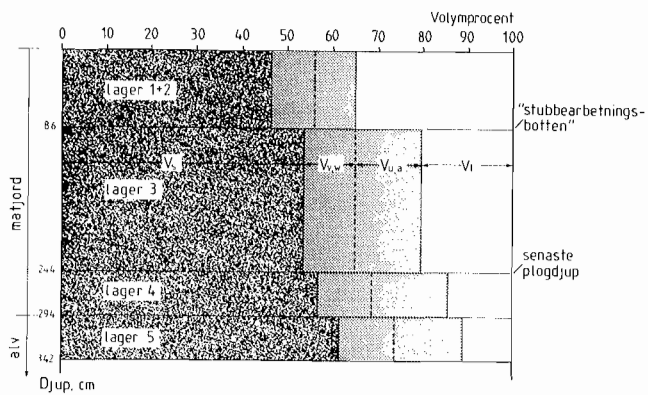


Rudenberg (1981)

P

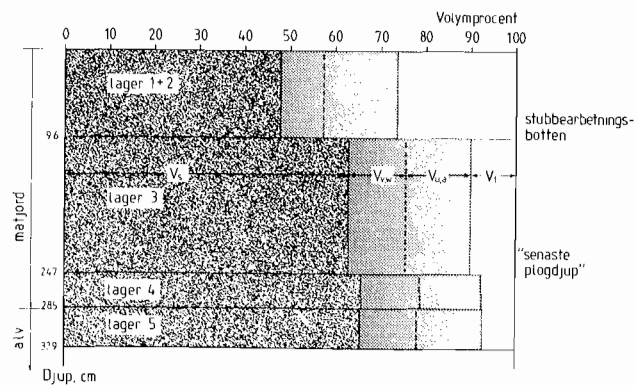


PF



Lönstorp (1980)

P



PF

Fig. 3. Diagram över volymförhållanden på Rudenberg några dagar efter vårsådd och på Lönstorp vid tiden för vårsådd då försöket var höstsått.

Fig. 3. Volume conditions at Rudenberg some days after spring sowing and at Lönstorp by the time when spring sowing would have been done as the trial was winter-sown.

Totala mängden vatten (mm), dels i hela matjordslagret ned till alven och dels i nivån 0-30 cm redovisas i tab. 3. Mängden vatten i hela matjordslagret är närmast att betrakta som en vattenhaltsangivelse i vikts-% och mängden vatten i nivån 0-30 cm som en angivelse i volyms-%. Observera att vid jämförelsen av vattenmängden i nivån 0-30 cm måste hänsyn tagas till att det plöjda och oplöjda ledet inte innehåller samma mängd jord och att proportionen mellan mängd matjord och mängd alv ej är densamma. I internationell litteratur redovisas vattenhalten vanligtvis i vikts-% i exempelvis nivåerna 0-10, 10-20, 20-30 cm osv, men däremot beaktas ej eventuella skillnader i matjordens mäktighet pga olika bearbetningssystem. Positiv effekt på totala mängden vatten av plöjningsfri odling konstaterades på Rudsberg. Av fig. 3 framgår dessutom att mängden växttillgängligt vatten i lager 2 var större på Rudsberg vid PF. Samma förhållanden rådde även på Ultuna och Lanna, vilket måste vara gynnsamt för groningen.

Volymen luft i fig. 2-3, som utgör ett mått på bearbetningens integrerade effekt på volymvikt och vattenhalt, har genomgående minskat mycket i lager 3. Minskningen var ca. 50% på Lönnstorp, ca. 42% på Rudsberg, ca. 35% på Lanna och ca. 18% på Ultuna. Stor var minskningen också i lager 4 och 5 på Lönnstorp.

Tabell 3. Mängd vatten (mm) i profilerna i fig. 2-3

Table 3. The amount of water (mm) in the profiles presented in Figs. 2-3

Lager <i>Layer</i>	Ultuna 1980		Lanna 1980		Rudsberg 1981		Lönnstorp 1980	
	P	PF	P	PF	P	PF	P	PF
Matjord <i>Topsoil</i>	108	101 -	82	74 *	68	72 -	72	76 <sup>1)</sup>
0-30 cm	106	108 -	93	93 -	79	88***	73	80 <sup>1)</sup>

1) Mellan provtagningarna i plöjt och oplöjt led föll 10 mm regn.

*Between the sampling in P and PF there was 10 mm of precipitation.*

I tabell 4 redovisas de gravimetriska vattenhaltarna vid provtagningstillfället. Värt att notera är främst de lägre vattenhaltarna i PF i lager 3. I Sverige genomfördes under åren 1975-78, i försök med plöjningsfri odling vid 33 tillfällen efter vårbruk, vattenhaltsbestämningar (vikts-%) i nivåerna 0-5, 5-12 och 12-20. Resultaten från dessa visar också på en lägre vattenhalt i PF (22.1 mot 23.9,  $p < 0.001$ ) i nivån 12-20 cm, vilken ganska väl motsvarar lager 3 (Rydberg opubl.).

Tabell 4. Vattenhalter (vikts-%) i profilerna i fig. 2-3

Table 4. Water content (% w/w) in the profiles presented in Figs. 2-3

Lager Layer	Ultuna 1980		Lanna 1980		Rudsberg 1981		Lönnpstorp 1980	
	P	PF	P	PF	P	PF	P	PF
1	10.4	11.8 -	13.3	11.4 -	10.3	12.0 -	15.8 <sup>1)</sup>	20.9 <sup>1)</sup>
2	24.8	28.5**	25.1	25.5 -	21.1	24.5**		
3	30.3	28.2 *	28.4	24.1***	23.0	22.9 -	18.7	16.5***
4	29.0	28.0 -	24.5	23.7 -	19.4	19.8 -	19.5	15.6***
5	23.8	27.7 *	24.5	24.1 o	16.3	17.8**	16.7	15.6 o

1) lager 1+2

#### Porstorleksfördelning

På Ultuna (fig. 4) har det i nivån 5-10 cm i PF skett en ökning av mängden porer större än 600  $\mu\text{m}$ . Orsaken är troligtvis i första hand att söka i de skilda vattenhaltsförhållanden som rådde i matjordens ytskikt mellan P och PF vid tiden för såbäddsberedningen. Se vidare under rubriken såbäddsundersökningar. I centrala matjorden på Ultuna har en minskning av främst de grövsta porerna ägt rum, men reduktionen är förhållandevis liten. I matjordens bottenlager och i alven var mängden porer >30  $\mu\text{m}$  större i PF än i P. I alven var också mängden porer i intervallet 0.2-5  $\mu\text{m}$  större i PF. En ökning av mängden porer >30  $\mu\text{m}$  kan medföra en förbättrad rotutveckling.

Lanna (fig. 4) uppvisar stora likheter med Ultuna. Reduktionen i centrala matjorden är dock större och mängden porer i intervallet 0.2-5  $\mu\text{m}$  har ej ökat utan istället minskat. Observera att viss jordartsskillnad troligtvis föreligger mellan P och PF på Lanna. Enligt Eriksson (1982) påverkas ej porer <2  $\mu\text{m}$  av yttre influenser. Detta innebär att som diagrammet är konstruerat kan vid lika jordartsförhållanden andelen porer <2  $\mu\text{m}$  inte minska samtidigt som porositeten reduceras.

På Rudsberg (fig. 4) har en kraftig reduktion av mängden porer >5  $\mu\text{m}$  ägt rum i samtliga nivåer. Att mängden grova porer, >600  $\mu\text{m}$ , minskat i nivån 5-10 cm beror troligtvis på att denna struktursvaga jord ej i samma utsträckning påverkas av om skilda vattenhaltsförhållanden föreligger vid vårbruket eller ej.

Även på Lönnpstorp (fig. 4) kan en ökning av mängden porer >600  $\mu\text{m}$  konstateras i matjordens övre del, trots att försöket såddes på hösten och provtagningen utfördes på våren. Eventuellt kan en större mängd skörderester i matjordens övre del i det plöjningsfria ledet förklara något av skillnaden. I matjordens centrala del har mängden porer >5  $\mu\text{m}$  minskat avsevärt. I alven har det liksom på Lanna skett en reduktion av mängden porer i intervallet 0.2-5  $\mu\text{m}$ . På Ultuna och Rudsberg var förhållandet det omvända.



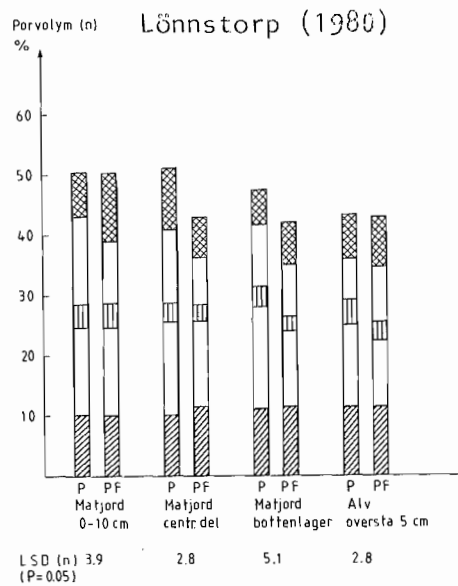
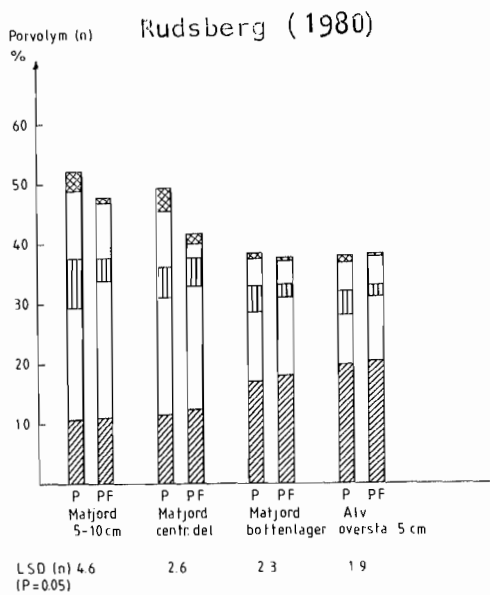
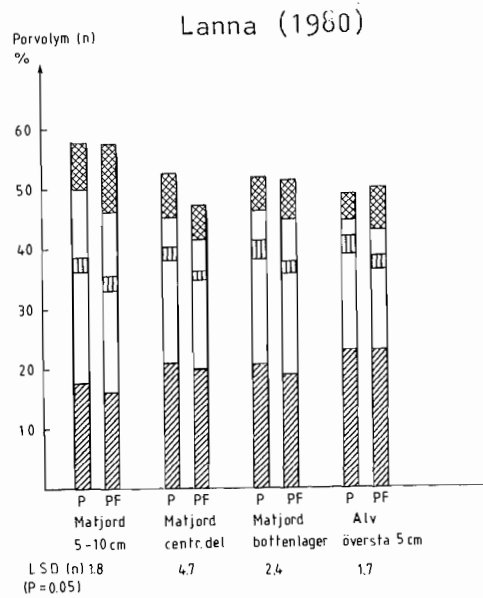
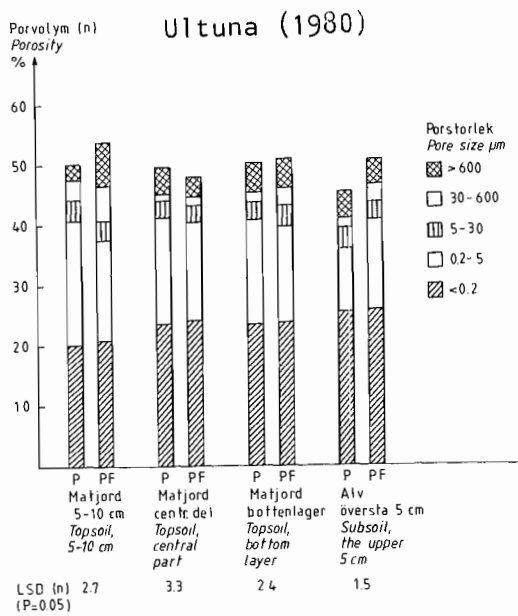


Fig. 4. Porstorleksfördelning i matjorden och i alvens översta del. Provtagning utförd några dagar efter vårsådd på Ultuna, Lanna och Rudsberg och vid tiden för vårsådd på Lönnstorp.

Fig. 4. Pore size distribution in the topsoil and in the upperpart of the subsoil. Soil sampling was done some days after spring sowing at Ultuna, Lanna and Rudsberg and at the time when spring sowing would have been done at Lönnstorp.

### *Vattengenomsläpplighet*

Resultaten framgår av fig. 5. Vid jämförelse med porositetvärden och porstorleksfördelningar i fig. 4 och vid antagande att högre porositet och större andel grova porer också medför högre genomsläpplighet, så är resultatet på Ultunaförsöket i stort de förväntade. Något förvånande är kanske den så stora förbättringen av genomsläppligheten i matjordens bottenlager och i alvens översta del.

På Lanna är resultatet i nivån 5-10 cm och i alven också i överensstämmelse med porositet och porstorleksfördelning i fig. 4, medan resultatet från centrala matjorden är svårtolkat. Spridningen av de enskilda mätvärdena, från det plöjda ledet är emellertid stor, medelfelet för  $P=8.2$  och för  $PF=0.4$ . I matjordens bottenlager uppvisar däremot mätningarna från det plöjningsfria ledet en mycket stor spridning. Medelfelet för  $PF=6.7$  och motsvarande för  $P=0.6$ . Den stora spridningen i mätvärdena från  $PF$  kan vara ett tecken på att det här och var i bottenlagret börjat utvecklas bestående kontinuerliga större håligheter. I sammanhanget måste med eftertryck påpekas att porositet och porstorleksfördelning i sig inte är några värdemätare på kontinuitet. I många fall så medför dock höjd volymvikt försämrade mättad genomsläpplighet (Klute, 1982). Rasmussen (1983) fann en tendens till större mättad genomsläpplighet vid större andel grova ( $>30 \mu\text{m}$ ) porer.

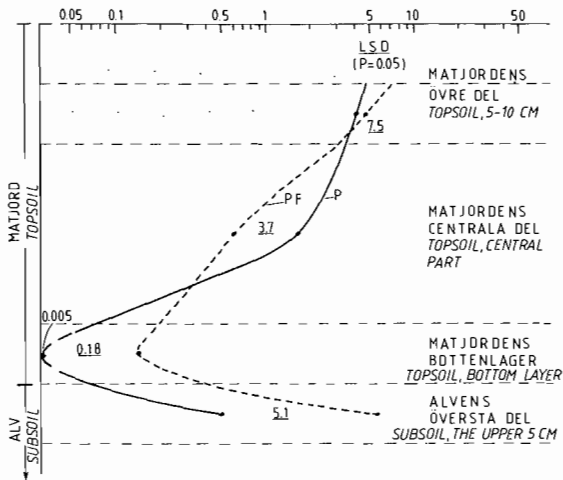
På den struktursvaga jorden på Rudsberg är det helt klart att den uteblivna luckringen drastiskt försämrade genomsläppligheten i centrala matjorden. Även på Lönnstorp har porositetsminskningen i centrala matjorden medfört försämrade genomsläpplighet. Däremot har troligtvis effekterna av den ostörda lagringen i matjordens bottenlager haft positiv effekt på genomsläppligheten trots en porositetsminskning.

### *Luftgenomsläpplighetsmätningar*

Då kurvorna för luftgenomsläpplighet, vid 0.5-1 m:s avsugning, utseendemässigt helt överensstämmer med motsvarande för mättad vattengenomsläpplighet redovisas här endast de senare. Vid luftgenomsläpplighetsmätningarna noterades också att antalet icke mätbara cylindrar från matjorden, d.v.s. prover som hade för stor genomsläpplighet, ökade mer vid stigande avsugningar, bland proverna från plöjda led. Detta är en antydning om att krympning och sprickbildning i matjorden vid torra förhållanden är mindre vid plöjningsfri odling, något som måste vara gynnsamt för vattenhushållningen. Störst bör effekten vara på styva lerjordar eftersom skillnaden i hastighet mellan kapillär vattentransport och transport genom strömning och diffusion är störst på dessa jordar.

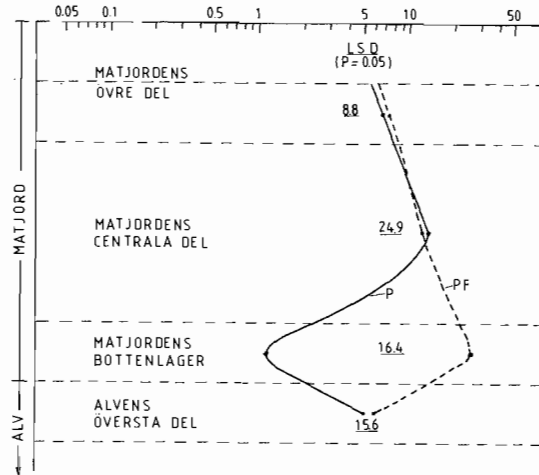
### Uituna (1980)

Genomsläpplighet för vatten,  $k_v$ , cm/tim



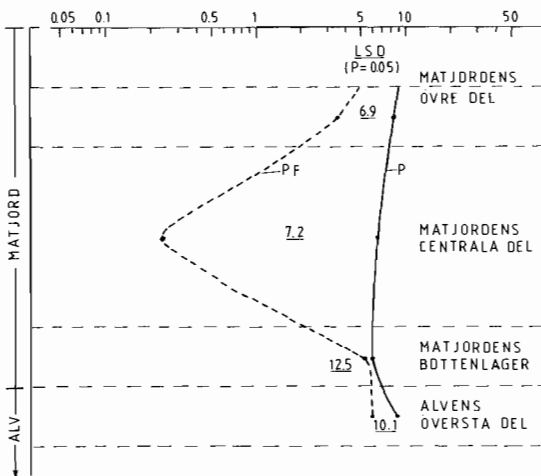
### Lanna (1980)

Genomsläpplighet för vatten,  $k_v$ , cm/tim



### Rudsberg (1980)

Genomsläpplighet för vatten,  $k_v$ , cm/tim



### Lönstorp (1980)

Genomsläpplighet för vatten,  $k_v$ , cm/tim

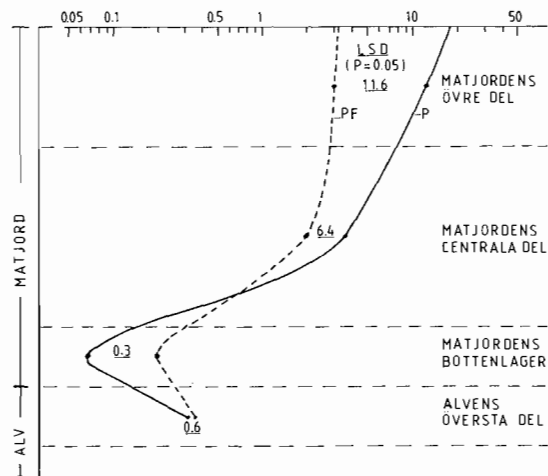


Fig. 5. Mättad vertikal vattengenomsläpplighet. I fig. 4 redovisas motsvarande porositetsvärden och porstorleksfördelningar.

Fig. 5. Saturated hydraulic conductivity,  $k_v$ . Fig. 4 shows the corresponding values of porosity and pore size distribution.

## Infiltrationsmätningar

Resultaten i fig. 6 visar att det var stora skillnader mellan de fyra försöksplatsernas förmåga att infiltrera stora vattenmängder och att effekten av plöjningsfri odling varierade. Anmärkningsvärt är den höga infiltrationshastigheten under hela mätperioden på Lanna i jämförelse med den på Ultuna men också att reduktionen vid plöjningsfri odling var mycket större på Lanna än på Ultuna.

På Rudsberg var infiltrationsförloppet under de första 10 min likt det på Ultuna. På Rudsberg fortsatte sedan skillnaden mellan P och PF att minska, medan så icke var fallet på Ultuna.

Lönnstorp uppvisade över lag en låg infiltrationskapacitet och skillnaden mellan leden var obetydlig.

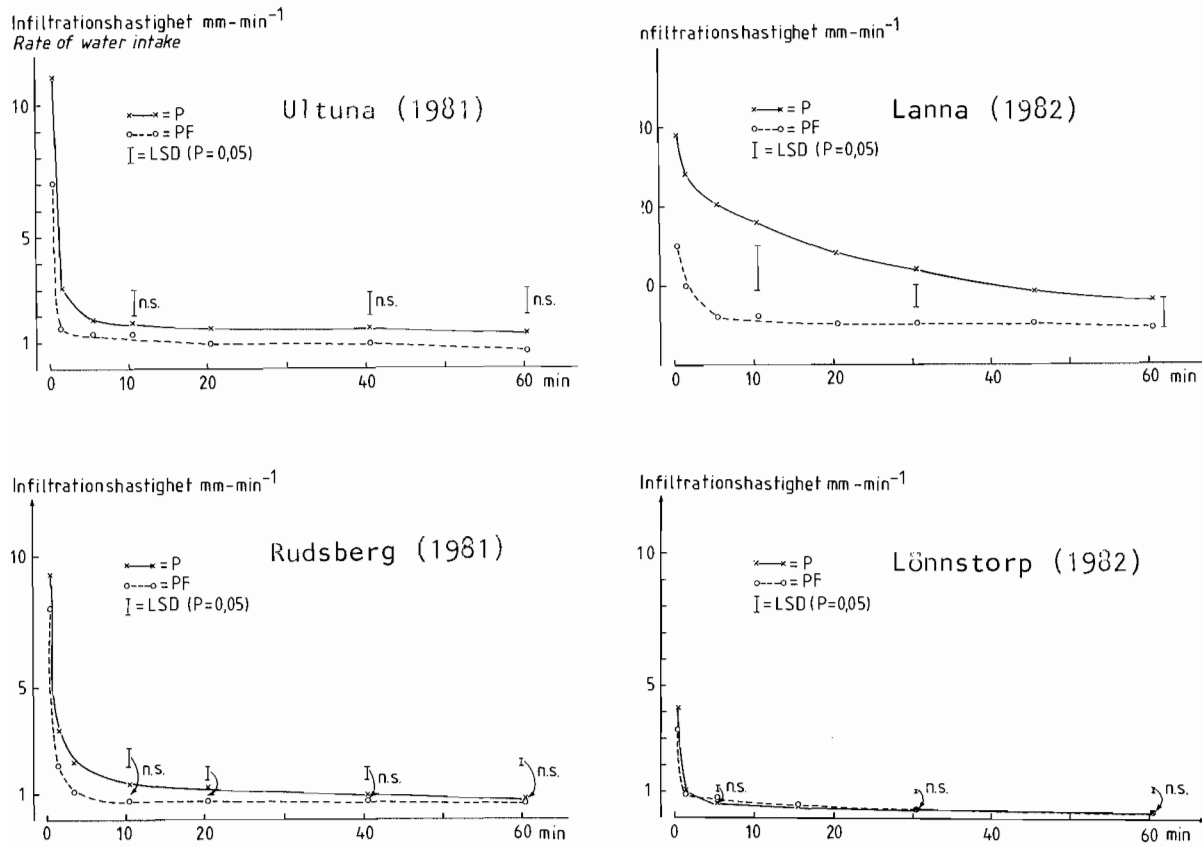


Fig. 6. Infiltrationshastighet några dagar efter vårsådd.

Fig. 6. Rate of water intake some days after spring sowing.

Slutsatsen av dessa mätningar blir att under ej alltför extrema förhållanden bör risken för skadligt ytvatten inte vara större vid plöjningsfri odling på något av försöken. På Lanna var visserligen minskningen förhållandevis stor men infiltrationshastigheten i det plöjningsfria ledet var ändå större under hela mätperioden än på de övriga platserna.

Observera att det inte går att enbart utifrån de vertikala genomsläpplighetsvärdena i fig. 5, beräkna den totala infiltrationsförmågan då denna till stor del också bestäms av horisontell infiltration. Den horisontella infiltrationen är med största sannolikhet mest uttalad i matjorden i plöjda led p.g.a. en inhomogenare struktur, en ofta lägre genomsläpplighet i bottenlagret och en överlag sämre porcontinuitet. Betydande horisontell vatten-transport har konstaterats på Ultuna i matjorden i det plöjda ledet i samband med infiltrationsmätningarna. Om den horisontella infiltrationen inte varit större i plöjda led så borde utifrån fig. 5 och förutsatt likartade förhållanden djupare ned i alven, infiltrationshastigheten i fig. 6 varit större i PF både på Ultuna och Lanna.

### Såbäddsundersökningar

Av fig. 7 framgår att den plöjningsfria såbädden genomgående innehöll en mindre andel små och en större andel grova aggregat än i den plöjda såbädden. Förändringen av aggregatstorleksfördelningen tillsammans med den större mängden oförmultnade skörderester, förklarar mycket av den tidigare i tabell 3 redovisade volymviktsminskningen. Den förändrade aggregatstorleksfördelningen orsakades förmodligen främst av en högre vattenhalt i ytskiktet och/eller av en jämnare och hårdare yta i det plöjningsfria ledet vid vårbrukets start.

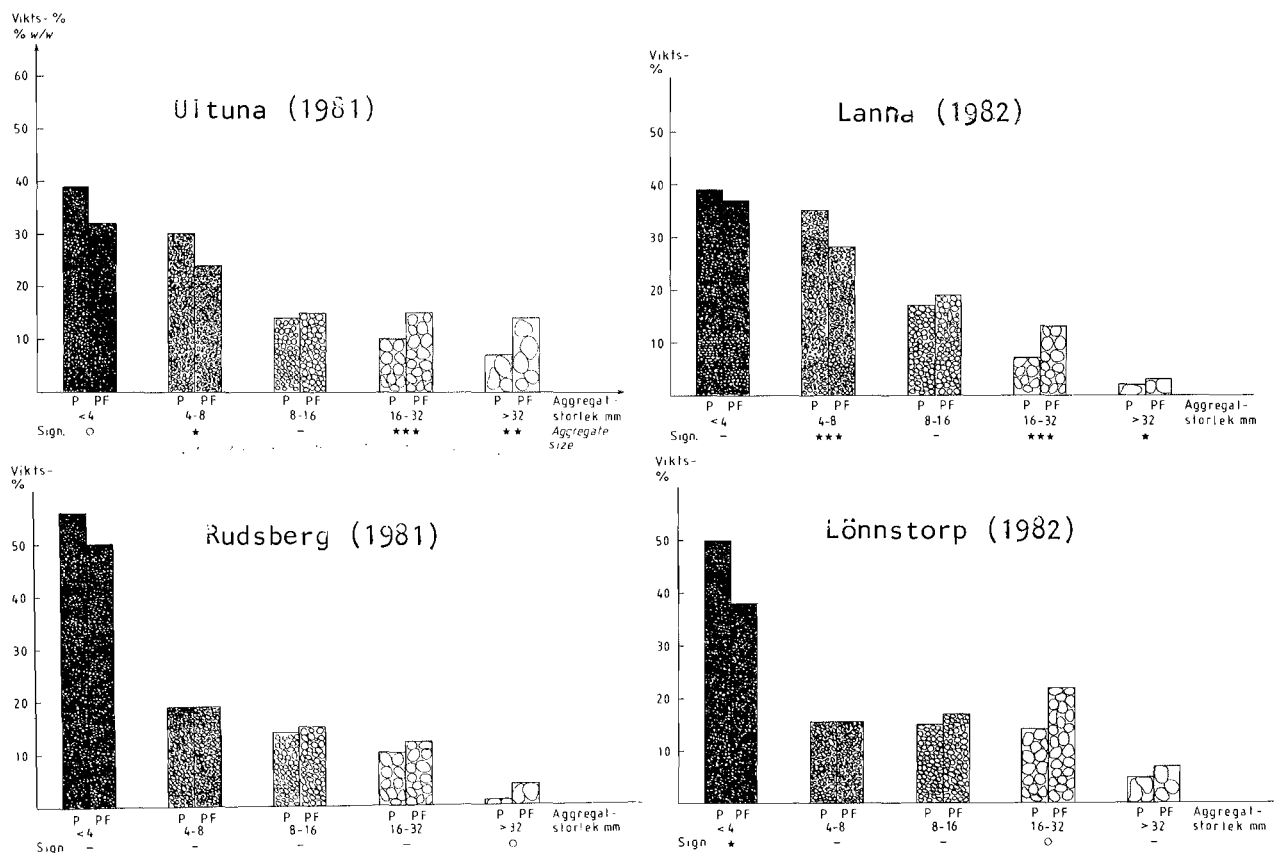


Fig. 7. Aggregatstorleksfördelning i såbädden efter vårsådd.

Fig. 7. Aggregate size distribution in the seedbed after spring sowing.

Marti (1984) fann också han i sina undersökningar i Norge, att andelen grövre aggregat i såbädden ökade vid plöjningsfri odling och som förklaring anförde han högre vattenhalt i nivån 0-2 cm före vårbruket. I Sverige genomfördes under åren 1975-78, som tidigare nämnts, vattenhaltsbestämningar i nivån 0-5 cm, men endast efter vårbruk (Rydberg, opubl.). Även efter vårbruket var vattenhalten i vikts-% signifikant ( $P=0.05$ ) högre vid plöjningsfri odling, 14.7 resp. 14.2, trots en förmodad högre avdunstning från det plöjningsfria ledet p.g.a. en procentuellt större andel grova aggregat.

Henriksson (1974), konstaterar att aggregatstorleksfördelningen vid konventionell bearbetning ofta påverkas av bearbetningsdjupet och att det normala är att andelen stora aggregat minskar med djupet. Han nämner också att de större aggregaten ofta härstammar från en ytskorpa och att deras andel ökar efter en grund bearbetning. Sammantaget betyder detta att något av skillnaden också skulle kunna förklaras av ett grundare bearbetningsdjup i oplöjda led (fig. 2-3).

Den på sid. 12 omtalade ökningen av andelen grova porer i lager 2 beror troligtvis på att även detta lager till viss del består av tillhavad såbädd som packats ned av traktorhjul och bearbetningsredskap. Att vissa skillnader då fortfarande kvarstår är naturligt, i vart fall på jordar med aggregatstruktur.

I samband med såbäddsundersökningarna har ej några sådjupsmätningar utförts. Resultat föreligger dock från mätningar vid andra tillfällen, framför allt efter sådd av vårstråsäd. Dessa ger vid handen ett signifikant ( $P=0.001$ ) mindre sådjup vid plöjningsfri odling, 3.4 cm mot 3.8 cm i det konventionella ledet. Mätningarna är utförda ca. 14 dagar efter uppkomst under åren 1975-83, vid 58 tillfällen och på olika jordar. Sådjupet mättes på uppgrävda plantor (Rydberg opubl.).

Ett vanligt sätt att karakterisera jordstruktur är att mäta aggregatstabiliteten. Aggregaten utsätts då ofta för någon form av vattenbehandling. I fig. 8 redovisas hur den plöjningsfria odlingen på Ultunaförsöket förbättrat aggregatens förmåga att ej falla sönder vid simulerat regn.

Att stabilitetsförbättringen och därav en minskad igenslamning har stor inverkan på ytskorpans hårdhet framgår med önskvärd tydlighet av fig. 9. Den ökade aggregatstabiliteten anses bero på ökad mullhalt (Douglas & Goss, 1982; Tisdell & Oades, 1982). En högre mullhalt är troligtvis också förklaringen till den långsammare upptorkningen i PF i fig. 9. Mullhalten (beräknad utifrån mängden totalkol) var vid mätningen av aggregatstabiliteten och vid skorpstudierna 3.2% i det konventionella och 4.6% i det plöjningsfria ledet.

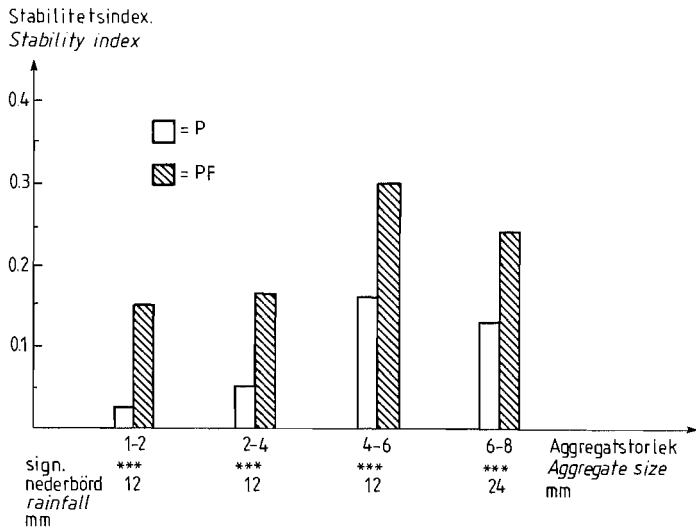


Fig. 8. Skillnad i aggregatstabilitet i såbädden efter 10 år med plöjningsfri odling på Ultuna.

Fig. 8. Difference in aggregate stability in the seedbed after 10 years with ploughless tillage at Ultuna.

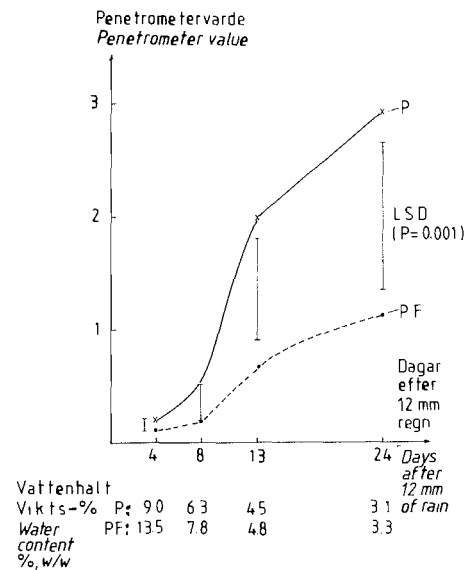


Fig. 9. Skillnad i ytskorpanns hårdhet vid olika vattenhalt efter 10 år med plöjningsfri odling på Ultuna.

Fig. 9. Difference in the hardness of the crust at different water content after 10 years with ploughless tillage at Ultuna.

En viktig förutsättning för jämn uppkomst är ett jämnt sådjup, därvidlag spelar naturligtvis harvbottens jämnhet stor roll. Jämförande undersökningar av harvbottens utseende har hittills inte utförts, men en känsla av att den på mellanleror och styva leror varit jämnare i det oplöjda ledet har alltid funnits. Nu är det emellertid så att vid volymmätningarna, enligt metod b (sid. 3), bestäms en lagertjocklek utifrån skillnaden i två ytors medeldjup i förhållande till ett fixerat 0-plan. Vid varje mätning baseras medeldjupet på 196 st djupmätningar, jämnt fördelade över 0.5 m<sup>2</sup>. Spridningen av dessa mätningar ger således en uppfattning om ytans jämnhet. Utifrån volymmätningarna presenteras i fig. 10 en grafisk beskrivning av skillnaden i harvbottens jämnhet på Ultuna. I diagrammet har 0-planet flyttats ned till harvbottens högst(a) uppmätta punkt(er) och trappstegets yta är proportionell mot frekvensen. På Lanna uppmättes i samband med volymmätningarna däremot ej någon skillnad. En förklaring kan vara att såbäddsberedningen utfördes med krokpinneharv som enligt författaren missgynnade det oplöjda ledet p.g.a. dess jämna fastare yta vid vårbrukets start.

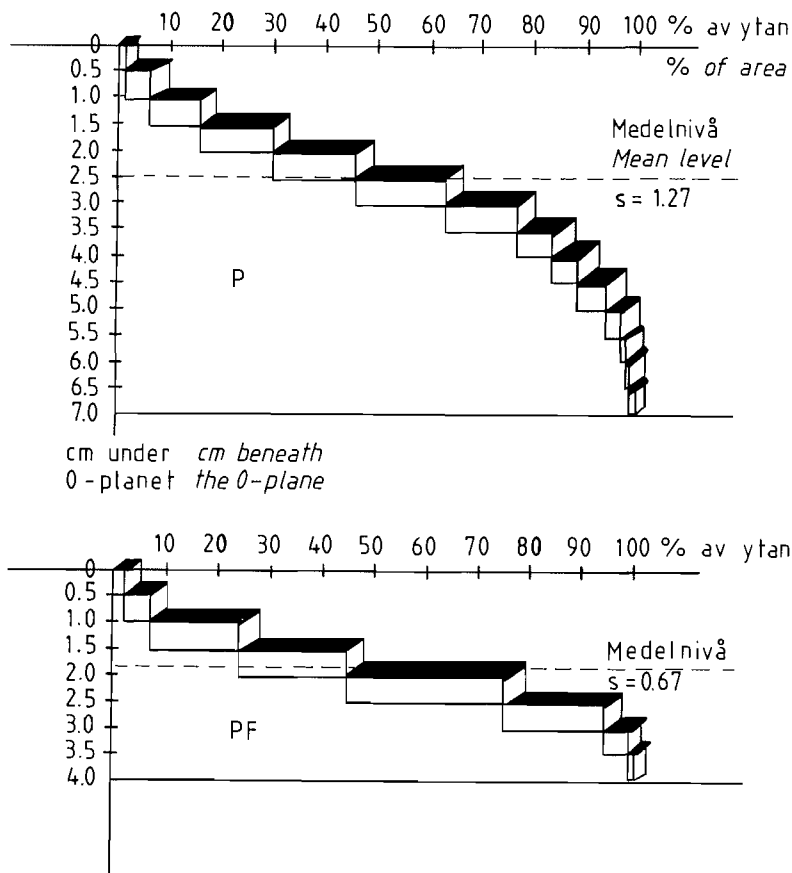


Fig. 10. Skillnad i harvbottens jämnhet på Ultuna efter vårsådd 1980. 0-nivån 22 mm under den genomsnittliga markytan, i både P och PF.

*Fig. 10. Difference in the evenness of the harrowing bottom at Ultuna after spring sowing 1980. 0-level 22 mm beneath the average position of the soil surface, in both P and PF.*

## Markkemiska undersökningar

### *P-AL, K-AL, pH och mullhalt*

Målsättningen var att kartlägga eventuella förändringar av parametrarna P-AL, K-AL, pH och mullhalt efter ca. 10 år med plöjningsfri odling. Resultaten är samlade i tab. 5. Skillnaderna mellan försöken var mycket små. En anrikning av fosfor och kalium har skett i framför allt nivån 0-5 cm medan halterna minskat i nivån från 15 cm och ned till alven. Även mullhalten har ökat i ytskiktet och med undantag för Rudsberg också minskat i nivån från 15 cm och ned till alven. Huruvida de totala mängderna av mull, fosfor och kalium har ökat eller minskat i matjorden går ej att beräkna eftersom det för detta krävs kännedom om de exakta volymvikterna i resp. nivå. I alven tycks procenten mull och halterna av fosfor och kalium vara opåverkade av bearbetningsmetod. Möjligen har P-AL och K-AL ökat på Lanna. En förklaring kan vara en sämre rotutveckling och därigenom ett minskat upptag. Något entydigt samband mellan pH och bearbetningsmetod har ej påträffats vare sig i matjord eller alv.



Tabell 5. pH, P-AL, K-AL samt mullhalt i konventionella (P) och plöjningsfria (PF) led på Ultuna, Lanna, Rudsberg och Lönnstorp, efter ca. 10 år med plöjningsfri odling

Table 5. The pH, P-AL, K-AL and humus in ploughed (P) and unploughed (PF), plots at Ultuna, Lanna, Rudsberg and Lönnstorp, after ca. 10 years of ploughless tillage

Försök, år <i>Trial, year</i>	lager <i>layer</i>	pH		P-AL <sup>1)</sup>		K-AL <sup>1)</sup>		mullhalt <i>humus</i>	
		P	PF	P	PF	P	PF	P	PF
Ultuna, 1984	0-5 cm	5.9	5.8	3.8	5.9	18.0	25.0	3.3	4.5
	5-10	6.1	6.0	4.1	5.4	17.0	21.0	3.5	3.7
	10-15	6.0	6.0	3.9	4.3	18.5	18.5	3.3	3.3
	15-alv	6.1	6.0	4.4	3.3	18.0	17.0	3.3	3.1
	alv-35	6.3	6.4	1.1	0.7	15.5	17.0	1.3	1.4
	35-50	6.7	6.7	0.9	1.2	16.0	16.5	0.9	1.0
	50-70	7.1	7.1	3.6	4.5	16.0	16.5	0.8	0.7
Lanna, 1983	0-5 cm	7.1	7.0	4.8	7.6	11.7	18.6	3.3	3.8
	5-10	7.1	7.1	3.8	6.1	10.1	12.4	3.4	3.4
	10-15	7.2	7.2	3.3	2.8	10.1	9.5	3.1	3.1
	15-alv	7.2	7.2	3.6	2.0	10.9	9.7	3.3	2.6
	alv-35	7.1	7.0	4.5	6.3	11.7	13.9	1.4	1.2
	35-50	7.0	7.0	13.3	14.3	14.9	16.5	0.7	0.6
	50-70	7.0	7.0	20.0	21.1	18.2	20.0	0.5	0.4
Rudsberg, 1983	0-5 cm	6.8	6.8	5.8	8.0	16.7	19.8	3.2	3.7
	5-10	6.8	6.7	8.4	8.5	7.7	11.4	3.0	3.3
	10-15	6.7	6.5	6.1	5.4	9.3	8.3	3.0	2.7
	15-alv	6.8	6.3	6.0	4.4	10.7	7.3	2.9	2.9
	alv-35	6.7	6.3	1.5	1.4	7.8	7.8	0.8	0.7
	35-50	6.6	6.4	1.7	1.9	8.3	8.2	0.5	0.4
	50-70	6.6	6.5	3.1	3.9	9.6	10.0	0.5	0.6
Lönnstorp, 1983	0-5 cm	6.8	6.8	7.1	11.3	6.4	16.1	3.0	3.6
	5-10	6.8	6.7	7.4	8.5	6.4	8.5	3.1	3.2
	10-15	6.6	6.8	7.9	4.9	7.6	5.7	3.1	2.6
	15-alv	6.7	6.7	8.1	3.8	8.0	5.2	3.1	2.6
	alv-35	6.8	6.9	2.2	1.0	5.7	5.6	1.5	1.4
	35-50	7.0	7.0	1.3	0.9	5.7	6.4	1.0	0.8
	50-70	7.6	7.6	3.3	2.8	5.7	5.2	0.9	1.7

1) Ammonium-lactate extractable P and K.

## DISKUSSION

När beslut skall fattas om vilka parametrar som skall ingå i en undersökning påverkas valet mycket av vilka mätningar som tidigare utförts på arbetsplatsen, vilka undersökta parametrar som redovisats av utländska kollegor och även givetvis av den för undersökningen ansvarige personens egna idéer. Resultatet blir emellertid att rapporterade undersökningar om markfysikaliska och markkemiska förändringar innehåller olika undersökta parametrar, vilket försvårar jämförelser. Jämförelser försvåras också av att resultaten är oerhört lokalt bundna och likaså av att förändringarna i många fall saknar referensvärden. I det konventionella plöjda systemet har så många jämförande undersökningar utförts att man ganska väl vet vad storleken på en viss parameter har för inverkan på tillväxtbetingelserna. I det plöjningsfria systemet saknas sådana nästan helt. Ett möjligt sätt att bättre förankra och därmed öka innebörden i parametervärden från plöjningsfria system skulle vara att de långliggande försöken också innehöll rutor med långliggande vall. I vart fall skulle då värdena från plöjningsfria led kunna jämföras med motsvarande värden från vallrutorna, för att på så sätt få en uppfattning om hur nära eller hur långt från "valloptimum" resultaten befanns vara. För närvarande får vi emellertid hålla till godo med situationen som den är.

Målsättningen med undersökningen var, som också nämndes tidigare, att öka kunskapen i stort om effekterna av den plöjningsfria odlingen på markförhållandena och att sedan utifrån de förbättrade kunskaperna försöka förklara de varierande skörderesultaten. Undertecknad lämnar öppet åt läsaren att avgöra om rätt parametrar valts.

### Markfysikaliska undersökningar

Det är en allmän iakttagelse att vid enbart ytlig bearbetning så ökar volymvikten, eller minskar porositeten, i centrala matjorden (Pollard et al., 1981; Nielsen & Hansen, 1982; Rasmussen & Olsen, 1983; Riley, 1983; Marti, 1984). Porositetsminskningen sker på bekostnad av de grövre porerna  $> 30 \mu\text{m}$  (Rasmussen, 1981). Även penetrationsmotståndet ökar (van Ouwerkerk & Boone, 1970; O'Sullivan & Ball, 1982; Ellis et al., 1982; Chaney et al., 1985). Det är författarens bestämda uppfattning att just denna ökade kompaktet som noterades på samtliga 4 försök är den allt igenom överskuggande negativa effekten av plöjningsfri odling i Sverige och som genomgående försvårar rottillväxten i centrala delen av matjorden. Den främsta anledningen till den försvårade tillväxten torde vara ett högre mekaniskt motstånd. Av bild nr 1 framgår att rottillväxten hämmats ordentligt även på Lönnstorp trots att en moränjord betraktas som förhållandevis strukturstabil. Enligt Heinonen (1975) så är visserligen en moränjord okänslig för packning men endast upp till en viss gräns. Överskrider denna gräns så inträffar en drastisk skörderereduktion.

Av bild nr 1 framgår också att rotutvecklingen i matjorden på Rudsberg sommaren 1983 uppvisar ett mera "buskligt" utseende vid plöjningsfri odling än vid konventionell bearbetning. Ellis et al. (1977) redovisar liknande resultat vid direktsådd i jämförelse med chiselplöjning, vilket de anser vara en typisk effekt av ett större mekaniskt motstånd.

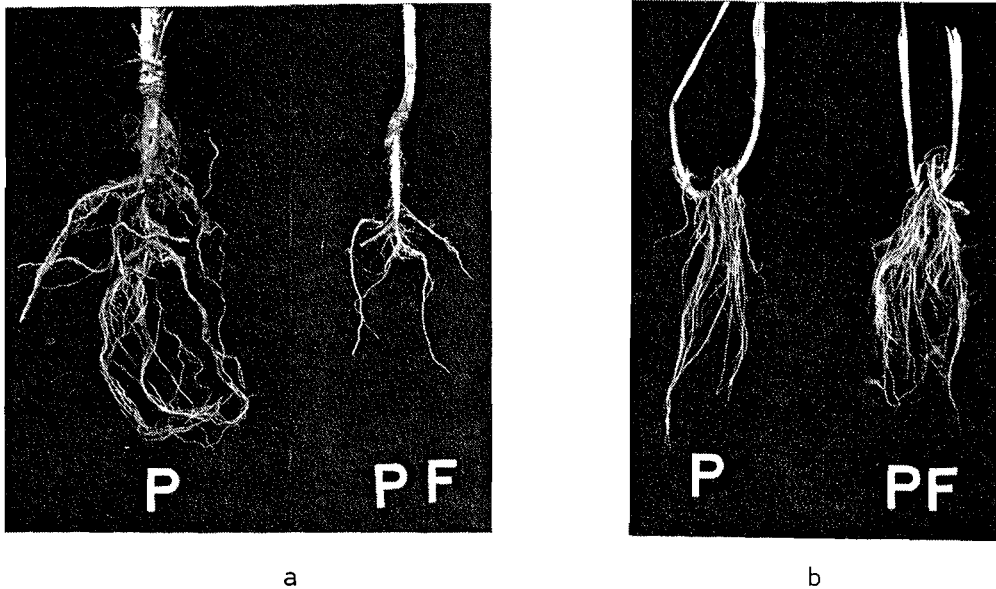


Bild 1. Rotutveckling i matjorden. a) Höstraps på Lönnstorp den 14/6 1983  
b) H-vete på Rudsberg den 26/7 1983.

*Picture 1. Root growth in the topsoil. a) Winter rape at Lönnstorp in June 1983. b) Winter wheat at Rudsberg in July 1983.*

Att den ökade kompaktheten i centrala matjorden medfört omfattande strukturella förändringar bevisas, förutom av att rotutvecklingen hämmats, också av att vattenhållande förmågan i vikts-% vid 1 m:s avsugning reducerats. I samband med volymmätningarna uppmättes reduktionen till 6.0 %-enheter på Lanna, 3.5 på Lönnstorp, 2.9 på Rudsberg och 1.1 på Ultuna. Enligt Giemeroth (1951), citerat av Heinonen (1985) påverkas FC-värdet i vikts-% endast av tung packning. Czeratzki (1966) visade att genom att luckra upp en plogsula på en lerjord så höjdes dess vattenhållande förmåga vid FC från 17% till 19% (i vikts-%). I fig. 11 redovisas den anmärkningsvärt höga korrelationen mellan vattenhaltsreduktionen och relativa skörden motsvarande år. Det är inte speciellt förvånande att matjorden blir alltför kompakt i de plöjningsfria rutorna då dessa behandlas med samma teknik och med samma maskiner som de konventionella. De plöjda rutorna fodrar i många fall en packning av matjorden i samband med höst- och vårbruk vilket de också får vid såbäddsberedningen. De oplöjda har med säkerhet en optimalare struktur redan innan såbäddsberedningen börjar. Dessutom bygger dagens maskinkutveckling på att matjorden kan luckras genom en årlig plöjning.

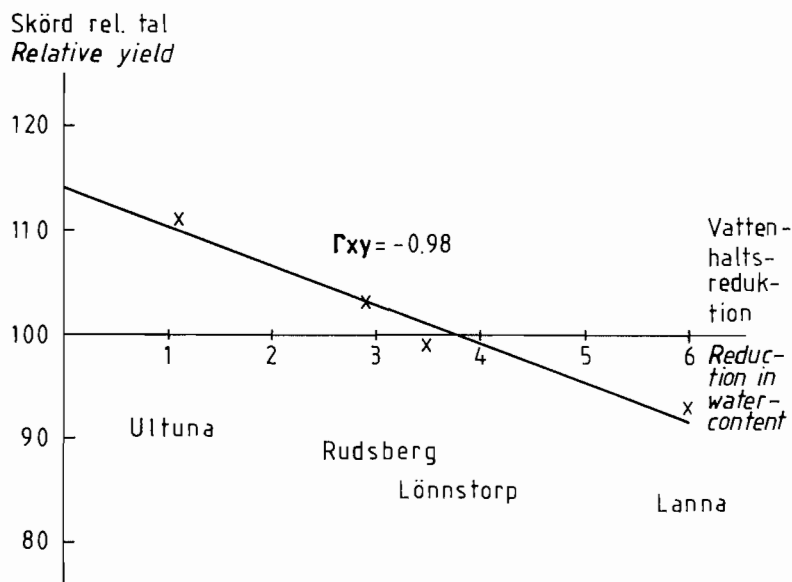


Fig. 11. Korrelationen mellan skörd (rel. tal) och vattenhaltsreduktionen (vikts-%) vid 1 m.v.p. vid plöjningsfri odling.

Fig. 11. Correlation between rel. yield and the reduction in water content, % by weight, with ploughless tillage obtained at 1.0 m water column.

Den minskade luftvolymen i lager 3 skulle också kunna utgöra en källa till allvarligt hämmad rottillväxt genom att anaeoroba förhållanden oftare skulle inträffa. Sannolikheten för detta måste anses liten beroende på bl.a. följande:

1. Volymen luft är trots reduktionen inte anmärkningsvärt låg på Lanna, Rudsberg och Lönnstorp. På Ultuna är volymen låg även i det konventionella ledet.
2. Infiltrationsmätningarna indikerar att risken för ytvatten ej bör vara större vid plöjningsfri odling.
3. Den överlag förbättrade porkontinuiteten som uppstår genom att befintliga kanaler ej förstörs av den årliga plöjningen, och den förbättrade genomsläppligheten i plogsula och alv, utgör tillsammans garantier för en effektiv dränering av lager 3.

4. Avgörande är inte volymen luft utan vilka möjligheter till luftväxling som föreligger.
5. I Sverige råder under den för grödan känsligaste perioden, d.v.s. tiden före och strax efter uppkomst, tämligen torra och nederbördsfattiga förhållanden.

En förbättrad infiltration av vatten (Ehlers, 1975; Goss et al., 1978), och en högre koncentration av syre på 15 och 60 cm:s djup vid odling av höstvetete på lerjord (Dowdell et al., 1979) har konstaterats vid direktsådd i jämförelse med konventionell bearbetning. Ehlers (1975) förklarar den förbättrade infiltrationen med att antalet kontinuerliga porer ökat i obearbetad jord; porer som skapats av rotkanaler och ett ökat antal dagmaskar. Även andra (Barnes & Ellis, 1979; Douglas et al., 1980) har rapporterat en ökning av antalet kontinuerliga porer. På lerjordar underlättas infiltrationen, luftväxlingen och rotpenetrationen dessutom av ett kontinuerligare spricksystem (Ellis et al., 1979). Icke för ty ansåg Boone et al. (1984 a, b) att den svagare rottillväxten som man fann vid direktsådd av korn och sockerbeter, under det våta året 1979 i Holland (235 mm under perioden 20 april till 20 juni), orsakades av anaeroba förhållanden.

För svenska förhållanden finns inga direkta undersökningar på om ökad por-kontinuitet föreligger eller ej. Däremot finns några indirekta bevis. Exempelvis registrerades, i samarbete med institutionen för ekologi och miljövård, en fördubbling av antalet dagmaskar (även viktsmässigt), *Lumbricus terrestris* L., efter 3 år med plöjningsfri odling på en lerjord. Även den förbättrade genomsläppligheten i plogsula och alv på Ultuna, Lanna och Lönnstorp (fig. 5) tyder på ett kontinuerligare por- och spricksystem. Douglas et al., (1980) visade i sina undersökningar med direktsådd att den större mättade vattengenomsläppligheten i övergångszonen mellan matjord och alv berodde på ett ökat antal kontinuerliga porer och att dessa dessutom åstadkommit av dagmaskar. Likaså kan de genomgående lägre vattenhalterna i lager 3 (tab. 4) vara ett resultat av att dräneringen underlättas av en ökad kontinuitet. Det faktum att skillnaden på Rudsberg i infiltrationshastigheten i fält (fig. 6) är mindre än vad som kunde förväntas utifrån vattengenomsläpplighetsmätningarna i laboratoriet (fig. 5), tyder också på förbättrad kontinuitet. Slutsatsen förutsätter dock att den horisontella infiltrationen inte är mindre i det plöjda ledet och att förhållandena djupare ned i alven inte drastiskt förändrats.

De redovisade förändringarna av såbädden vid plöjningsfri odling är övervägande av positiv karaktär. Så har exempelvis ett mindre sådjup, en ökad aggregatstabilitet och en jämnare bearbetningsbotten, var för sig och/eller tillsammans, med säkerhet varit bidragande orsaker till att mindre mekaniska uppkomstproblem noterats i samband med riklig nederbörd omedelbart efter sådd. I ett pilotprojekt under sommaren 1984 noterades också att den plöjningsfria odlingen reducerar evaporationen avsevärt efter nederbörd, troligtvis i första hand genom en minskad igenslamning av såbädden pga av den ökade aggregatstabiliteten och en större mängd oförmultnade skörderester. Ett förbättrat avdunstningsskydd är sannolikt en av de mest värdefulla följderna av plöjningsfri odling då utsikterna för såväl en störningsfri uppkomst som för en god tidig tillväxt markant ökar.

Utan nederbörd efter sådd noterades däremot inga större skillnader i vattenhushållningen. Heinonen (1985) menar att 0.5-2 mm är en optimal aggregatstorlek i renfraktion för att förhindra avdunstningen och Håkansson & von Polgár (1976) rapporterar från modellförsök med stråsådd att såbäddar med aggregat mindre än 2 mm resulterar i en genomsnittligt bättre uppkomst än vad såbäddar med grövre aggregat gör. En ökning av aggregatfraktionen mindre än 4 mm i plöjningsfria såbäddar till samma nivå som i plöjda led (fig. 7) skulle därför eventuellt ha resulterat i lägre avdunstningstakt även utan nederbörd. Den större mängden grova aggregat i plöjningsfria såbäddar kan även vara en nackdel i situationen utan nederbörd genom att den då ökade turbulensen förbättrar genomluftningen och därigenom också borttransporten av vattenånga (Holmes et al., 1960). Att någon skillnad i evaporationshastighet ej noterades efter vårbruk utan nederbörd, trots en mindre mängd små och en större mängd grova aggregat i de plöjningsfria ledet, får delvis tillskrivas skörderesternas förmodade "mulching-effekt" vid torr såbädd.

Märk dock att en snabb upptorkning av såbäddens ytskikt efter regn i många fall är positivt eftersom avdunstningshastigheten därigenom snabbt reduceras (Buckingham, 1907).

Under sommaren 1985 har utökade studier av den plöjningsfria odlingens effekter på avdunstningen genomförts och resultaten från dessa kommer att publiceras inom snar framtid.

#### Markkemiska undersökningar

Fosfor och även kalium rör sig långsamt i marken. Då de appliceras på eller strax under markytan och då det vid plöjningsfri odling sker en begränsad eller ingen omblandning alls av matjorden kommer dessa båda näringsämnen att anrikas i ytskiktet. Många är de som redovisat en yttlig anrikning av P och K, vid utebliven plöjning, bl.a. Shear & Moschler (1969), Triplett & van Doren (1969), Bakermans & de Wit (1970), Ellis et al. (1977), Hodgson et al. (1977), Drew & Saker (1978), Rasmussen & Olsen (1983) och Riley et al. (1985).

Den ytliga anrikningen borde innebära en försvårad upptagning för grödan, speciellt under torra förhållanden. Shear & Moschler (1969) och Triplett & van Doren (1969) fann i sina undersökningar om fosfor emellertid inga bevis för detta. Resultatet förklaras av vissa med att om skörderesterna behålls på ytan så ökar fuktigheten och rotutvecklingen i ytskiktet vilket gynnar framför allt en tidig upptagning (Triplett & van Doren, 1969; Onderdonk & Ketcheson, 1973; Philips & Young, 1973). I USA har t.o.m. påvisats ett ökat upptag av fosfor men även av kalium vid direktsådd majs (Singh et al., 1966; Triplett & van Doren, 1969). I England tillämpas halmbränning både vid direktsådd och plöjningsfri odling. Cannell och Graham (1977) fann trots detta, även under torra förhållanden, inte någon minskad upptagning av fosfor eller kalium. Deras förklaring var att även om skillnader i fördelning av P och K förelåg så var ändå den totala mängden tillräcklig, oberoende av bearbetningsmetod. De påpekade dock att om försöken utförts på jordar med ringa innehåll av P och K kunde resultaten ha blivit annorlunda. För kalium finns däremot rapporter om att brist kan uppstå vid enbart ytliga bearbetningar trots att tillräcklig mängd finns i jorden, något som i huvudsak inträffat under våta och kalla förhållanden (Thomas & Frye, 1984).

Även om det i Sverige inte finns några jämförande studier av grödans upptag av P och K finns ändå skäl att tro att anrikningen i ytskiktet i sig inte försvårar grödans möjligheter att tillgodose sitt behov av fosfor och kalium på Ultuna, Lanna, Rudsberg och Lönnstorp. Detta mot bakgrund av resultaten från utländska undersökningar och med hänsyn tagen till gödslingsteknik, gödselmängd, gödselsort, klimatiska förhållanden och matjordens och alvens totala innehåll av lättlösligt P och K på respektive försöksplats. Dessutom måste nog de erhållna förändringarna i matjorden betraktas som relativt små.

Mängden Ca-AL har ej bestämts då pH ej förändrats och då det utifrån resultat och teorier redovisade av Blevins et al. (1984) ej heller finns skäl att anta att någon större förändring av kalciuminnehållet skulle ha inträffat. Inte heller har några Mg-AL analyser utförts p.g.a. att inga referenser påträffats som påvisat att innehållet på något avgörande sätt påverkas av bearbetningsmetod. Analyser för att kartlägga markens innehåll av mineraliserat kväve har ej heller utförts då det i undersökningar genomförda under åren 1976-82 (Rydberg, opubl.) framkom resultat som tyder på att om en högre mängd kväve skall användas vid plöjningsfri odling, så är det främst aktuellt de 3-4 första åren. Därefter tycks kvävetillgången vara minst lika god som vid konventionell bearbetning.

#### Bedömning av olika jordars lämplighet för plöjningsfri odling

För Storbritanien har Cannell et al. (1978) upprättat en provisorisk karta över olika områdens lämplighet för kontinuerlig direktsådd. Lämpligheten bedömdes utifrån skörderesultat, praktisk erfarenhet, jordart och klimatiska förhållanden. Ett försök att klassificera olika jordars lämplighet för direktsådd enbart utifrån de markfysikaliska parametrarna aggregatstabilitet, krympningsförmåga och packningsbenägenhet har gjorts av Stengel et al. (1984). Packningsbenägenheterna angavs också av Pidgeon (1980) som betydelsefull egenskap vid bedömningen av olika jordars lämplighet för direktsådd i Skottland.

Författaren anser, på basis av markfysikaliska och markkemiska undersökningar, att för svenska förhållanden erhålls ett acceptabelt indicium på om förutsättningar för plöjningsfri odling föreligger eller ej, om de negativa effekterna av en ökad kompaktet i centrala matjorden vägs mot de positiva av ett förbättrat avdunstningsskydd och en ökad genomsläpplighet (porkontinuitet, rotframkomlighet) i matjordens bottenlager och alvens översta del. Effekterna av övriga förändringar anses i detta sammanhang vara av mindre betydelse.

Avslutningsvis görs här med hjälp av det för svenska förhållandena föreslagna tillvägagångssättet en bedömning av lämpligheten med plöjningsfri odling på Ultuna, Lanna, Rudsberg och Lönnstorp.

På Ultuna som ligger i ett försommartorr område borde effekterna av ett förbättrat avdunstningsskydd vara extra värdefullt. På Ultuna registrerades också den största ökningen av vattengenomsläpplighet i plogsula och alvens översta del, vilket måste underlätta bl.a. rotpenetrationen. Om ökningen av vattengenomsläppligheten var störst på Ultuna så var däremot ökningen av volymvikten minst, liksom reduktionen i vattenhållande förmåga vid 1 m v p. Sammantaget betyder detta att de negativa effekterna är förhållandevis små i jämförelse med de positiva.

På Lanna är behovet av ett förbättrat avdunstningsskydd, i jämförelse med på Ultuna, mindre då nederbördsförhållandena även på våren är tämligen goda. Den ökade genomsläppligheten innebär förvisso en förbättring, men av mindre dignitet än på Ultuna. De negativa effekterna av den ökade kompaktheten är med största sannolikhet av allvarigare art än på Ultuna med tanke på att porositetsminskningen och reduktionen i vattenhållande förmåga vid 1 m v p var så mycket större (se sid. 13 resp. 24). Om bedömningen görs utifrån dessa antaganden så är Lanna mindre lämpat för plöjningsfri odling än Ultuna.

Att en reduktion av evaporationshastigheten medelst yttäckning kan resultera i dramatiska skördeökningar på kapillära jordar har visats av Johansson (1984). Yttäckningen bestod av ett 3 cm tjockt lager av mullrik sand. Att behovet av ett förbättrat avdunstningsskydd är speciellt värdefullt på en mo-mj LL beror i första hand på att huvuddelen av rotmassan påträffas i matjorden och att matjorden vid hög potentiell evaporation mycket hastigt kan förlora stora delar av sitt vatten. Matjordens snabba uttorkning vid hög potentiell evaporation förklaras av dels den höga hastigheten med vilket vattnet kapillärt transporteras i matjorden och dels av att alven, p.g.a. en ofta högre lerhalt och därav en långsammare kapillär transporthastighet, inte förmår att förse matjorden med vatten i den takt som vatten levereras till atmosfären. En ökning av antalet stabila och kontinuerliga porer i och mellan plogsula och alv borde vara av extra stort värde på dessa jordar då både en ökning av rot-penetrationen ned i alven och en effektivare kapillär upptransport är mycket önskvärda effekter. Då rotutvecklingen inte hämmats alltför mycket av den ökade kompaktheten (bild 1) och summan av de positiva effekterna kan förväntas vara stor, förefaller det ganska naturligt att tillämpa plöjningsfri odling på den kapillära jorden på Rudsberg.

I England har de struktursvaga och kapillära jordarna alltid betraktats som de minst lämpliga för direktsådd. Nu har emellertid Douglas et al. (1985) presenterat resultat som visar att direktsådd även kan tillämpas på dessa jordar i England utan skördereduktion.

På Lönnstorp liksom på Lanna är de positiva effekterna av ett effektivare evaporationsskydd förhållandevis små p.g.a. gynnsamma nederbördsförhållanden. Även de positiva följderna av den ökade genomsläppligheten i matjordens bottenlager måste betraktas som små då situationen redan är tillfredställande i det konventionella ledet. Däremot har den kontinuerliga plöjningsfria odlingen resulterat i en alltför kompakt matjord (sid. 8), med mycket negativ verkan på rotutvecklingen som följd. Mot bakgrund av detta är i dag, om inte speciella åtgärder vidtages för att minska packningen, den konventionella bearbetningen att föredra framför den plöjningsfria på den baltiska moränleran på Lönnstorp.

I inledningen uttrycktes förvåning över de skilda skörderesultaten på Ultuna och Lanna, över de positiva resultaten på mo-mjälalerorna och de negativa på de baltiska moränlerorna. Som förhoppningsvis framgått har det i rapporten presenterats resultat med vars hjälp de skilda resultaten på Ultuna och Lanna till stor del kan förklaras och detsamma gäller de positiva resultaten på mo-mjälalerorna och de negativa på de baltiska moränlerorna.



## Avslutande synpunkter

I syfte att optimera den plöjningsfria odlingen framstår, utifrån resultaten i undersökningen, framför allt två åtgärder som mycket angelägna att vidtaga. Dessa två är:

1. Att förändra det praktiska genomförandet så att en markant reduktion av packningen äger rum. Harvsådd utgör härvidlag ett intressant alternativ (Rydberg, 1984). Vid harvsådd kan antalet överfarter minskas från fyra (tre harvningar + sådd) till en. Tre försök med "plöjningsfri harvsådd" har startats på Ultuna och planer finns på ytterligare försök. Under sommaren 1985 har den plöjningsfria harvsåddens förmodade gynnsamma effekter på rotutvecklingen studerats och resultaten kommer att publiceras i en kommande rapport från Jordbearbetningsavdelningen.
2. Att utveckla en ny såmaskinskonstruktion. Dagens konventionella såmaskiner, som även används vid plöjningsfri odling, fungerar mer som "räfsa" än som såmaskin om skörderesterna endast arbetats in i ytskiktet. För att en godtagbar utsädesplacering skall vara möjlig bör således skörderesterna bärgas eller brännas; men därigenom elimineras många av de tidigare redovisade fördelarna med att inte plöja. Under det senaste året har emellertid arbetats med att försöka finna svar på frågan om hur sådden skall kunna genomföras på ett optimalt sätt utan att skörderesterna avlägsnas. I nuläget finns förslag till lösning och pengar har sökts i hopp om att snarast möjligt kunna prova den nya såstekniken i fältförsök.

## SAMMANFATTNING

Under åren 1980-84 har markfysikaliska och markkemiska effekter av plöjningsfri odling studerats i försöken på Ultuna (SL), Lanna (SL), Rudenberg (mo-mj LL) och Lönnstorp (ΔLL). Försöken på Ultuna, Lanna och Lönnstorp anlades hösten 1973 och försöket på Rudenberg anlades hösten 1974. I de undersökta plöjningsfria rutorna har den konventionella höstplöjningen ersatts med två-tre stubbearbetningar till ca. 10 cm, medan såbäddsberedning och sådd utförts som i de plöjda rutorna. Från de undersökta rutorna har inga skörderester bortförts, men halmen har hackats i samband med skörd. Målsättningen med undersökningarna har varit att i första hand öka kunskapen om de markfysikaliska och markkemiska effekterna av 5-10-årig plöjningsfri odling.

De markfysikaliska studierna visade bl.a. att kompaktheten ökade i centrala matjorden, att den mättade vattengenomsläppligheten förbättrades i matjordens bottenlager och i alvens översta del, att infiltrationen vid mätningar i fält reducerades, att såbädden blev något grundare och grövre och att aggregatstabiliteten i såbädden förbättrades. I ett pilotprojekt uppmättes också en förbättrad vattenhushållning vid nederbörd efter vårsådd.

Efter ca. 10 år med plöjningsfri odling noterades en ökning av halten lättlösligt fosfor och kalium i ytskiktet och en minskning i matjordens centrala och nedersta del. Även mullhalten ökade klart i ytskiktet och minskade något i centrala och nedersta delen av matjorden. Den plöjningsfria odlingen tycks ej nämnvärt ha påverkat procenten mull och halterna av fosfor och kalium i alven.

Något samband mellan pH och bearbetningsmetod påvisades ej vare sig i matjord eller alv.

På basis av de markfysikaliska och markkemiska undersökningarna presenteras i diskussionsavsnittet ett tillvägagångssätt att bedöma olika platsers lämplighet för plöjningsfri odling.

#### SUMMARY

*The effects of ploughless tillage on physical and chemical properties of soils were investigated during the period 1980-1984 in field trials on Ultuna (heavy clay), Lanna (heavy clay), Rudsberg (silty clay loam) and Lönnstorp (clayey till). Trial plots on Ultuna, Lanna and Lönnstorp were laid down in the autumn of 1973 and those on Rudsberg in the autumn of 1974. In the unploughed experimental plots, conventional autumn ploughing to 20-25 cm was replaced by two or three stubble cultivations to approximately 10 cm depth. Preparation of the seedbed and sowing, on all plots, were carried out using conventional methods. Straw was not removed from any of the plots but was chopped at harvesting. The aim of these investigations was primarily to study the effects of 5-10 years shallow tilling on physical and chemical properties of soils.*

*Soil physical investigations revealed several differences between unploughed and ploughed treatments. Some effects of ploughless tillage were: increased degree of compaction in the middle topsoil; improved saturated hydraulic conductivity in the lower topsoil and upper subsoil; reduced rate of infiltration in field measurements; a shallower and somewhat coarser seedbed; improved aggregate stability in the seedbed. In a pilot experiment during the summer 1984, it was also observed that the unploughed treatment offered a better protection against evaporation, particularly after rainfall.*

*After approximately 10 years of ploughless tillage the content of ammonium lactate extractable phosphorus and potassium has increased in the surface layer and decreased in the middle and lower layers of the topsoil. Organic matter content has followed a similar pattern. Ploughless tillage has not significantly influenced the organic matter, P or K contents of the subsoil. There was no apparent relationship between tillage method and pH in either top- or subsoil.*

*In the discussion, results of these investigations are used to form the basis of a method to assess the suitability of a site for ploughless or conventional tillage.*

## LITTERATUR

- Andersson, S. 1955. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. VIII. En experimentell metod. - Grundförbättring, 8, spec. nr. 2.
- 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, s. 143-154.
- Andersson, S. & Håkansson, I. 1963. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XIV. Om ett par nya metoder att bestämma markens mikrotopografi, dess höjdförändringar och matjordens porositet. - Grundförbättring, 16, s. 1-26.
- Andersson, S. & Wiklert, P. 1972. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XXIII. Om de vattenhållande egenskaperna hos svenska jordarter. - Grundförbättring, 25, s. 53-143.
- Bakermans, W.A.P. & De Wit, C.T. 1970. Crop husbandry on naturally compacted soils. - Neth. J. Agric. Sci., 18, s. 225-246.
- 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, s. 669-679.
- Bertrand, A.R. 1965. Rate of water intake in the field. In C.A. Black (ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1. Agronomy 9. Am. Soc. Agron., Madison, WI, s. 197-209.
- Blevins, R.L., Smith, M.S. & Thomas, G.W. 1984. Changes in soil properties under no-tillage. In R.E. Phillips & S.H. Phillips (eds.), No-Tillage Agriculture, s. 190-230.
- Boone, F.R., Kroesbergen, B. & Boers, A. 1984 a. Soil conditions and growth of spring barley on a tilled and untilled marine loam soil. In Experiences with Three Tillage Systems on a Marine Loam Soil. II. 1976-1979. - Agric. Res. Rep., 925, Pudoc, Wageningen, s. 124-166.
- Boone, F.R., Kroesbergen, B. & Boers, A. 1984 b. Soil conditions and growth of sugar beet on a tilled and untilled marine loam soil. In Experiences with Three Tillage Systems on a Marine Loam Soil. II. 1976-1979. - Agric. Res. Rep., 925, Pudoc, Wageningen, s. 167-204.
- Buckingham, E. 1907. Studies on the movement of soil moisture. - U.S. Dept. Agr. Bureau of Soils. Bullentin 38.
- Cannell, R.Q. 1985. Reduced tillage in North-West Europe - A review. - Soil Tillage Res., 5, s. 129-177.
- Cannell, R.Q. & Graham, J.P. 1977. Effects of cultivation on the nutrient content of the shoots of winter wheat and spring barley on clay soils during a dry season. - ARC, Letcombe Lab. Ann. Rep., 1976, s. 40-41.

- Cannell, R.Q., Davies, D.B., Mackney, D. & Pidgeon, J.D. 1978. The suitability of soils for sequential direct drilling of combine-harvested crops in Britain: a provisional classification. - *Outl. Agric.*, 9, s. 306-316.
- Chaney, K., Hodgson, D.R. & Braim, M.A. 1985. The effects of direct drilling, shallow cultivation and ploughing on some soil physical properties in a long term experiment on spring barley. - *J. Agric. Sci., Camb.*, 104, s. 125-133.
- Czeratzki, W. 1966. Characterization of tillage - induced soil properties for plant growth. - *Grundförbättring*, 19, s. 89-104.
- Douglas, J.T. & Goss, M.J. 1982. Stability and organic matter content of surface soil aggregates under different methods of cultivation and in grassland. - *Soil Tillage Res.*, 2, s. 155-175.
- Douglas, J.T., Goss, M.J. & Hill, D. 1980. Measurements of pore characteristics in a clay soil under ploughing and direct drilling, including use of a radioactive tracer ( $^{144}\text{Ce}$ ) technique. - *Soil Tillage Res.*, 1, s. 11-18.
- Douglas, J.T., Howse, K.R., Goss, M.J., Christian, D.G. & Jarvis, M.G. 1985. Soil factors affecting management options for cereal production on a weakly-structured silty soil. Föredrag på ISTR0-konferens i Guelph, Canada. 1985.
- Dowdell, R.J., Crees, R., Burford, J.R. & Cannell, R.Q. 1979. Oxygen concentrations in a clay soil after ploughing or direct drilling. - *J. Soil Sci.*, 30, s. 239-245.
- Drew, M.C. & Saker, L.R. 1978. Effects of direct drilling and ploughing on root distribution in spring barley, and on the concentrations of extractable phosphate and potassium in the upper horizons of a clay soil. - *J. Sci. Food Agric.*, 29, s. 201-206.
- Ehlers, W. 1975. Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. - *Soil Sci.*, 119, s. 242-249.
- Ellis, F.B., Christian, D.G. & Cannell, R.Q. 1982. Direct drilling, shallow tine cultivation and mouldboard ploughing on a silt loam soil, 1974-1980. - *Soil Tillage Res.*, 2, s. 115-130.
- Ellis, F.B., Elliott, J.G., Barnes, B.T. & Howse, K.R. 1977. Comparison of direct drilling, reduced cultivation and ploughing on the growth of cereals. 2. Spring barley on a sandy loam soil: soil physical conditions and root growth. - *J. Agric. Sci., Camb.*, 89, s. 631-642.
- Ellis, F.B., Elliott, J.G., Pollard, F., Cannell, R.Q. & Barnes, B.T. 1979. Comparison of direct drilling, reduced cultivation and ploughing on the growth of cereals. 3. Winter wheat and spring barley on a calcareous clay. - *J. Agric. Sci., Camb.*, 93, s. 391-401.

- Eriksson, J. 1982. Markpackning och rotmiljö. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för lantbrukets hydroteknik. Rapporter, 126.
- Fergedahl, L. 1967. En metod för framtvättning och undersökning av rotsystem. - Grundförbättring, 20, s. 53-60.
- Goss, M.J., Howse, K.R. & Harris, W. 1978. Effects of cultivation on soil water retention and water use by cereals in clay soils. - J. Soil Sci., 29, s. 475-488.
- Heinonen, R. 1975. Jordarterna och deras brukningsegenskaper.-Lantbrukshögskolan, Uppsala. Medd. B 23.
- Heinonen, R. 1985. Soil Management and Crop Water Supply, 4th ed.-Swedish Univ. of Agric. Sciences, Uppsala.
- Henriksson, L. 1974. Studier av några jordbearbetningsredskaps arbetssätt och arbetsresultat. - Lantbrukshögskolan, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Rapporter, 38.
- Hodgson, D.R., Proud, J.R. & Browne, S. 1977. Cultivation systems for spring barley with special reference to direct drilling (1971-1974). - J. Agric. Sci., Camb., 88, s. 631-644.
- Holder, C.B. & Brown, K.W. 1974. Evaluation of simulated seedling emergence through rainfall induced soil crusts. - Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 38, s. 705-710.
- Holmes, J.W., Greacen, E.L. & Gurr, C.G. 1960. The evaporation of water from bare soils with different tilths.-Trans. 7th Int. Cong. Soil Sci. I, s. 188-194.
- Håkansson, I. 1976. Demonstration av fält- och laboratoriemetodik för bestämning av packningsgraden i matjorden.-Samarbetsorganisationen för fordon-markforskning, Stockholm. Meddelande nr. 19, s. 77-84.
- Håkansson, I. & von Polgár, J. 1976. Modellförsök med såbäddens funktion. I: Såbädden som skydd mot avdunstning. - Lantbrukshögskolan, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Rapporter, 46.
- Johansson, W. 1984. Mjälalerorna - Problem och botemedel. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Kons. avd. rapporter, Allmänt 52, s. 6:1-10.
- Kemper, W.O. 1965. Aggregate stability. In C.A. Black (ed.), Methods of Soil Analysis, Part I. Agronomy 9. Am. Soc. Agron., Madison, WI, s. 197-209.
- Klute, A. 1982. Tillage effects on hydraulic properties of a soil: a review. - ASA Special Publication No. 44, Am. Soc. Agron., Madison, WI, s. 29-43.

- Marti, M. 1984. Kontinuerlicher Getreidebau ohne Pflug im Südosten Norwegens - Wirkung auf Ertrag, physikalische und chemische Bodenparameter. Diss. Norges Lantbrukshøgskole, Ås.
- Morin, J., Goldberg, D. & Seginer, I. 1967. A rainfall simulator with a rotating disc. - Trans. ASAE, 10, s. 74-79.
- Nielsen, C. & Hansen, L. 1982. Reduceret jordbearbejdning på svaer marskjord. - Tidsskr. Planteavl, 86, s. 567-576.
- Onderdonk, J.J. & Ketcheson, J.W. 1973. Effect of stover mulch on soil temperature, corn root weight and phosphorus fertilizer uptake. - Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 37, s. 904-906.
- 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, s. 359-378.
- Phillips, S.H. & Young, H.M. 1973. No Tillage Farming. Wisconsin: Reiman.
- Pidgeon, J.D. 1980. A comparison of the suitability of two soils for direct drilling of spring barley. - J. Soil Sci., 31, s. 581-594.
- Pollard, F., Elliot, J.G., Ellis, F.B. & Barnes, B.T. 1981. Comparison of direct drilling, reduced cultivation and ploughing on the growth of cereals. 4. Spring barley and winter wheat on silt loam soils over chalk. - J. Agric. Sci., Camb., 97, s. 677-684.
- Rasmussen, K.J. 1981. Reduceret jordbearbejdning ved monokultur i byg. - Tidsskr. Planteavl, 86, s. 531-541.
- Rasmussen, K.J. & Olsen, C.C. 1983. Jordbearbejdning og efterafgrøde ved bygdyrkning. 1. Vækstbetingelser, jordfysiske målinger og udbytter ved ensidig byg og sædskiftebyg. - Tidsskr. Planteavl, 87, s. 193-215.
- Riley, H. 1983. Redusert jordarbeiding og halmbehandling til vårkorn på ulike jordarter. II. Jordfysiske forhold. - Kise, Norge. Forsk. Fors. Landbr., 34, s. 221-228.
- Riley, H., Njøs, A. & Ekeberg, E. 1985. Plogfri jordarbeiding til vårkorn. II. Jordundersøkelse - Kise, Norge. Forsk. Fors. Landbr., 36, s. 53-59.
- Robinson, G.W. 1922. A new method for mechanical analysis of soil and other dispersions. - J. Agr. Sci., Camb., 12, s. 306-321.
- Rydberg, T. 1980 a. När kan plöjningsfri odling tillämpas? - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Kons. avd. rapporter, Allmänt 23, s. 6:1-10.
- Rydberg, T. 1980 b. Storparcellförsök med plöjningsfri odling, 1976-78.- Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Rapporter, 59.

- Rydberg, T. 1982. Field experiments with ploughless tillage in Sweden, 1976-1981. - Proc. 9th Conf. Int. Soil Tillage Res. Org., Osijek, Yugoslavia, s. 125-130.
- Rydberg, T. 1984. Studier i plöjningsfri odling i Sverige, 1974-79. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Licentiatavhandling.
- Shear, G.M. & Moschler, W.W. 1969. Continuous corn by no-tillage and conventional tillage methods: a six-year comparison. - Agron. J., 61, s. 524-526.
- Singh, T.A., Thomas, G.W., Moschler, W.W. & Martens, D.C. 1966. Phosphorus uptake by corn (*Zea mays L.*) under no-tillage and conventional practices. - Agron. J., 59, s. 147-148.
- Stengel, P., Douglas, J.T., Guérif, J., Goss, M.J., Monnier, G. & Cannell, R.Q. 1984. Factors influencing the variation of some properties of soils in relation to their suitability for direct drilling. - Soil Tillage Res., 4, s. 35-53.
- Thomas, G.W. & Frye, W.W. 1984. The soil environment under no-tillage versus conventional tillage. In R.E. Phillips & S.H. Phillips (eds.), No-Tillage Agriculture, s. 87-126.
- Tisdall, J.M. & Oades, J.M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. - J. Soil Sci., 33, s. 141-163.
- Triplett, G.B. & van Doren, D.M. 1969. Nitrogen, phosphorus and potassium fertilization of non-tilled maize.-Agron. J., 61, s. 637-639.
- Van Ouwerkerk, C. & Boone, F.R. 1970. Soil physical aspects of zero-tillage experiments. - Neth. J. Agric. Sci., 18, s. 247-261.









Sveriges lantbruksuniversitet  
Institutionen för markvetenskap  
Avdelningen för jordbearbetning  
Box 7014  
750 07 UPPSALA

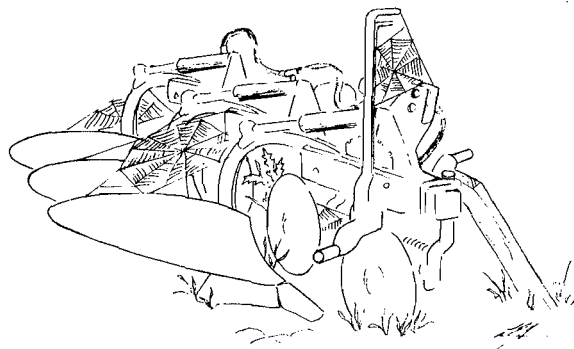
Rapporter från jordbearbetningsavdelningen  
Nr. 74, 1987

ISBN 91-576-3074-7

Tomas Rydberg & Torbjörn Öckerman

PLÖJNINGSFRI ODLING -- DESS INVERKAN PÅ ROTUTVECKLING OCH  
EVAPORATION.

*THE EFFECTS OF PLOUGHLESS TILLAGE ON ROOT DEVELOPMENT AND  
EVAPORATION.*





<b>INNEHÅLLSFÖRTECKNING</b>	<b>Sid.</b>
<b>INLEDNING</b>	1
<b>FÖRSÖKSPLATSER, UNDERSÖKTA LED OCH SKÖRDERESULTAT</b>	1
<b>STATISTISKA BERÄKNINGAR</b>	3
<b>VÄDERLEKSFÖRHÅLLANDEN UNDER 1985</b>	3
<b>ROTSTUDIER</b>	4
METODIK	4
RESULTAT	6
DISKUSSION	21
<b>EVAPORATIONSSTUDIER</b>	25
METODIK	25
RESULTAT	32
DISKUSSION	39
<b>AVSLUTANDE SYNPUNKTER</b>	44
<b>SAMMANFATTNING</b>	44
<b>SUMMARY</b>	47
<b>LITTERATUR</b>	49



# PLÖJNINGSFRI ODLING -- DESS INVERKAN PÅ ROTUTVECKLING OCH EVAPORATION

## INLEDNING

I avdelningen för jordbearbetningens regi pågår sedan mitten av 1970-talet forsknings- och försöksverksamhet kring frågor som behandlar plöjningsfri odling. Huvudsyftet är att undersöka möjligheterna att ersätta den årliga höstplöjningen, till 20-25 cm, med ytligare stubbearbetningar till ca 10 cm.

Under åren 1980-84 har i vissa av de långliggande försöken markkemiska och markfysikaliska effekter av den plöjningsfria odlingen studerats. Resultaten finns publicerade i jordbearbetningens rapportserie nr 70 (Rydberg, 1986). I rapporten framhålls en ökad kompaktet i centrala matjorden som den största negativa effekten av plöjningsfri odling. Den ökade kompakteten har bl a visat sig kunna ha en mycket hämmande inverkan på rotutvecklingen och orsaken antas i första hand vara ett högre mekaniskt motstånd. Som de största positiva effekterna framhålls en reducerad evaporationshastighet och därav en förbättrad vattenhushållning, samt en förbättrad genomsläpplighet (porkontinuitet, rotframkomlighet) i plogsulan.

Då den gjorda rangordningen av effekternas betydelse har ett stort inflytande på det fortsatta arbetet med att optimera resultaten med plöjningsfri odling (Rydberg, 1986); då rotstudierna endast utförts i matjorden och i ringa omfattning; då de direkta bevisen på att evaporationshastigheten reduceras endast härrörde från ett pilotprojekt och då inga internationella arbeten om evaporation i samband med enbart ytliga bearbetningar hade påträffats gjordes bedömningen att den plöjningsfria odlingens effekter på rotutveckling och evaporation borde undersökas ytterligare.

Under år 1985 har därför rotutveckling och evaporation varit föremål för utökade studier och resultaten från dessa presenteras i denna rapport.

Projektet har till stora delar finansierats av från lantbruksuniversitetet under budgetår 1984/85 särskilt avsatta medel för markekologisk forskning.

I rapporten har rotstudiernas metodik- och resultatdel samt sidorna 23-25 skrivits av ass. Tomas Rydberg och agr.stud. Torbjörn Öckerman tillsammans; övriga delar av Tomas Rydberg. Resultaten från rotstudierna har också använts i ett examensarbete av Torbjörn Öckerman med Tomas Rydberg som handledare.

## FÖRSÖKSPLATSER, UNDERSÖKTA LED OCH SKÖRDERESULTAT

Rotutvecklingen har studerats i fyra långliggande försök, varav ett ligger på Ultuna ca 6 km söder om Uppsala, två st på Säby gård (Säby I o II) ca 5 km SO om Uppsala och ett på Finnbo gård ca 15 km väster om Sala.

Evaporationsstudierna har genomförts på utborrade jordcylindrar från försöken på Ultuna, Säby I och Finnbo.

Uppgifter om försökens nummer, anläggningsår och exakta läge redovisas i tabell 1. I tabellen redovisas också en texturanalys och därtill hörande jordartsbeteckning samt vattenhalten vid dräneringsjämvikten och vissningsgränsen i matjorden.

Tabell 1. Sammanställning av vissa uppgifter om försöksplatser *Data on individual experiments*

Försöksplats <i>Site</i>	Försöks nr <i>Exp no</i>	Koordinater <sup>2)</sup> <i>Locality<sup>2)</sup></i>	Texturanalys <sup>3)</sup> <i>Particle size distribution<sup>3)</sup></i>		$w_{t1.0}$ <sup>4)</sup>	$w_{t150}$ <sup>4)</sup>	Jordart <i>Soil type</i>
			Matjord <i>Topsoil</i>	Alv, översta delen <i>Subsoil, the upper part</i>			
Ultuna	141/74 <sup>1)</sup>	6633.8/1603.5	50-29-19-2	54-24-18-2	32.6	18.4	nmh SL <i>Heavy clay</i>
Säby I	357/83	6636.1/1606.3	45-32-22-1	51-37-11-1	34.8	18.3	nmh SL <i>Heavy clay</i>
Säby II	358/83	6636.4/1606.5	25-20-54-1	28-22-49-11	33.7	11.9	nmh moll <i>Clay loam</i>
Finnbo	3/80	6644.8/1528.5	19-56-21-4	23-66-8-3	32.1	9.7	nmh mjLL <i>Silty clay loam</i>

1) Anläggningsår. *Year of start.*

2) Koordinater enligt det system som används på ekonomiska kartan. *Mapping coordinates.*

3) Ler-mjåla-mo-sand i vikts-%. *Clay-silt-fine sand-sand in per cent by weight (limits 0.002, 0.02 and 0.2 mm resp).*

4) Vattenhalt i vikts-% vid dräneringsjämvikten och vissningsgränsen. *Water content (% w/w) at a matric tension of 1.0 and 150 m water column.*

Växtföljden har på alla försöksplatser under den senaste 10-års perioden dominerats av stråsäd med oljeväxter som omväxlingsgröda. År 1985 var grödan på Ultuna vårveete med våroljeväxter som förfrukt, på Säby I och II korn med havre som förfrukt och på Finnbo havre med korn som förfrukt. Vårsådden år 1985 utfördes den 9/5 på Ultuna, den 13/5 på Säby I och II och den 17/5 på Finnbo. Såbäddsberedning och sådd av plöjda och oplöjda led har alltid skett under en och samma dag på respektive försöksplats. Skörderesterna har under pågående försöksperiod i samtliga fall brukats ned. Mängden oförmultnade skörderester i ytskiktet i oplöjda rutor var vid vårbrukets start år 1985 mycket rikliga på Säby I och II, något mindre än normalt på Finnbo och på Ultuna. Växtnäringstillförseln har i huvudsak skett enligt gällande rekommendationer för respektive försöksplats. Någon hänsyn till de plöjningsfria rutornas extra behov av kväve under de första åren har inte tagits.

I samband med vårsådden år 1985 gödslades Ultunaförsöket med 350 kg N:28/ha, Säbyförsöket likaså med 350 kg N:28/ha och Finnboförsöket med 300 kg NPK 20-5-8/ha.

Försöken tillhör delvis olika försöksserier. I samtliga ingår dock de båda huvudleden konventionell bearbetning (P) och årlig plöjningsfri odling (PF). I det plöjningsfria ledet har den årliga höstplöjningen till 20-25 cm ersatts med ytligare stubbearbetningar med kultivator och eller tallriksredskap till ca 10 cm. Såbäddsberedning och sådd har i båda leden utförts på konventionellt sätt, d.v.s 3-4 harvningar med s-pinneharv och därefter separat sådd med kombisåmaskin. Vid samtliga evaporationsstudier är det dessa två huvudled som varit föremål för jämförelse. Rotstudierna på Säby I och II omfattar även en jämförelse med ett plöjningsfritt led där den konventionella såbäddsberedningen och sådden utförts i en enda överfart medelst harvsådd.



Målsättningen med harvsådd i ett plöjningsfritt led är främst att undersöka effekten av ett minskat antal överfarter och därav en minskad packning samt att studera de kraftuttagsdrivna harvarnas förmåga att bemästra rikliga skörderestmängder. Resultat och erfarenheter med harvsådd efter höstplöjning finns rapporterade av Cederlund (1982), Mårtensson (1984) och Huhtapalo (1985).

Hittills har det plöjningsfria ledet med konventionell såbäddsberedning och sådd varit det som avsetts med plöjningsfri odling, men då även det plöjningsfria ledet med harvsådd kan inrymmas i begreppet plöjningsfri odling så kommer för att undvika missförstånd det senare i fortsättningen att kallas för plöjningsfri harvsådd, (PFH).

På Ultunaförsöket har, med undantag för de två första och de två senast åren, kärnskoroden varit i genomsnitt 9 % högre vid plöjningsfri odling. Den något lägre skörden år 1984 förklaras till stor del av en större mängd kvickrot, *Elymus repens* (L.) Gould, i det plöjningsfria ledet. År 1985 orsakades den lägre skörden i första hand av ett i genomsnitt alltför grunt harvningdjup i det plöjningsfria ledet och därav en försämrad uppkomst. På Finnboförsöket har den plöjningsfria odlingen resulterat i högre avkastning samtliga år, i genomsnitt ca 4 %. Från Säbyförsöken föreligger hittills inga meningsfulla skörderesultat. År 1984 kunde försöken inte skördas p.g.a riklig och långvarig nederbörd. År 1985 erhöles ett mycket luckigt och ojämnt bestånd i de plöjningsfria leden. Orsaken var att det vid sådden uppstod "stoppar" i såmaskinen p.g.a en alltför riklig mängd skörderester i ytskiktet. Rotstudierna på Säby och Ultuna har emellertid utförts på platser med fullgod beståndsutveckling.

## STATISTISKA BERÄKNINGAR

Samtliga uträkningar har utförts med en miniräknare, CompuCorp micro-statistican, model 342.

## VÄDERLEKSFÖRHÅLLANDEN UNDER 1985

Som underlag för beskrivningen av väderleksförhållandena har använts SMHI:s månadstidskrift "Väder och Vatten". Under år 1985 har försöken utanför Uppsala och försöket på Finnbo i huvudsak berörts av samma vädersystem. Nedan angivna temperatur- och nederbördsuppgifter för Uppsala är hämtade från klimatstationen på Ultuna. Dessa uppgifter speglar väl förhållandena även på Säbyförsöken. Motsvarande värden för Finnbo kommer från klimatstationen i Sala. Med normal temperatur och nederbörd avses ett medeltal för åren 1931-60.

Året inleddes med mycket sträng kyla, vilken varade under hela januari och februari. Medeltemperaturen i Uppsala (Ultuna) var för januari  $-10.1^{\circ}\text{C}$  mot normalt  $-4.4^{\circ}\text{C}$  och för februari  $-13.0^{\circ}\text{C}$  mot normalt  $-4.3^{\circ}\text{C}$ . På Finnbo (Sala) var medeltemperaturen för januari  $-10.8^{\circ}\text{C}$  mot normalt  $-4.9^{\circ}\text{C}$  och för februari  $-13.2^{\circ}\text{C}$  mot normalt  $-4.5^{\circ}\text{C}$ . Under andra halvan av januari och under hela februari föll också stora mängder snö. Mars månad var temperatur- och nederbördsmissigt normal. Snödjupet reducerades endast obetydligt och var vid månadens slut över 30 cm på samtliga försöksplatser. April var kall och över försöksplatserna passerade många lågtryck. Nederbörden föll både i form av snö och regn. Vid månadens slut var snödjupet 0 cm på alla försöksplatser. Vårbruksmånaden majs första vecka var regnig och kall varför vårbruket försenades ca en vecka. Under de följande två veckorna steg temperaturen till det normala och någon nederbörd av betydelse föll ej. Månaden avslutades därefter med torrt och varmt väder. Det torra och varma vädret fortsatte även en vecka in i juni. Försöksplatserna drabbades således av en tämligen lång period av torka efter vårsådden. Efter den första veckan med sol och värme var junivädret svalt och skurbetonat. Några stora regnmängder föll däremot ej. Uppsala fick under juni 40 mm (normalt = 48 mm) och Finnbo fick 61 mm (normalt = 52 mm). Nederbörd ( $> 2$  mm) föll i juni på Ultuna den 7, 8, 11, 12, 20 och den 28. Nederbörds mängden på respektive dag var, 6.5, 9.7, 5.0, 2.4, 8.9 och 3.3 mm. Motsvarande för Finnbo var den 8, 9, 10, 11, 12, 16, 18 och den 29, med 3.0, 11.0, 7.5, 9.0, 13.5, 3.0, 2.5 och 8.5 mm på respektive dag. Juli som helhet präglades av svalt och ostadigt väder. I Uppsala föll nära 90 mm regn mot normalt 66 mm och på Finnbo ca 75 mm mot normalt 65 mm. Nederbörd ( $> 2$  mm) föll i juli på Ultuna den 4, 15, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 29, 30 och den 31, med 5.9, 7.3, 6.8, 5.7, 14.8, 3.1, 13.9, 11.0, 3.9, 3.9 och 10.6 mm på respektive dag. Motsvarande för Finnbo var den 5, 16, 18, 20, 21, 22, 24, 30 och den 31, med 7.5, 19.5, 2.5, 3.5, 9.0, 3.0, 4.5, 5.5 och 10.0 mm på respektive dag. Under augusti var vädret molnigt och ostadigt. Medeltemperaturen var dock normal liksom även den totala regnmängden. September uppvisade ett temperaturunderskott på ca  $2^{\circ}\text{C}$ , medan nederbörden var normal. Oktober bjöd på mycket solsken och det var också mycket varmt under den första veckan. Månaden blev också mycket torr och med mindre nederbörd än normalt. Årets två sista månader blev liksom de två första kallare än normalt. När december började rädde full vinter både i Uppsala och på Finnbo.

Tidigare erfarenheter har visat att skörderesultaten med plöjningsfri odling försämrats i förhållande till konventionell bearbetning om höstbearbetningarna utförts under våta förhållanden (Rydberg, 1980). Det finns därför skäl att i detta sammanhang också nämna att hösten 1984 genomfördes både plöjning och stubbearbetning under mycket våta och besvärliga förhållanden.

## ROTSTUDIER

### METODIK

Metoden som användes vid dessa studier är närmast att betrakta som en modifiering av de metoder som använts av Wiklert (1960) och Gustavsson (pers.meddelande 1985). Studien utfördes vid två tillfällen, dels vid 3-6 bladsstadiet och dels vid fullbordad axgång.

Vinkelrätt mot sårriktningen grävdes i varje led två gropar ned till strax under det maximala rotdjupet. Den bredd som studerades var 25 cm, d.v.s två fulla sårader. I djupled

delades matjorden in i 5 cm-skikt och alven i 10 cm-skikt. Före rotstudien antecknades plantornas höjd och utvecklingsstadium, sådjup, fuktighetsförhållanden i profilen (torrt, svagt fuktigt, fuktigt, mycket fuktigt), eventuellt påträffad grundvattenytas läge och eventuell ogräsförekomst.

För att få en allmän uppfattning om jordens strukturtillstånd fördes noteringar i varje skikt enligt FAO:s Guidelines for Soil Description (odaterad) angående profilens utseende (matjordsdjup, olika horisonter och eventuellt avvikande lager, framför allt i fråga om packningsgrad), aggregatstruktur (form, storlek, stabilitet), sprickbildning (antal, bredd, längd, riktning), maskgångar (antal/dm<sup>2</sup>, diameter) och övriga porer (antal/dm<sup>2</sup>, diameter).

Med en kniv bröts sedan jorden loss efter naturliga brottytor ca 1.5 cm in i såradens längdriktning. Rötterna preparerades fram och räknades i varje skikt. Vid juniräkningen påträffades inga kronrötter under sådjup, och de rötter som var längre än 5 cm antogs samtliga vara frörötter. Vid juliräkningen räknades i varje skikt totalantalet frö- kron- och sidorötter som var längre än 5 cm. Någon åtskillnad mellan de tre rottyperna gjordes ej vid juliräkningen. Ej heller togs någon hänsyn till om de räknade sidorötterna var av primär eller av högre ordning (indelning enligt Haak, 1978).

För att få en tydligare bild av rötternas allmäntillstånd noterades även för varje skikt: Sidorötter, som ej tagits upp enligt ovan (längd i mm, antal/rot-cm, förgreningar, vitalitet och tjocklek). Rothårsutvecklingen (mängd: riklig eller ringa; längd: långa eller korta; eventuella variationer mellan rötter i samma skikt). Rötternas vitalitet (färg, tjocklek). Rötternas framkomlighet (förekomst i sprickor, porer eller maskgångar, förtjockade ändar och andra tecken på stress).

Resultatet av roträkningen redovisas i form av teckningar, där det stiliserats till ett rot-system i skala 1:7. För att öka tydligheten har rötternas utrymme i breddled gjorts något större, och djupskalan förhåller sig därför till breddskalan som 1:1,3. Plantorna har av utrymmesskäl ritats i skala 1:15.

Antalet frörötter vid juliräkningen antogs vara detsamma på respektive plats och led som vid juniräkningen, och antalet kronrötter antogs vara 4 st, med ett maximalt djup på 10-20 cm (se Wiklert 1960). Reduktionen med djupet av antalet rötter i matjorden vid juliräkningen har i första hand hänförs till kronrötterna, och i andra hand till frörötternas sidorötter. De mer än 5 cm långa sidorötterna har i figurerna ritats 5-10 cm långa.

De korta och tunna sidorötter som har räknats har ritats i skala 1:10. Vidare representerar en sådan ritad sidorot tio verkliga, för att öka tydligheten. Variationer i sidorotsantal per cm mellan olika rötter har noterats. Där förtjockade ändar och/eller koncentrerad sidorotsbildning har observerats så har detta markerats i teckningen.

## RESULTAT

ULTUNA, 10 JUNI 1985

### Allmänt

Den exakta texturanalysen på den styva leran på Ultunaförsöket redovisas i tab. 1. Vår-  
vetegrödan befann sig vid studietillfället i 4-bladsstadiet i båda leden. Harvningsdjupet,  
och därmed också sådjupet var något grundare i det plöjningsfria ledet (PF). Någon skillnad  
i markfuktighet mellan leden noterades ej. I båda leden var markprofilen fuktig upp till en  
cm under ytan.

### Jordprofilen (0-50 cm)

#### Matjorden (0-35 cm)

I det oplöjda ledet märktes en klar förhårdnad på 8-15 cm nivå, en s.k "harvsula", som  
endast var obetydligt utvecklad i det plöjda ledet. Vad beträffar "plogsulan" var förhållandet  
det omvända; denna kunde klart urskiljas på nivån 23-35 cm i det plöjda, men var praktiskt  
taget obefintlig i det oplöjda. Dessa förhårdnader avspeglas också i de volymviktsskillnader,  
som tidigare redovisats i tabell 2. Vidare var övergången mellan matjord och alv skarpare  
i det plöjda ledet, där även en "hålsula" återfanns på 20-22 cm djup.

Ledskillnader konstaterades också vad beträffar aggregatens form, där det i oplöjt led  
återfanns ett större antal avrundade aggregat. Samma led uppvisade också betydligt fler  
stabila, framför allt små, sprickor och porer - dock ej i harvsulan. I denna påträffades  
däremot många gamla fjolårsrötter, som ej förmultnat. I det plöjda ledet var sprickorna  
större, och främst lokaliserade till gränstorna mellan tiltorna. Förekomsten av mask-  
gångar i matjorden var mycket låg i båda leden, och gav ej underlag för en säker bedömning  
av eventuella skillnader.

#### Alven (35-50 cm)

Några större ledskillnader konstaterades ej i alven.

### Rotutveckling (se fig. 1)

Den totala rotutvecklingen (summan av de mer än 5 cm långa rötterna i samtliga skikt)  
var störst i det plöjningsfria ledet, där även det maximala rotdjupet var 5,5 cm större.  
Däremot hade rötterna i PF tydliga svårigheter att tränga igenom harvsulan. Detta led  
hade också genomgående utvecklat fler sidorötter. Några ledskillnader ifråga om rothårs-  
utveckling noterades ej, men för båda leden gällde att rothåren var rikligast och vitalast i  
5-10 cm skiktet.

I matjorden i den plöjda ledet växte redan ett stort antal rötter längs med halmrester till  
skillnad från i det oplöjda där många rötter påträffades i permanenta sprickor och porer,

framför allt i harvsulan. Dessa sprick- och porrötter var tjocka, ogrenade, utan synliga rothår och mycket vita. Vid 8-10 cm i PF-ledet uppvisade många rötter koncentrerad sidorotsbildning och förtjockade ändar. I några fall hade en horisontell sidorot övertagit dominansen. På dessa rötter var också mängden rothår mycket stor.

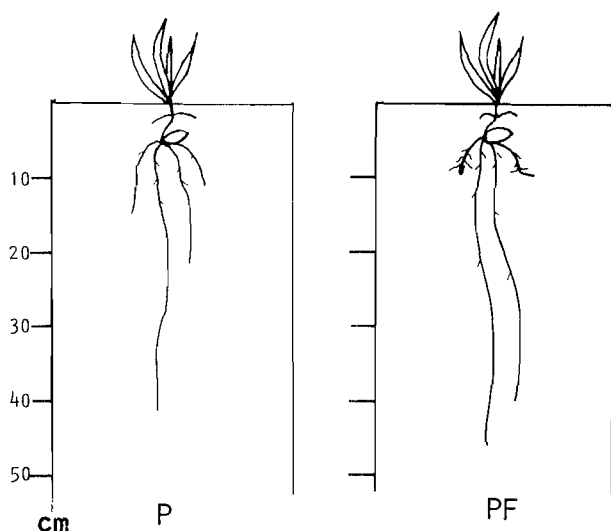


Fig. 1. Rotutveckling på Ultuna, juni 1985. P = Plöjt, PF = Plöjningsfri odling.  
*Root development at Ultuna, June 1985. P = conventional tillage, PF = ploughless tillage.*

ULTUNA 16-18 JULI 1985

### Allmänt

Vårvetet hade vid detta andra studietillfälle fullbordat sin axgång, och nått en höjd av c:a 95 cm i det oplöjda ledet och c:a 90 cm i det plöjda. I båda leden var profilen fuktig ner till 10 cm; torr mellan 10-25 cm; svagt fuktig mellan 25-30 cm och fuktig därunder.

### Jordprofilen (0-135 cm)

#### Matjorden (0-35 cm)

Hela matjorden var nu mycket hård i det plöjda ledet, och endast vid 10-15 cm var den mindre kompakt än i det plöjningsfria.

### Alven (35-135 cm)

Inga större ledskillnader kunde heller denna gång iakttas i alven. I båda leden observerades ett skikt på 50-60 cm djup med mindre stabila aggregat och ett mindre antal sprickor och porer. Därunder övergick alven gradvis till en prismatisk struktur.

### Rotutveckling (se fig. 2)

Exakt lika totalantal rötter observerades i båda led, dock var distributionen ej densamma. De maximala rotdjupen var också nästan identiska i de båda leden utan att ha begränsats av någon grundvattenyta. Den ökade hårdheten i matjorden i det plöjda ledet avspeglades tydligt i en mindre rotutveckling ner till 30-35 cm djup, med en viss ökning av rotantalet i halmsulan på 20-22 cm. Denna lägre rotförekomst i matjorden verkar dock ha kompenserats i underliggande lager. Det oplöjda ledet hade totalt en rikligare rotutveckling i matjorden där det packade lagret - harvsulan - på 10-15 cm djup inte nämnvärt påverkat rotantalet. Här kunde endast en svag minskning jämfört med P iakttas.

Även antalet korta sidorötter var klart större i matjorden i PF, medan antalet i alven i stort sett var detsamma. Rothårsutvecklingen var för båda leden närmast obefintlig i matjorden vid studietillfället, med undantag av de rötter som i PF växte i sprickor i harvsulan. Under 50 cm var rötterna i båda led, men dock mer accentuerat i det plöjda, rothårsbemängda med rikliga förgreningar och vackert klistrade längs aggregatytorna. I de översta 30 cm fanns inga klart vita rötter, och i plogsulan var rötterna mycket tunna, speciellt i plöjt led, för att därunder i båda led åter bli kraftigare.

I det oplöjda ledets harvsula tog sig många av rötterna ganska väl fram genom befintliga sprickor och porer, men liksom i juni påträffades stoppade rötter med förtjockade ändar och en koncentrerad sidorotsbildning omedelbart ovanför det packade lagret. Detta antyder att rotutvecklingen här skulle ha kunnat vara ännu kraftigare i PF om inte dessa svårigheter vid harvsulan hade funnits.

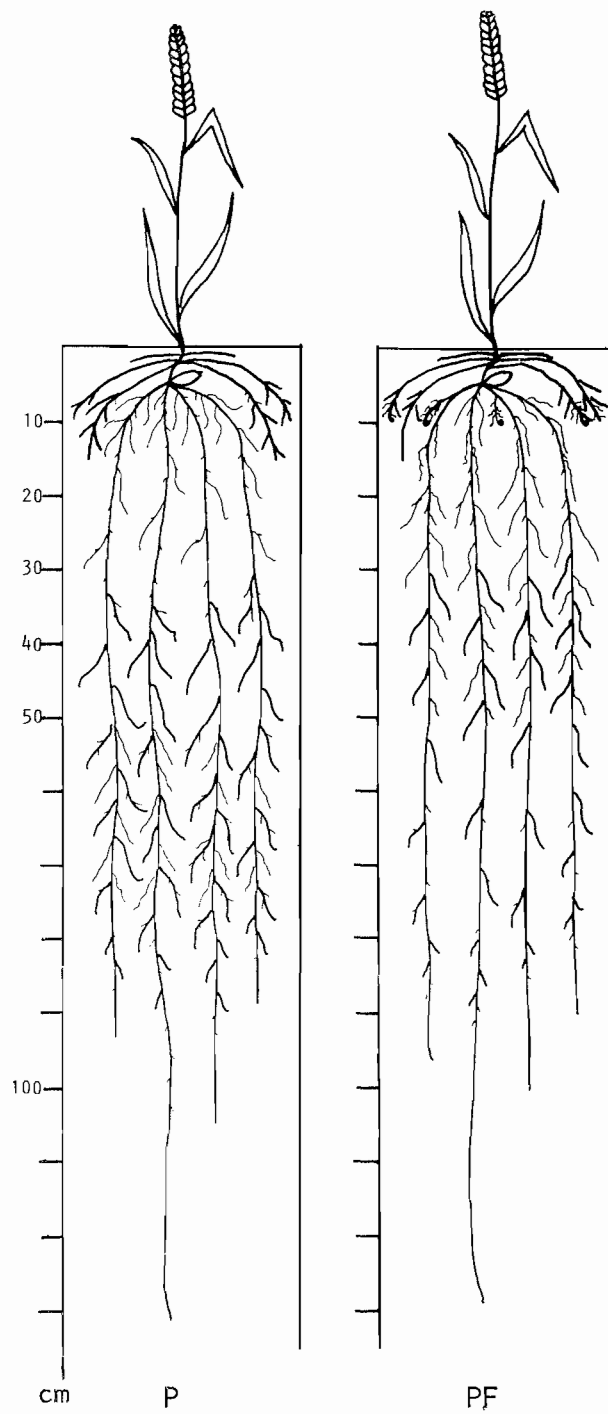


Fig. 2. Rotutveckling på Ultuna, juli 1985.  
*Root development at Ultuna, July 1985.*

### Allmänt

Korngrödan på den styva leran (tab. 1) på Säby I var vid studietillfället i 4-5 bladstadiet. Den var högst i ledet med plöjningsfri harvsådd (PFH), några centimeter lägre i det plöjda ledet (P) och ytterligare några cm kortare i det plöjningsfria (PF). En misslyckad sådd på grund av rikliga skörderestmängder medförde ojämn uppkomst i PF och PFH. Rotstudien genomfördes dock i dessa led på ytor där sådden ej påverkats av problemen vid sådden. Markprofilen var i alla led fuktig upp till 1 cm under ytan. I de ej plöjda leden återfanns fler tistlar än i det plöjda, dock ej vid studieplatserna.

### Jordprofilen 0-70 cm)

#### Matjorden (0-35 cm)

I det plöjningsfria ledet (PF) iaktogs en svagt men tydligt utvecklad harvsula på 10 cm djup. Denna förhårdnad var knappt märkbar i P och PFH. De volymviktsmätningar som utfördes i centrala matjorden visade även de högst värden i PF, medan PFH här intog en mellanställning. Omedelbart ovanför harvsulan påträffades en svag halmkoncentration i de båda oplöjda leden. En måttligt hård plogsula observerades i det plöjda ledet på 25-35 cm djup. Samma förhårdnad återfanns också i de båda övriga leden, fast svagare utvecklad och endast några centimeter i tjocklek. Denna skillnad i hårdhet återspeglades även i resultaten från volymviktsmätningarna. I det plöjda noterades dessutom ett halmlager på 25-28 cm djup, med vid tiltläggningen uppkomna halmtussar. Övergången till alv var i det plöjda ledet skarp och distinkt på 35-38 cm djup, medan den i PF och PFH var diffus och omfattade skiktet 32-40 cm.

Aggregaten var porösa och lätt sönderfallande i P och PFH, under det att dessa egenskaper var sämre utvecklade i PF, och då speciellt i harvsulan. På plogsuledjup uppträdde samma strukturförändring i stället i det plöjda ledet.

Det plöjda ledet hade också få, i huvudsak horisontella sprickor, och betydligt färre porer än i övriga led. I de båda oplöjda leden var de rikligt förekommande sprickorna dessutom vertikala, och i den oplöjda harvsådden också genomgående bredare (större än 1 mm). De båda oplöjda leden innehöll även många små porer, men det var endast i den oplöjda harvsådden som rikligt med stora porer kunde konstateras. Den ökade sprick- och porbildningen i de båda oplöjda leden förstärktes av en ökad frekvens maskgångar, och där förekom mer än dubbelt så många som i det plöjda ledet. Dessutom återfanns maskgångarna i de oplöjda ledet högre upp i profilen, t.o.m ända upp i såbädden.

#### Alven (35-70 cm)

Några större ledskillnader konstaterades ej i alven.



### Rotutveckling (se fig. 3)

Den totala rotutvecklingen var klart störst i den plöjningsfria harvsådden (PFH) och ganska lika i P och PF, där endast skillnader i rötternas fördelning på olika skikt observerades. Sålunda uppvisade PF en avsevärd reduktion av rotantalet på harvsuledjup (10-15 cm), som ej kunde iakttas i P, medan PFH här intog en mellanställning. Den sämre rotutvecklingen i det oplöjda kompenseras dock av en snabbare penetration av plogsulan, och därmed fler djupa rötter än i det plöjda. Den bästa djupgående förmågan kunde dock noteras för den plöjningsfria harvsådden, där rötterna trängt mer än 10 cm djupare än i övriga led.

Genomgående hittades många rötter i maskgångar och sprickor, och i det plöjda ledet återfanns följaktligen en stor andel horisontellt växande rötter (ej utritade). I det plöjda fanns enstaka förtjockade ändar på 25 cm djup, men i övrigt observerades inga direkta tecken på försämrad rotframkomlighet i något av leden.

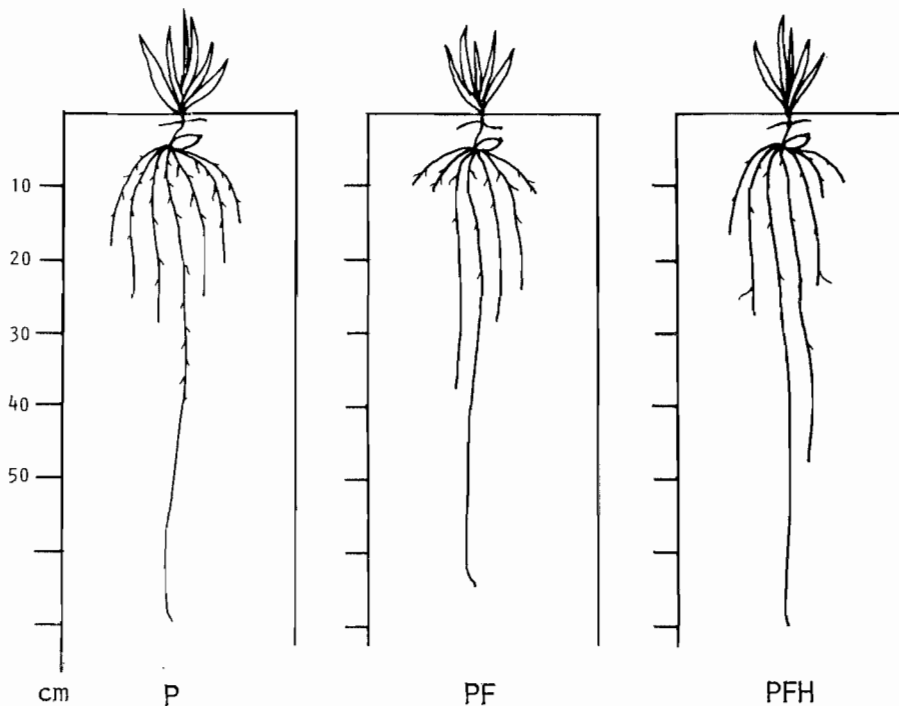


Fig. 3. Rotutveckling på Säby I, juni 1985. P=plöjt, PF=plöjningsfri odling, PFH=plöjningsfri harvsådd.

*Root development at Säby I, June 1985. P=conventional tillage, PF=ploughless tillage, PFH=stubble cultivation and once-over sowing.*

### Allmänt

Kornet hade nu fullbordat sin axgång, och nådde en höjd av 75 cm i PFH och cirka 70 cm i övriga led. Bestockningen var dock något kraftigare i PF än i de övriga leden. Såbädden var fuktig efter regn, 5-25 cm-lagret var torrt och därunder var profilen åter fuktig. Det plöjda ledet var torrare i matjorden än de båda oplöjda leden. En grundvattenyta påträffades på 157 cm i PFH, och på 147 cm i P och PF.

### Jordprofilen (0-155 cm)

#### Matjorden (0-35 cm)

I det plöjda ledet hade nu utvecklats betydligt fler sprickor - såväl vertikala som horisontella - och porernas antal hade ökat. I PFH noterades flera mycket långa, vertikala sprickor, en del genomgående från 10-120 cm djup.

#### Alven (35-155 cm)

Ej heller denna gång kunde några större strukturskillnader observeras i alven, som i alla led gradvis fick ett större gyttjeinslag med djupet och med stora prismatiska aggregat.

### Rotutveckling (se fig. 4)

Störst total rotutveckling noterades nu i det plöjda ledet, helt beroende på en större ökning av antalet rötter i matjorden (rötter som dock var tunnare än i övriga led). Skillnaderna mellan leden var dock ganska små, med den plöjningsfria harvsådden i en mellanställning vad rotantalet beträffar. Även i alven var rötterna något tunnare i P-led. Eventuella skillnader i djupgående mellan leden är svåra att uttala sig om, eftersom det maximala rotdjupet i alla led begränsades av en grundvattenyta. Den plöjningsfria harvsådden uppvisade den genom hela profilen jämnaste rotfördelningen. I det plöjningsfria ledet (PF) iaktogs däremot en svag minskning av rotantalet i harvsulan på 10-15 cm djup. I plöjt led var det emellertid i plogsulan som en minskning av totala rotantalet kunde konstateras. Flera rötter uppvisade en koncentrerad sidorotsbildning omedelbart ovanför plogsulan.

I matjorden i P återfanns också flest sidorötter, med undantag av i plogsulan, där förgreningstendensen var mycket svag. Sidorotsbilden var dock annorlunda i alven, där det tvärtom var de båda oplöjda leden som hade flest sidorötter. För alla led iaktogs vitala rothår endast i alven, och dessa var där kraftigast i de båda oplöjda leden.

I det oplöjda kunde rötterna penetrera harvsulan genom de rikligt förekommande kanalerna. Trots det observerades enstaka förtjockade ändrar tillsammans med en koncentrerad sidorotsbildning omedelbart ovanför denna. I det plöjda där rotframkomligheten begränsades av plogsulan, återfanns rötterna gruppvis i de få existerande sprickorna. I alven påträffades rötterna huvudsakligen i sprickor mellan aggregaten, framför allt på djup överstigande 60 cm och några större ledskillnader kunde härvid inte noteras.

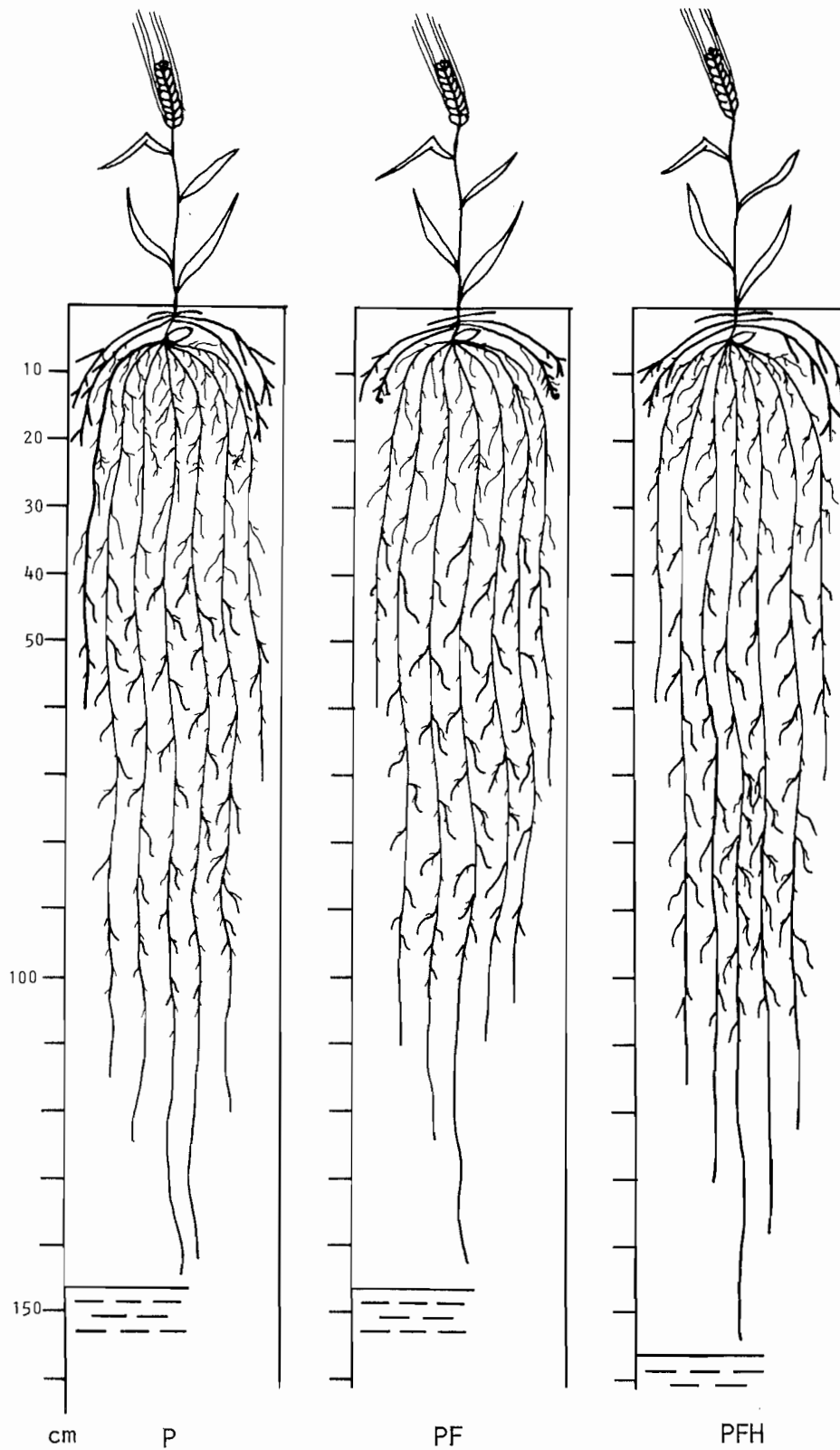


Fig. 4. Rotutveckling på Säby II, juli 1985  
*Root development at Säby II, July 1985.*

### Allmänt

Korngrödan på den lättbrukade molättleran (tab. 1) på Säby II befann sig vid studietillfället i 5-6 bladsstadiet i det plöjda ledet, men var några centimeter kortare och endast i 4-bladsstadiet i PF och PFH. Dessa utvecklingsskillnader var mycket tydliga och kunde iakttagas från 50 meters håll. På grund av regn under dagen var matjorden fuktig ända upp till ytan. I de båda oplöjda leden hittades cirka tre gånger så mycket frögräs som i det plöjda.

### Jordprofilen (0-70 cm)

#### Matjorden (0-35 cm)

I det plöjda ledet var markytan något högre än i de båda oplöjda leden, vilket med lätthet iakttogs med blotta ögat. I PF-ledet var harvsulan tydlig på 8-12 cm djup. Även i den plöjningsfria harvsådden märktes en harvsula, men svagare utvecklad. På harvsuledjup noterades i dessa led dessutom ett centimetertjockt halmlager. Vad beträffar det plöjda ledet var matjorden porösare än i de oplöjda leden, men en tydlig plogsula (som endast svagt märktes i övriga led) hade utvecklats på 28-35 cm djup. Här påträffades också ett halmlager med vid tilläggningsen uppkomna halmtussar. Övergången till alv var mycket skarp i det plöjda, och återfanns på cirka 30 cm djup. I de båda oplöjda leden var denna övergång mindre tydlig, och på ett något mindre djup (cirka 26 cm).

Matjorden hade i alla led ett stort enkelkornsinslag, och aggregaten var löst sammanhållna. Någon större skillnad i aggregatens form eller stabilitet kunde dock inte konstateras. Genomgående förekom endast få sprickor, och de som fanns var smala (mindre än 1 mm) och korta (mindre än 10 cm). I de packade lagren (harvsulan och plogsulan) märktes dock en reduktion av både sprickornas antal och bredd. I harvsulan var denna mest uttalad i PF och i plogsulan i P. I hela matjorden påträffades både flest och störst porer i det plöjda ledet.

Maskgångarna var å andra sidan fler i de båda oplöjda leden, men var överallt ganska smala. Skillnaden i maskgångsfrekvens mellan det plöjda och de oplöjda leden var dock i detta fallet betydligt mindre än vad som var fallet på Säby I.

#### Alven (30-70 cm)

Övre delen av alven (30-45 cm) bestod i alla led av ett skikt med ganska högt sandinnehåll, med ett med djupet gradvis ökande lerinslag. Här återfanns också kanaler med järnutfällningar. Under 45 cm steg lerhalten mycket snabbt, och en klar färgförändring mot blågrått inträdde. Strukturen blev med djupet också allt mer prismatisk. I hela detta skikt under 45 cm förekom rikligt med sprickor och gamla rotkanaler, och järnutfällningar var också här mycket vanliga. Inga ledskillnader kunde konstateras för alven.

### Rotutveckling (se fig. 5)

Den totala rotutvecklingen var rikligast i P och PFH, och dessa båda led hade också ett maximalt rotdjup, som med några centimeter överträffade PF. I matjorden var dock det plöjda ensamt överlägset de övriga två leden. Den oplöjda harvsådden hade ett något större antal djupgående rötter. Flest och djupast förekommande sidorötter noterades däremot i det plöjda ledet. Vid en jämförelse av sidorötsutvecklingen mellan de båda oplöjda leden återfanns i PF flest sidorötter på nivån 0-10 cm, medan förekomsten därunder var störst i PFH.

Rothårsutvecklingen var liten i alla led, dock med något mer i matjorden än i alven. Inga ledskillnader konstaterades.

I det plöjningsfria ledet hade många rötter stannat på 8-10 cm djup, dock utan att i övrigt visa några stressymptom.

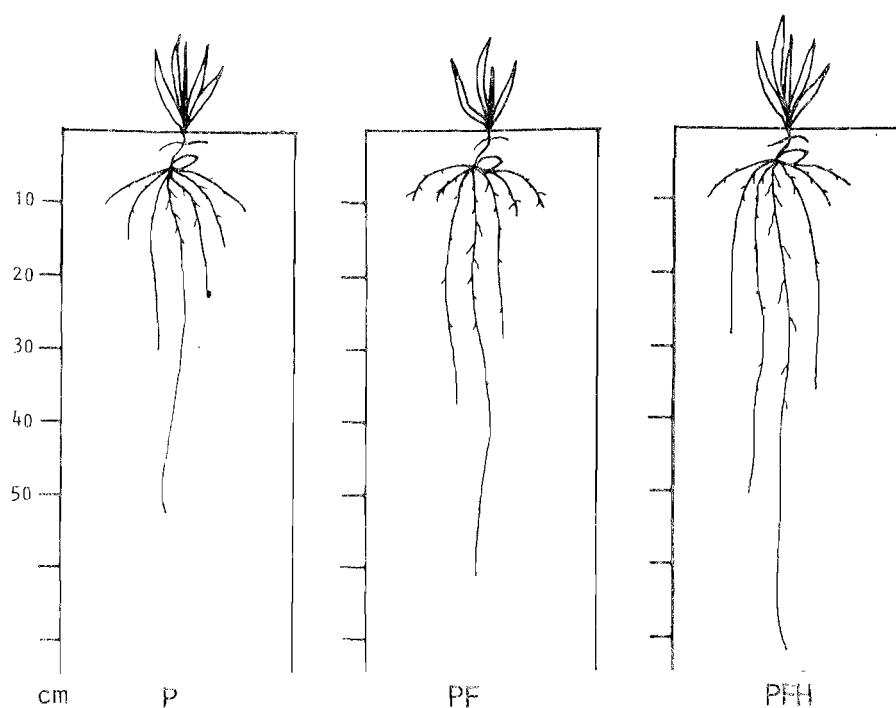


Fig. 5. Rotutveckling på Säby II, juni 1985.

*Root development at Säby II, June 1985.*

SÄBY II, 22-24 JULI 1985

### Allmänt

Kornet hade nu börjat "bocka sig" något i alla led, fast mest i det plöjda. I den oplöjda harvsådden fanns 10-20 % liggsäd, under det att allt stod upp i de övriga leden. Ett regn hade fuktat de övre 10 cm i matjorden, men därunder var jorden torr ner till 55 cm djup. En grundvattenyta påträffades på mellan 120 och 125 cm.

## Jordprofilen (0-120 cm)

### Matjorden (0-30 cm)

I matjorden noterades nu en något mindre aggregatstorlek i det plöjda ledet än i övriga led. Nästan alla aggregat var i P mindre än 3 mm i diameter, medan storlekarna 5-10 mm var dominerande i PF och PFH. En betydligt större sprickbildning, med både fler och bredare sprickor, kunde iakttagas i P jämfört med i PF och PFH. I alla led observerades nu rikligt med porer, utan några synbara ledskillnader.

### Alven (30-120 cm)

I samtliga led och utan ledskillnader var förekomsten av sprickor riklig i alven, förutom i skiktet 30-45 cm.

### Rotutveckling (se fig. 6)

Den största totala rotutvecklingen observerades i det plöjda ledet. Denna skillnad berodde helt på det större antalet rötter i matjorden; i alven var utvecklingen t.o.m. något svagare än i övriga led. Svagast var den totala rotutvecklingen i det plöjningsfria ledet. Det maximala rotdjupet var dock endast obetydligt mindre i detta led i jämförelse med de övriga.

Rotutvecklingen var i det plöjningsfria ledet speciellt svag på harvsuledjup (9-15 cm). Den oplöjda harvsådden uppvisade här en något högre rotfrekvens, som dock var klart underlägsen den som observerades i det plöjda ledet.

Utvecklingen av de korta sidorötterna visade inte på några större ledskillnader, men de båda oplöjda leden hade en tendens att kompensera den sämre totala rotutvecklingen i matjorden med ett högre antal korta och långa förgreningar i alven.

På nivåerna ner till 45 cm påträffades inga helt vitala rötter, och här var rötterna också i samtliga led tunnare än i djupare lager. Ner till 45 cm saknades i stort sett synliga rothår, men på större djup var rothårsutvecklingen kraftigare; kraftigast i P och svagast i PF.

Rötterna var på denna studieplats mindre beroende av fasta kanaler och maskgångar för sin utveckling än vad som var fallet på Ultuna och Säby I. I det plöjda ledet iaktogs dock ett par förtjockade ändar på plogsuledjup, och många rötter återfanns i det fuktiga halm-skiktet omedelbart ovanför. De rötter i alven, som följt de permanenta kanalerna var i samtliga led friskt tjocka och rikt förgrenade.

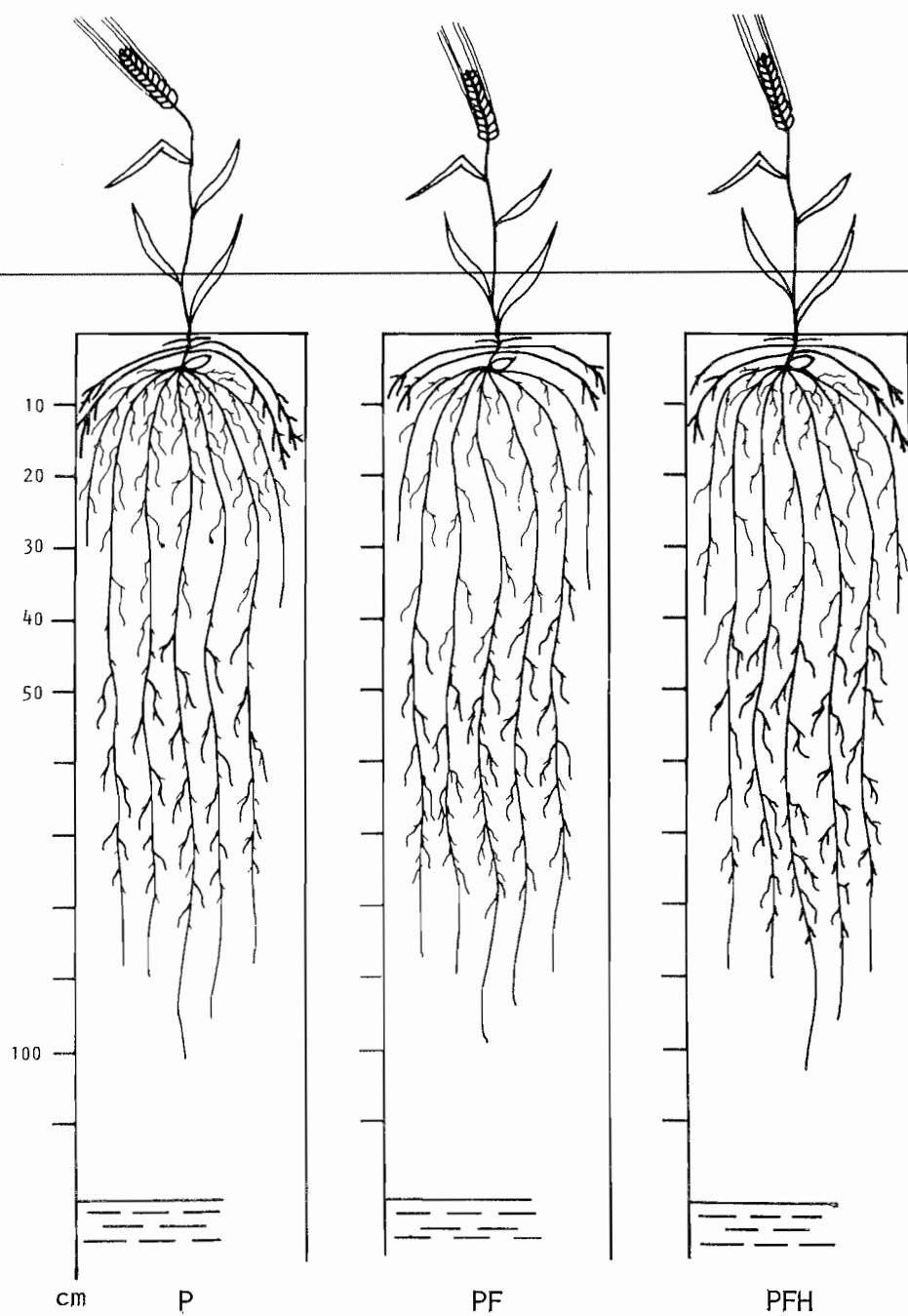


Fig. 6. Rotutveckling på Säby II, juli 1985.  
*Root development at Säby II, July 1985.*

### Allmänt

Det bör påpekas att mjälalättlerans lerfraktion (tab. 1) huvudsakligen utgörs av grovler. Grödan som i det här fallet var havre, hade i båda led - P och PF - uppnått 3- till 3 1/2-bladsstadiet. Sådden hade i PF-ledet utförts utan tekniska problem med skörderesterna men sådjupet var något grundare än i P-ledet (tab. 2). Samtliga jordprofiler var fuktiga ända upp till markytan och med en grundvattenyta på ca 45 cm djup.

### Jordprofilen (0-45 cm)

#### Matjorden (0-26 cm)

En harvsula på 7-12 cm djup märktes mycket tydligt i det oplöjda ledet. Där var även plogsulan tydligt utvecklad på 23-30 cm. Denna plogsula var emellertid betydligt hårdare och mer djupgående i det plöjda ledet. Dessa båda matjordsförhårdningar avspeglas också i resultaten av de volymviktsmätningar som redovisas i tabell 2. Övergången till alv låg i båda leden på 26 cm djup, och var i både P och PF jämn, tydlig och tvär.

Knappt hälften av matjorden förelåg i enkelkornstruktur. Aggregaten var i båda leden av mycket varierande form och storlek och endast löst sammahållna. Sprickförekomsten var större i PF, även om den i båda led var ganska svag. Sprickorna i PF var också längre (längd cirka 10 cm) och bredare än i P. I PF var sprickorna dessutom i huvudsak vertikala, medan de i det plöjda ledet mest var diagonala. Porutvecklingen var bättre i det plöjningsfria ledet, och antalet maskgångar per ytenhet var i stort sett det dubbla.

#### Alven (27-45 cm)

Alvens övre del, som var en del av plogsulan, var hårdare i det plöjda ledet. Överlag noterades få sprickor och porer i detta skikt. Antalet maskgångar var dock fortfarande mer än dubbelt så stort i det oplöjda ledet som i det plöjda.

#### Rotutveckling (se fig. 7)

Det totala rotantalet var något större i det konventionella ledet, där även det maximala rotdjupet var 4 cm större. Överlag hade dock rötterna i båda led, med bara ett undantag per led, inte trängt ner i alven.

En avsevärt rikligare sidorotsbildning observerades i det oplöjda ledet, framför allt i skiktet ovanför harvsulan. På djup över 10 cm var sidorotsutvecklingen mycket svag i det oplöjda, och saknades i det plöjda. Rothår förekom i båda led tämligen rikligt ner till 15 cm djup, och inga ledskillnader konstaterades.

Svårigheterna att penetrera harvsulan var uppenbara i det oplöjda ledet, med flera för-tjockade ändar och en kraftigt ökad sidorotsbildning i skiktet omedelbart ovanför för-



hårdnaden. I båda led förekom rötter nästan ända upp till markytan (ej markerat i fig. 7), något som inte observerats vid tidigare studier på Ultuna och Säby.

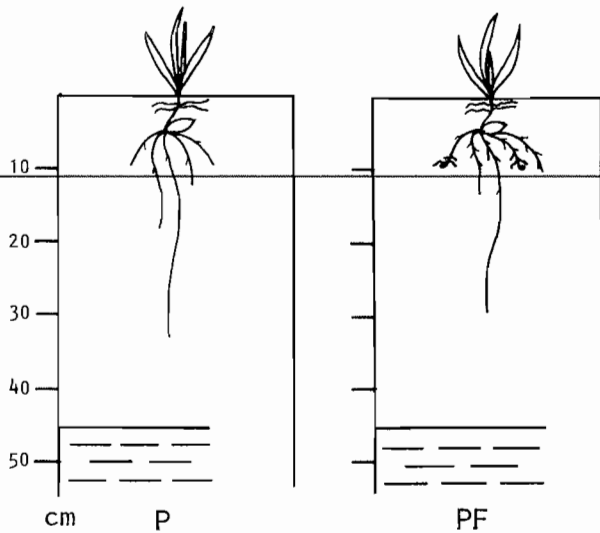


Fig. 7. Rotutveckling på Finnbo, juni 1985.

*Root development at Finnbo, June 1985.*

FINNBO, 25 JULI 1985

### Allmänt

Havrens vippgång var nu fullbordad och inga skillnader i planthöjd mellan leden förekom. Ett regn hade fuktat de övre 10 centimetrarna, därunder var det torrt ner till 20 cm, var-efter fuktigheten åter steg. Någon grundvattenyta påträffades denna gång inte.

### Jordprofilen (0-70 cm)

#### Matjorden (0-26 cm)

Sprickorna var nu i båda led längre (upp till 20 cm) än i juni, och olikheterna mellan leden vad gäller längd, antal och orientering i vertikalanplanet hade utjämnats.

#### Alven (27-70 cm)

Jämfört med i juni observerades i båda leden fler sprickor i skiktet 26-40 cm. Jordarten under detta skikt var en varvig lera (0.3-1.2 cm/varv), som nästan helt saknade sprickor och porer.

### Rotutveckling (se fig. 8)

Den totala rotutvecklingen var fortfarande något större i P, som framför allt uppvisade en betydligt bättre och jämnare rotutbredning ner till plogsulan på 23 cm djup. Dock hade i PF fler rötter lyckats penetrera plogsulan, och det maximala rotdjupet var därför större i detta led.

Med undantag av i själva harvsulan uppvisade det oplöjda ledet fler korta sidorötter, och gav dessutom ett "buskigare" intryck än vad som var fallet i det plöjda ledet. De få rötter som återfanns under plogsulan i de båda leden var endast sparsamt förgrenade.

Rothårsutvecklingen var mest påtaglig i det plöjda ledet på nivån 10-40 cm. I övrigt noterades inga skillnader i rothårsutveckling. Till skillnad från de övriga studieplatserna kunde ingen skillnad i rottjocklek med djupet konstateras. I matjorden hittades dock många rötter, som gav ett tillplattat intryck.

I hela profilen tog sig rötterna framför allt fram i maskgångar och övriga kanaler. I det oplöjda förekom rötterna under 10 cm djup endast i befintliga kanaler, och gruppvis. Den horisontella rotutbredningen var här obetydlig. Det plöjda ledet uppvisade däremot en något större horisontell rotutbredning i matjorden, men även här återfanns rötterna huvudsakligen gruppvis i sprickor.

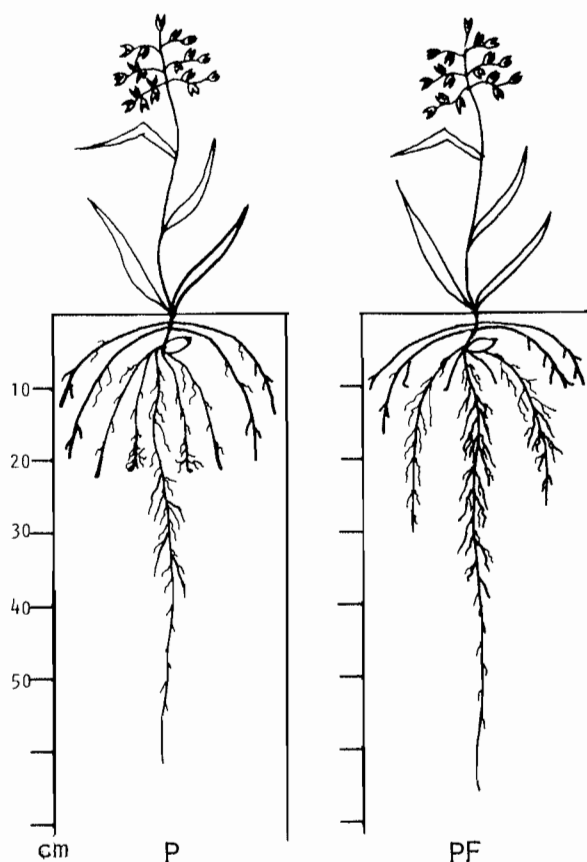


Fig. 8. Rotutveckling på Finnbo, juli 1985.

*Root development at Finnbo, July 1985.*

## DISKUSSION

Rottillväxten påverkas, i ett oerhört komplext och långt ifrån klarlagt samspel, av i stort sett samtliga markfysikaliska (temperatur, syre, vatten, mekaniskt motstånd...), markbiologiska (mikro- och makroorganismer, såväl skadliga som nyttiga...) och markkemiska (näringstillgång, växtnäringens fördelning i profilen, stimulerande eller tillväxthämmande ämnen...) tillväxtfaktorer. Rottillväxten påverkas dessutom av växtslagets egna art- och sortspecifika genetiskt och fysiologiskt betingade egenskaper.

Vid plöjningsfri odling så förändras på olika sätt markstrukturen i förhållande till vid konventionell bearbetning. Denna förändring inverkar i större eller mindre omfattning direkt på de ovan nämnda markfysikaliska faktorerna. Även de biologiska och kemiska faktorerna berörs, fastän då oftast till följd av att de fysikaliska förändrats. Den plöjningsfria odlingen medför även förändringar, vid sidan av de strukturella, som direkt påverkar de biologiska. Enbart det faktum att stora delar av matjorden årligen inte vänds upp och ned bör resultera i en mer lugn och harmonisk miljö för många mikro- och makroorganismer. Av samma anledning påverkas också direkt näringsämnenas fördelning i profilen; vissa anrikas något i ytlagret (Rasmussen & Olsen, 1973; Riley et al., 1985; Rydberg, 1986).

En mycket iögonfallande och i många sammanhang redovisad strukturell förändring vid plöjningsfri odling eller direktsådd är den ökade kompaktheten i centrala matjorden, registrerad i form av högre penetrometermotstånd, högre volymvikt (se tab. 2) eller lägre porositet. Porositetsminskningen sker företrädesvis på de grövre porernas bekostnad (Rasmussen, 1981; Rydberg, 1986), vilka svarar för en stor del av dräneringen, luftväxlingen med atmosfären och för en obehindrad rotframkomlighet.

För en och samma jord gäller således oftast att rotframkomligheten försämras vid ökad volymvikt (Russell, 1977) eller ökad penetrometermotstånd (Russell, 1977; Eriksson, 1982; Ehlers et al., 1983), främst då beroende på att porer större eller lika med den normala rotdiametern i första hand reduceras. Rötternas normala rotdiameter bestämmer nämligen minimistorleken på den por vilken roten kan penetrera (Wiersum, 1957); rötter kan således ej "göra sig smalare, men väl ovala och tillplattade". Av betydelse för rötternas penetrationsförmåga är dock inte enbart mängden grova porer utan även deras kontinuitet. Vid utebliven plöjning ökar oftast antalet kontinuerliga porer (Barnes & Ellis, 1979; Douglas et al., 1980). Volymviktmätningar eller penetrometermätningar avspeglar inte denna för rötterna så betydelsefulla egenskap, vilket bl.a Ehlers et al. (1983) mycket informativt visat i försök med havre på en finmo-mjälajord där han korrelerat rotutveckling i både plöjt och oplöjt led mot penetrometermotstånd. Rotutvecklingen avtog naturligt nog i båda led vid ökat penetrometermotstånd men för matjorden gällde att den upphörde vid betydligt högre värde i det oplöjda ledet. Som förklaring framförde de en ökad porkontinuitet. Försiktighet bör således iakttagas vid jämförelse av dylika mätningar från olika bearbetningssystem. Resultaten från rotstudierna på Ultuna, Säby I och II och Finnbo tyder emellertid inte på att en förmodad förbättring av porkontinuiteten har kunnat avhjälpa de negativa effekterna av en ökad kompakthet i centrala matjorden ("harvsulan"). Däremot kan den mycket slående förbättringen av rotframkomligheten på plogsulenivå i oplöjda led på framför allt Ultuna och Säby I och i viss mån också på Finnbo med säkerhet tillskrivas ett ökat antal kontinuerliga och för rötterna framkomliga porer.

Eftersom den ökade kompaktheten har stor inverkan på de fysikaliska tillväxtfaktorerna och för att underlätta tolkningen av de redovisade resultaten, ägnas de närmaste raderna till att diskutera något om hur de fysikaliska faktorerna påverkar rotutvecklingen.

Om rottillväxten ej hämmas av bristande syretillgång eller ogynnsam temperatur så är troligtvis det mekaniska motståndet den markfysikaliska faktor som huvudsakligen kontrollerar rötternas framkomstmöjligheter (Håkansson, 1966; Barley & Greacen, 1967). Storleken på det mekaniska motståndet varierar i hög grad med bl.a jordens textur, struktur, täthet och vattenhalt. Då roten möter ett mekaniskt motstånd avtar dess längdtillväxthastighet genom en i sträckningszonen långsammare celltillväxt tillsammans med en minskad delningshastighet och en ökad radiell tillväxt (Greacen, 1986); roten blir kortare och tjockare. För ärtrötter fann Eavis (1967) en medeldiameter som var nära nog direkt proportionell mot storleken på det mekaniska motståndet. Orsaken till den i vissa fall mycket drastiska förändringen av cellformen är fortfarande inte klarlagd. Möjligen kan en påverkan av ett av roten bildat hormon vara en förklaring. Osborn (1976) har nämligen visat att etylenbehandlade rötter reagerar på ungefär liknande sätt, d.v.s med en reducerad längdtillväxt och en ökad radiell tillväxt.

För många växtslag gäller att då en vertikalt växande frörot plötsligt stoppas av ett kompakt lager, exempelvis en plogsula, så uppstår en stimulans av en horisontell sidorotsbildning som är koncentrerad till skiktet omedelbart ovanför det kompakta lagret (Greacen et al., 1969). En horisontellt växande sidorot kan sedan om möjlighet föreligger, böja av nedåt och därefter överta huvudrotens dominans (Russell, 1977). Denna koncentrerade ökning av sidorotsbildningen får ej förväxlas med en ökad sidorotsbildning och sidorotstillväxt som sker p.g.a god vatten- och näringstillgång och ett rikligt och väl utvecklat por-system. En frörotstillväxt som endast delvis begränsas av mekaniskt motstånd kan resultera i att sidorötterna i gengäld blir något längre och rotbilden kan därav komma att uppvisa ett mera "busklik" utseende (Finney & Knight, 1973; Russell & Goss, 1974; Ellis et al., 1977).

Rotens tillväxthastighet liksom dess förmåga att övervinna mekaniska hinder är intimt kopplat till jordens vattenhalt. Markvattnet påverkar för det första hela den kompliserade och dynamiska tillväxtprocess som exempelvis omfattar transport av syre, växtnäring och assimilat, och därigenom påverkas också trycket i cellerna i sträckningszonen bakom rotspetsen. Det maximala tryck som en rotspets kan utöva är ungefär av samma storleksordning som det osmotiska trycket inuti cellerna. Vilket också ganska väl motsvarar det maximala vattenavförande tryck som rötterna kan uppbåda för vattenupptagning, d.v.s ca 150 m vattenpelare (1.5 MPa). Då det vattenbindande trycket ökar (minskad vattenhalt) så åtgår allt mer av cellens osmotiska tryck för vattenupptagning och allt mindre tryck för längdtillväxt återstår. För det andra utövar markvattnet direkt inflytande på jordens hållfasthetsegenskaper. Avtagande vattenhalt ökar markskelettets fasthet och rottillväxten sänks p.g.a mekaniskt motstånd.

Det förekommer i litteraturen delvis olika uppfattningar om huruvida en vattenhaltsreduktion i första hand begränsar rotpenetrationen genom vattnets funktion som tillväxtmedium eller genom dess inverkan på jordhållfastheten. Exempelvis så menar Barley et al. (1965) att rotens tillväxthastighet enbart är relaterad till penetrationsmotståndet, medan Bar-Yosef & Lambert (1981) däremot påstår att båda funktionerna är av betydelse. Följande mer nyanserade tolkning av Ehlers et al. (1983) utifrån litteraturen och den tidigare refererade undersökningen med havre beskriver troligtvis verkligheten på ett korrekt sätt, nämligen att: "in the range of available water, soil strength was a principal factor controlling root growth of oats; soil water and not bulk density was of major importance in contributing to the root growth - soil strength relationship; and differences in this relationship between tillage treatments might be caused by a physical factor other than soil water."

Alltför höga vattenhalter kan resultera i nedsatt luftväxling och därav för låga syrekoncentrationer. Det har i laboratorieundersökningar visats att om syreförsörjningen försämrats, så går inte enbart rötternas tillväxthastighet ner utan även deras förmåga att övervinna mekaniskt motstånd. Fritt växande majsrotters tillväxthastighet halveras om syrekoncentrationen sänks från 20 till 5 %. Vid ett mekaniskt motstånd, som vid 20 % syre halverar tillväxthastigheten, medför en sänkning av syrekoncentrationen till 5 % att tillväxten reduceras till 25 % (Gill & Miller, 1956). En växelverkan föreligger således mellan syretillgång och mekaniskt motstånd. Eriksson et al. (1974) återger utifrån data av Eavis (1972) i diagramform, på ett mycket åskådligt sätt, samspelet mellan rottillväxt, mekaniskt motstånd, syretillgång och vattenhalt och Baver et al. (1972) diskuterar det komplexa samspelet mellan genomluftning och vattenhalt i relation till mekaniskt motstånd vid olika volymvikter.

Liksom vid en reduktion av syrekoncentrationen så medför också en temperatursänkning att både rötternas tillväxthastighet och deras förmåga att övervinna mekaniskt motstånd avtar. Temperatureffekten växelverkar också med motsvarande effekter av olika syrekoncentrationer (Greacen, 1986). Vid lägre temperatur förskjuts dessutom tillväxten, relativt skotten, till rötternas fördel (Friend, 1966).

På grund av den långa torrperioden efter sådd av försöken på Ultuna, Säby I och II och Finnbo finns ej skäl att förmoda att rotutvecklingen i plöjt och oplöjt fram till första studietillfället påverkats av för låga eller olika O<sub>2</sub>-koncentrationer. Detsamma kan även antas om perioden mellan de båda studietillfällena. Visserligen var denna period tämligen ostadig, men några större regnmängder per nederbördstillfälle föll ej och försommarens torrperiod hade också åstadkommit ett spricksystem för både effektiv dränering och luftväxling.

Det finns ej heller skäl att förmoda att rotutvecklingen i plöjt och oplöjt nämnvärt påverats av olika temperaturförhållanden. Thunholm (1985) uppmätte i såbotten på Ultuna-försöket en temperatursänkning på endast ca 0,5°C i det oplöjda ledet under perioden från sådd fram till det att grödan började skugga markytan (ca 14 dagar). Vid tiden för den första rotstudien (den 10 juni) noterades ingen temperaturdifferens mellan leden.

På basis av provtagningar strax innan rotstudierna och okulära iakttagelser i samband med dessa, finns heller ingen anledning att förmoda att vattenhaltsskillnader mellan leden skulle ha spelat någon större roll för skillnader i rötternas penetrationsförmåga. Härav kan man dra slutsatsen att den helt dominerade faktorn, som orsakat skillnader i rotbilden har varit det mekaniska motståndet.

Ett ökat mekaniskt motstånd i matjordens centrala del har i de oplöjda leden verkat hämmande på rotutvecklingen på samtliga försöksplatser. Detta svårpenetrerade lager - harvsulan - återfanns som regel på 8-15 cm djup. De rötter som passerat harvsulan verkade å andra sidan i vissa fall ha utvecklats något bättre i oplöjt led i resten av matjorden, och det totala antalet rötter var alltså inte nödvändigtvis störst i det plöjda ledet (se Ultuna). För junistudien gällde generellt att de rötter som penetrerat harvsulan i det oplöjda, därunder hade en bättre tillväxt än vad som var fallet i det plöjda ledet. Detta skulle kunna förklaras av ett kontinuerligare porsystem. Denna förbättrade utveckling under harvsulan har även noterats av Drew och Saker (1980).

Inte oväntat har harvsulans hämmande effekt på rotutvecklingen påverkats av jordarten, men även försökets ålder tycks ha haft betydelse. På Ultuna var den totala rotutvecklingen i matjorden rikligast i det plöjningsfria ledet, trots att tydliga tecken på svårframkomlighet noterades på ca 10 cm djup. På Säby I, med liknande jordart, var rotbilden den omvända, med en kraftigare matjordsutveckling i det plöjda ledet. På Ultuna har en ostörd strukturutveckling kunnat pågå i 10 år, mot endast 3 år på Säby I, vilket således kan med-

föra större kompensationsmöjligheter av de negativa packningseffekterna. Liknande iakttagelser om vikten av försökets längd stöds av bl.a Ellis (1977) där man fann att en försämrad rottillväxt i direktsått korn, jämfört med konventionellt odlat, avtog vartefter försöken fortskred.

På lättare jordar där möjligheterna att utveckla fasta kanaler är mindre (typ Säby II och Finnbo), och denna möjlighet att kompensera för ökad volymvikt därmed delvis försvinner, uppvisade resultaten följaktligen en större försämring av rotutvecklingen i de oplöjda leden. Speciellt på Finnbo, där rötterna var mycket beroende av de få kanaler som fanns, var skillnaden markant, och en avsevärt jämnare utbredning kunde här konstateras i det ~~plöjda ledets luckrare matjord.~~

På de två provplatser där harvsådd förekommit tyder resultaten på att en förbättring har kunnat åstadkommas genom att använda denna metod. Den därvid uppkomna förbättringen i rotmiljö avspeglades också i skördestegringar. Trots de problem vid sådden som tidigare omtalats, var förhållandena i de båda oplöjda leden så pass likvärda att en försiktig jämförelse kan göras. Således noterades under 1985 på den styva leran på Säby I 12 % högre skörd i den "plöjningsfria harvsådden" jämfört med det vanliga "plöjningsfria" ledet. På Säby II:s molättlera inskränkte sig ökningen till 4 %.

I matjordens undre del har framför allt plogsulan spelat en avgörande roll för rötternas utveckling, förgrening och förmåga att snabbt tränga djupare. Det var i samtliga försök tydligt att rötterna i alla avseenden utvecklats sämre på plogsuledjup i det plöjda ledet, även om en koncentrerad sidorotsbildning och förtjockade ändar endast återfanns på Säby I och Finnbo. Uppluckringen av plogsulan, som kan förväntas vid utebliven plöjning resulterade i dessa led i ett ökat rotantal jämfört med det plöjda ledet. Denna skillnad kunde iakttagas redan vid junistudierna, och tydligast på Ultunas och Säby I:s styva leror. På Säby II var ledskillnaden mindre markant, men speciellt den oplöjda harvsådden visade upp en klar förbättring, medan Finnbo i juni inte uppvisade några skillnader i förmåga att penetrera plogsulan. Det är av stort intresse att den förbättrade rotframkomligheten i skiktet 10-15 cm för den plöjningsfria harvsådden jämfört med det plöjningsfria ledet även medfört en snabbare och bättre penetration av plogsulan, som ju i detta fall borde vara identiskt mellan leden. Samma skillnad kvarstod även under julistudien.

Liksom för harvsulan tycks den förbättrade rotframkomligheten i plogsulan vara avhängig försökets ålder. Följaktligen påträffades de största ledskillnaderna på Ultuna, där det på plogsuledjup i det plöjningsfria ledet ej märktes någon reducerad rotutveckling, och där sidorotsutvecklingen ej hade störts nämnvärt. Finnbo intog här en specialställning med sitt mycket begränsade spricksystem i alven, men även här noterades en ökad tendens att penetrera plogsulan i det oplöjda. Av speciellt intresse är, jämfört med i det oplöjda, den goda utvecklingen i det plöjda ledet ner till plogsuledjup, där många rötter stannat upp och uppvisade morfologiska tecken på svårframkomlighet. Med en liknande "stark" matjordsutveckling i det plöjningsfria torde skillnaden i antalet djupgående rötter ha accentuerats ytterligare. Man kan därför anta att den packningsvänligare harvsådden i kombination med en plogsuleluckrande plöjningsfri odling skulle kunna ha en stor positiv effekt på rotutvecklingen på denna jordtyp.

De skillnader i rotantal och förgreningar i matjorden, som kommenterats ovan, verkar till en viss del ha utjämnats genom olika utveckling i alven. På Ultuna var rotantalet och förgreningarna så mycket kraftigare i alven (djupare del, se sid.9) i det plöjda ledet att det totala rotantalet i hela profilen blev identiskt mellan leden. Även på de båda Säbyjordarna fanns tendenser till att en sämre matjordsutveckling kompenserades med ett ökat antal förgreningar i alven. Samma kompensationsförmåga har noterats av bl.a Bakermans och De Wit (1970). Det är dock viktigt att komma ihåg att endast på Ultuna har en sämre matjordsutveckling kunna uppvägas helt av ett ökat rotantal i alven. Därmed inte sagt att en senare kompensation i rotutvecklingen uppväger effekterna av den initiala hämningen.

De anteckningar om rothårsutvecklingen som förts har inte gett vid handen några systematiska skillnader. Rothårens utveckling som respons på gynnsamma eller ogynnsamma betingelser är mer oklar (Haak 1978), och det skulle därför behövas ingående studier för att dra några slutsatser om detta.

Resultaten från rotstudierna visar klart att en ökad packning har haft en negativ inverkan på rötternas utveckling i både harv- och plogsulan. Vid plöjningsfri odling kan de naturliga markprocesserna med tiden avsevärt minska betydelsen av plogsulan. Problemet blir då istället den försvårade framkomligheten i harvsulan. Men med tiden utvecklas även här permanenta kanaler som minskar de negativa effekterna, fast det utan tvekan är nödvändigt att dessutom vidta kraftiga åtgärder för att reducera packningen. Den gynnsamma effekt som en minskad packning medför framgår med all tydlighet i de resultat som uppnåtts med plöjningsfri harvsådd.

Trots den förbättrade rotframkomligheten i den plöjningsfria harvsådden var denna fortfarande sämre än i det plöjda ledet. Detta visar att en strävan att ytterligare minska packningen, med t.ex lättare ekipage, lågprofildäck m.m även vid plöjningsfri harvsådd vore önskvärd. En annan intressant möjlighet vore att prova "penetrationsgrödor" (Elkins et al., 1977; McClintic, 1981; Elkins, 1985), som skulle kunna luckra såväl harvsula som eventuellt kvarvarande plogsula. Men innan dessa kan användas krävs ett utvecklingsarbete för att anpassa dessa till svenska förhållanden.

## EVAPORATIONSSTUDIER

### METODIK

Med evaporation avses avdunstning direkt från markytan. Evaporationen mättes på utborrade jordcylindrar (höjd ca 35 cm, diam = 30 cm). Vid borrhningarna, som utfördes 1-2 dagar efter vårbruket, överfördes jordcylindrarna successivt i PVC-cylindrar (höjd = 40 cm, diam = 30 cm), fig. 9. Varje PVC-cylinder försågs omedelbart efter borrhningen med omslutande lock i båda ändar för att förhindra avdunstning fram till dess att mätningarna startade efterföljande morgon. Som mått på evaporationshastigheten användes lysimetrarnas viktminskning/dygn. Bottenlocket som var fastskruvat behölls hela tiden på för att hindra jordcylindern från att falla ur PVC-cylindern i samband med vägningen. Det bör också påpekas att den naturliga lagringen ej stördes vid utborringen.

Borrhningarna har som tidigare nämnts utförts i det plöjda (P) och i det plöjningsfria (PF) ledet på försöken på Ultuna, Säby I och Finnbo. Antalet paralleller per försök var sex st på Ultuna och Säby I. På Finnbo borrades p.g.a olyckliga omständigheter nio cylindrar ut från det plöjda ledet mot endast tre från det oplöjda. I anslutning till varje borrhål togs 0.25 m<sup>2</sup> såbädd för bestämning av volymvikt, sådjup och aggregatstorleksfördelning. I anslutning till varje borrhål togs också jordprov för bestämning av vattenhalten i såbädden (nivå I) och i tre på varandra följande 10-centimeters nivåer (nivå II-IV) från harvbotten och nedåt. I nivå II-IV användes stålcyllindrar (höjd = 100 mm, diam = 70 mm) för att även kunna beräkna volymvikten. Såbäddsdjup, vattenhalter och volymvikter från dessa provtagningar redovisas i tabell 2.

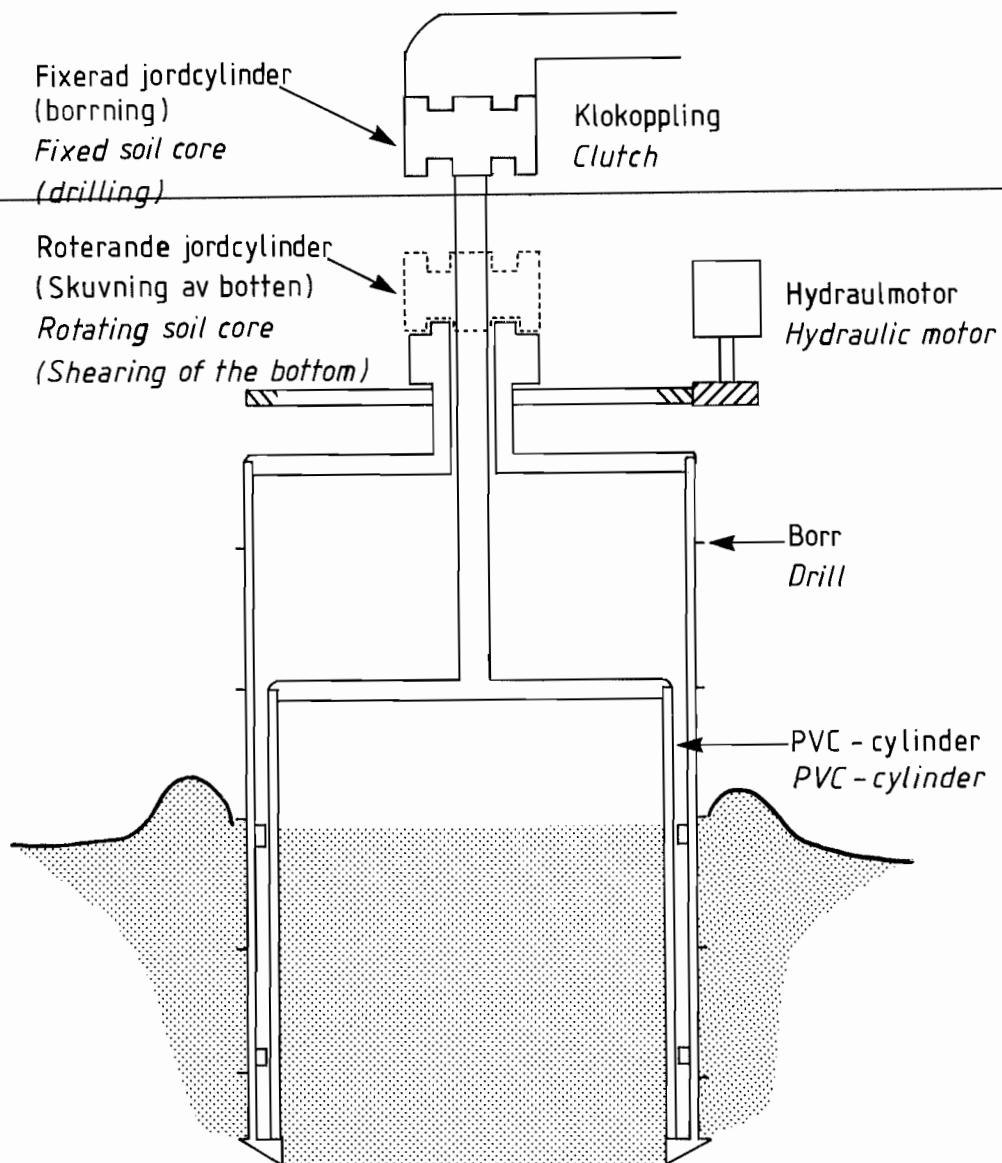


Fig. 9. Skiss av borren som användes vid uttagningen av lysimetrarna. Konstruktör Lave Persson, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

*Sketch of the drill used to extract lysimeters in the field. Designer Lave Persson, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.*



Tabell 2. Uppgifter om såbädds djup samt vattenhalt i viktsprocent och volymvikt, g/cm<sup>3</sup>, i såbädden och i tre 10-centimeters nivåer därunder

*Depth of seedbed and water content (% w/w) and bulk density (g/cm<sup>3</sup>) of the seedbed and of three 10-cm levels underneath.*

*P=conventional tillage, PF=ploughless tillage*

Lager <i>Layer</i>	Ultuna			Säby I			Finnbo		
	P	PF	sign. 1)	P	PF	sign.	P	PF	sign.
<u>Såbädd, nivå 1.</u> <i>Seedbed, level 1.</i>									
Djup, cm: <i>Depth</i>	3.8	3.4	*	4.7	4.3	**	4.2	3.8	
Vattenhalt: <i>Water content</i>	10.6	9.1		12.6	13.2		15.5	17.5	
Volymvikt: <i>Bulk density</i>	0.95	0.84	***	0.94	0.73	***	1.00	0.89	**
<u>Nivå 2.</u>									
Vattenhalt:	27.9	27.4		30.4	30.3		28.4	26.8	
Volymvikt:	1.33	1.39		1.22	1.30	*	1.38	1.42	
<u>Nivå 3.</u>									
Vattenhalt:	32.0	26.2	***	34.6	30.4	**	28.8	28.0	
Volymvikt:	1.36	1.51	**	1.28	1.33		1.37	1.38	
<u>Nivå 4.</u>									
Vattenhalt:	26.3	27.9		31.8	30.6		25.5	26.4	
Volymvikt:	1.52	1.45	o	1.37	1.35		1.48	1.48	

1) Signifikansnivåer (*Significance levels*): o)  $0.1 \geq P > 0.05$ ; \*)  $0.05 \geq P > 0.01$ ; \*\*)  $0.01 \geq P > 0.001$ ; \*\*\*)  $P \leq 0.001$ .

Evaporationsstudierna omfattar fyra st delundersökningar, vilka i fortsättningen benämns serie I-IV. Arbetet har till största delen genomförts i växthallen vid Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Ultuna. Växthallen är försedd med ett genomskinligt plasttak på ca 6 meters höjd och väggarna består av ett finmaskigt nät av ståltråd.

De olika serierna omfattar följande:

Serie I. En registrering (vägning) av evaporationsförloppet på samtliga lysimetrar under 15 dagar efter utborrningen.

~~Serie II. En registrering av evaporationsförloppet efter bevattning av de i serie I ingående lysimetrarna. Serien genomfördes under tiden 16/7 - 12/8 1985.~~

Serie III. Studier av skörderesternas effekt på evaporationen. Lysimetrarna från Ultuna och Finnbo ingick i serien. Först bevattnades lysimetrarna på harvbotten. Därefter påfördes, till ett djup av 4 cm, lufttorrt "plöjd" såbädd från Ultuna och Finnbo på respektive lysimeter. I halva antalet lysimetrar per försöksplats, d.v.s sex st, blandades sedan såbäddarna med hackade oförmultnade och torkade kornskörderester motsvarande en mängd på 5000 kg/ha (=29 g/lysimeter). Efter detta bevattnades tre lysimetrar med skörderester och tre utan från respektive försöksplats. Serien omfattade således två försöksplatser och följande fyra led:

A<sub>1</sub> = Bevattnad såbädd utan skörderester

A<sub>2</sub> = Bevattnat såbädd med skörderester

B<sub>1</sub> = Torr såbädd utan skörderester

B<sub>2</sub> = Torr såbädd med skörderester

"Lysimeterbottnarna", d.v.s lysimeterinnehållet exklusive såbädd, fördelades så att minsta möjliga systematiska fel skulle förelgga mellan å ena sidan A<sub>1</sub> och A<sub>2</sub> och andra sidan mellan B<sub>1</sub> och B<sub>2</sub>. Serien genomfördes under tiden 9/9 - 30/9 1985.

Serie IV. En registrering av evaporationsförloppet exkl såbädd. Serie IV genomfördes i laboratorium under november-december 1985 och i början av januari 1986. Vid mätningar användes samtliga lysimetrar från Ultuna, 4 st "plöjda" och 5 st "oplöjda" från Säby I och 3 st av vardera från Finnbo. Evaporationsförloppet exkl såbädd studerades även i växthallen under tiden 16/8 - 9/9 1985. Arbetet upprepades inomhus för att eliminera osäkerheten i effekten av stark vindpåverkan. I rapporten redovisas i huvudsak resultaten från laboratorieundersökningen.

Vid bevattningen, som utfördes i växthallen, användes en fram- och återgående bevattningsramp med "full-jet" spridare (1/8 GGSS, pat no 3104829). Rampens höjd över markytan var 100 cm och rampens hastighet var 0.25 m/sek. Ledningstrycket var 4.5 kp/cm<sup>2</sup>. Vid varje passage bevattnades med 0.5 mm.

Inför serie II bevattnades den 17 juli lysimetrarna från Ultuna och Säby I med 25 mm medan de från Finnbo erhöll 30 mm. Tre dagar senare fick samtliga ytterligare 15 mm.

Inför serie III erhöll den 9 september led A<sub>1</sub> och A<sub>2</sub> 20(5+5+5+5) mm och led B<sub>1</sub> och B<sub>2</sub> 25(5+5+5+5+5) mm på harvbotten. Efter påförd torr såbädd bevattnades led A<sub>1</sub> och A<sub>2</sub> med ytterligare 15(10+5) mm.

Inför serie IV hade lysimeterbottnarna från Ultuna och Säby I under tiden 1/10 - 4/11 vid fyra tillfällen erhållit ca 5 mm. Målsättningen var att uppnå homogena fuktighetsförhållanden. Lysimetrarna från Finnbo hade med samma förutsats under tiden 1/11 - 10/11 bevattnats med totalt 20 mm, fördelat på sex bevattningstillfällen.

Vid bevattning utan såbädd täcktes harvbotten med en uppfuktad handduk för att förhindra igenslamning.

Den upptagna mängden vatten per lysimeter och bevattningstillfälle har i vissa fall avvikit från den beräknade (0.5 mm/passage). De två främsta orsakerna till detta var en ojämn spridningsbild p.g.a vindpåverkan och en förlust av vatten genom det ej vattentäta bottenlocket. Avvikelsen/lysimeter p.g.a vindpåverkan översteg sällan 0.5 mm per tillförda 10 mm. Förlust av vatten som dränerade ner genom eller vid sidan av jordcylindern och ut genom bottenlocket inträffade i första hand vid bevattning av lysimetrarna från Finnbo och vid stora engångsgivor, >15 mm, till lysimetrarna från Ultuna och Säby I. Av tidigare angivna bevattningsmängder är de till serie II och alla delmängder de beräknade. Övriga angivna totalmängder är således = mängden upptaget vatten. Vid dessa bevattningar har efter sista delbevattningen korrektion för eventuell avvikelse från beräknad mängd utförts. De totala genomsnittliga upptagbara mängderna vid bevattning inför serie II var för Ultuna (P) = 37 mm och för Ultuna (PF) = 38 mm. Motsvarande för Säby I var 38 respektive 39 mm och för Finnbo 41 resp. 34 mm.

Utifrån vattenhalten i volymsprocent i såbädden och i de tre nivåerna därunder och med kännedom om sådjup och om höjden på fasta jordmaterialet i lysimetrarna beräknades lysimetrarnas vatteninnehåll i mm vid utborrningstillfället. Innehållet kan också anses vara detsamma vid start av serie I då lysimetrarna varit täckta från utborrningen och fram till evaporationsmätningarnas start.

Den genomsnittliga höjden på det fasta jordmaterialet var i lysimetrarna från Ultuna (P) = 28 cm, Ultuna (PF) = 28,5 cm, Säby I (P) = 27 cm, Säby I (PF) = 27 cm, Finnbo (P) = 30 cm och Finnbo (PF) = 30 cm. Vid beräkningarna av totala vatteninnehållet vid utborrningstillfället har vattenhalten i bottennivån approximerats med vattenhalten i nivå 3.

I tabell 3 har en sammanställning gjorts, försöks- och ledvis, av de genomsnittliga mängderna vatten i mm i lysimetrarna vid början av de olika serierna. Mängderna i serie II-IV är framräknade genom subtraktion och addition av avdunstade och eller bortförda resp tillförda mängder.

Den potentiella evaporationen ( $E_p$ ) uppmättes i växthallen och i laboratoriet med Anderssons evaporimeter (Andersson, 1969; Johansson, 1969). Mätaren var placerad på 1.5 meters höjd över markytan och avlästes dagligen vid varje vägningstillfälle av lysimetrarna.

Enligt Linnér (1984) var  $E_p$ , i växthallen under åren 1971-73, 14-17 % lägre än vid den meteorologiska stationen på Ultuna.

Den potentiella evaporationen i laboratoriet vid serie IV var 0.8-0.9 mm/dygn. Variationen orsakades dels av att inomhustemperaturen varierade och dels av att relativa fuktigheten i ventilationssystemet varierade. I samband med resultatredovisningen har medelvärdet 0.85 mm/dygn använts.

I fig. 10 illustreras några av arbetsmomenten vid evaporationsstudierna.

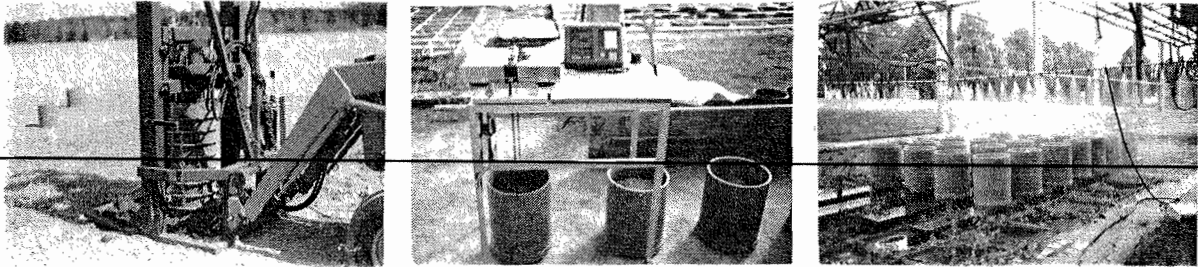
Tabell 3. Uppgifter om mängd vatten i lysimetrarna vid evaporationsmätningarnas start vid serie I-IV

*Water content of lysimeters at the start of the four experimental periods (Series I-IV). P = conventional tillage, PF = ploughless tillage*

Försök <i>Site</i>	Mängd vatten		Water content (mm)				Serie IV
	Serie I	Serie II	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	
<u>Ultuna</u>	(SD)						
P:	115 (6.2)	108 (5.7)	110 (2.8)	112 (4.9)	-	-	94 (4.3)
PF:	115 (4.8)	112 (5.2)	-	-	111 (3.9)	110 (6.7)	100 (6.4)
<u>Säby I</u>							
P:	118 (5.4)	122 (4.4)	-	-	-	-	108 (5.2)
PF:	114 (4.4)	122 (4.2)	-	-	-	-	105 (6.2)
<u>Finnbo</u>							
P:	123 (6.2)	118 (3.5)	119 (4.7)	115 (3.0)	106 <sup>1)</sup> <sub>(6.3)</sub>	-	108 (0.8)
PF:	121 (2.4)	111 (3.6)	-	-	-	104 <sup>2)</sup> <sub>(0.5)</sub>	107 (4.1)

1) Egentligen 2 st från det plöjda ledet och 1 st från det oplöjda.

2) Egentligen 2 st från det oplöjda ledet och 1 st från det plöjda.



a)

b)

c)

Fig. 10. Illustration av några arbetsmoment med lysimetrarna vid evaporationstudierna. a=borrning, b=vägning, c=bevattning.

*Illustration of some of the operations on lysimeters carried out in connection with the evaporation studies.  
a = drilling, b = weighing, c = irrigation.*

## RESULTAT

Evaporationsförloppet efter nederbörd brukar delas in i tre på varandra följande steg. För att underlätta den fortsatta redovisningen följer här en kort karakterisering av de tre stegen.

Faktaunderlaget har hämtats från arbeten av Hide (1954), Lemon (1956), Richards et al. (1956), Philip (1957), Ioffe & Revut (1966), Hillel & Hadas (1972), Idso et al. (1974), Hadas (1975), Hillel (1980), Unger & McCalla (1980) och Heinonen (1985).

Under det första steget sker en mycket snabb förlust av vatten till atmosfären. Upptansporten av vatten till markytan är i huvudsak kapillär och hela tiden tillräcklig för att tillgodose den potentiella evaporationen. Evaporationshastigheten styrs således av klimatiska faktorer såsom vindhastighet, temperatur, relativ fuktighet och strålningsenergi. Ångbildningen sker på markytan och motståndet för ångtransport från markytan till atmosfären utgörs av ett mycket tunt icke turbulent luftlager intill markytan, genom vilket ångan transporteras medelst molekyllär diffusion. En ökad vindhastighet reducerar luftlagrets tjocklek samtidigt som borttransporten av mängden vattenånga ökar. Varaktigheten av det första steget har p.g.a den höga evaporationshastigheten stor inverkan på den totala mängden avdunstat vatten.

Allteftersom upptorkningen fortgår bildas en ny "diffusionsbarriär" av den torra markytan och då den aktuella evaporationen ( $E_a$ ) understiger den potentiella ( $E_p$ ) övergår steg ett i steg två. Vattenhalten i nivån 0-10 cm är i allmänhet vid övergången ca 90-95 % av den vid fältkapaciteten. Vid låga  $E_p$ -värden och på jordar med hög omättad konduktivitet kan emellertid evaporationen fortgå i steg ett ända ned till vattenhalter som motsvaras av ca 60-70 % av den vid fältkapacitet. Steg två kännetecknas av en hela tiden avtagande evaporationshastighet. Under steg två utövar profilens egen förmåga att leverera och transportera vatten större inverkan på evaporationshastigheten än de klimatiska faktorerna. Ångbildningen sker huvudsakligen ett par cm under markytan och den hastighet med vilken vattenången transporteras genom "diffusionsbarriären" (diffusion och/eller masstransport i turbulenta luftströmmar) får en allt större inverkan på evaporationshastigheten. I lagren under det torra ytskiktet dominerar den kapillära vattentransporten men andelen som transporteras i ångfas ökar hela tiden. Ångtransport överskuggar kapillär transport då vattenhalten understiger den vid vissningsgränsen.

I och med att vattnet i profilen under steg två i allt större omfattning transporteras i form av ånga ökar också temperaturfluktuationernas inverkan på evaporationsförloppet. Sammanfattningsvis kan sägas att de mekanismer som styr vatten- och ångtransporten under steg två är både varierande och komplexa.

När det tredje steget börjar är evaporationshastigheten mycket låg och tämligen konstant. Evaporationshastigheten styrs främst av de adsorbtiva krafter som binder vattenmolekylerna vid partikelytorna i ytskiktet och av hur lång väg vattenången har att diffundera från fuktigare lager. Någon entydig gräns mellan steg två och tre föreligger ej. Det föreligger ej heller någon praktisk mening med att försöka identifiera någon sådan. Förslag finns emellertid på att övergången skall anses ske vid en vattenhalt i ytskiktet som råder då vattenfilmen kring jordpartiklarna har en tjocklek av 2 molekyllager eller ca 6 Å (Idso et al., 1974). Vid vissningsgränsen är filmtjockleken ca 18 Å.

För att undanröja eventuella missförstånd om de klimatiska faktorernas betydelse för evaporationen bör också påpekas, även om det kan tyckas som en självklarhet, att effekten av dessa givetvis under samtliga steg är beroende av såbäddens beskaffenhet. Om exempelvis vindhastigheten ökar så ökar också turbulensen i takt med att andelen grova aggregat i

såbädden ökar. En ökad turbulens medför en effektivare borttransport av vattenånga samt en förbättrad värmetransport, vilket ökar evaporationshastigheten. Såbäddens beskaffenhet utövar även inflytande på mängden strålningsenergi som upptas av markytan och därav också på mängden bildad vattenånga. Under ej alltför låg vindhastighet är evaporationshastigheten under steg ett oftast högre från en ojämn bar markyta än motsvarande från en fri vattenyta p.g.a i första hand en större turbulens men även p.g.a en större mängd adsorberad strålningsenergi.

### Serie I

Vid start av serie I var vattenhalten i såbädden genomgående mycket lägre än vid fältkapaciteten; på Ultuna och Säby I ca 30 % och på Finnbo ca 50 % av den vid 1 meters avsugning. Evaporationshastigheten var på samtliga försöksplatser redan under de första dygnen oftast under 1 mm/dygn och tämligen konstant. Några signifikanta ledskillnader noterades ej vid mätperiodens slut. I genomsnitt var dock den kumulativa evaporationen något lägre i det plöjningsfria ledet (fig. 11). Den kumulativa evaporationen var totalt sett väsentligt högre på Finnbo jämfört med på Ultuna och Säby I. Notera emellertid att starttidpunkten varierade mellan försöken i samma omfattning som tidpunkten för vårbrukets start. Detta innebär att den potentiella evaporationen inte varit exakt densamma. Resultaten är således försöksvis inte storleksmässigt direkt jämförbara. Några stora skillnader i kumulativ potentiell evaporation förelåg ej varför den högst uppmätta totalevaporationen på Finnbo med största sannolikhet även varit högst om mätperioderna sammanfallit helt.

### Serie II

Signifikanta och betydligt större ledskillnader i kumulativ evaporation uppmättes däremot i serie II som återspeglar förhållandena efter nederbörd (fig. 12a). I fig. 12b återges resultaten i form av den relativa evaporationshastigheten ( $E_a/E_p$ ) per dygn och i figuren kan de tre stegen klart urskiljas. Av figur 12b framgår också att steg ett på samtliga försöksplatser varat längre i det plöjda ledet samt vidare att evaporationshastigheten under alla tre stegen genomgående varit högre i det plöjda ledet. Skillnaden i evaporationshastighet var framför allt mycket stor under steg ett på Säby I.

### Serie III

Resultaten från serie III, där oförmultnade skörderesters effekt på evaporationsförloppet renodlats, redovisas i fig. 13a och 13b. Iögonfallande är skörderesternas stora reducerande effekt på den kumulativa evaporationen (fig. 13a). Iögonfallande är även den stora skillnaden i kumulativ evaporation mellan bevattnad och torr såbädd. Observera att skörderesterna reducerat mängden avdunstat vatten i störst omfattning på den kapillära jorden både vid bevattnad och vid torr såbädd. För att bättre åskådliggöra skörderesternas effekt på evaporationshastigheten och dess förkortning av steg ett vid bevattnad såbädd har även den relativa evaporationshastigheten per dygn beräknats (fig. 13b).

### Serie IV

Att de strukturella förändringar som uppstått vid plöjningsfri odling i lagren under såbädden varit av tillräcklig omfattning för att påverka evaporationen framgår av resultaten från

serie IV (fig. 14). Alla tre försöksplatser uppvisade en lägre kumulativ evaporation i det plöjningsfria ledet. Skillnaden var störst på Ultuna och minst på Säby I. Däremot var skillnaden mellan försöken i det plöjda ledet obetydlig. Trots små skillnader i evaporationshastighet mellan det plöjda och det plöjningsfria ledet är det ändå möjligt att utifrån fig. 6 konstatera att övergången från steg ett till steg två även i denna serie inträffat något tidigare i det plöjningsfria ledet. Effekten på den kumulativa evaporationen blir i detta fall emellertid inte speciellt stor.



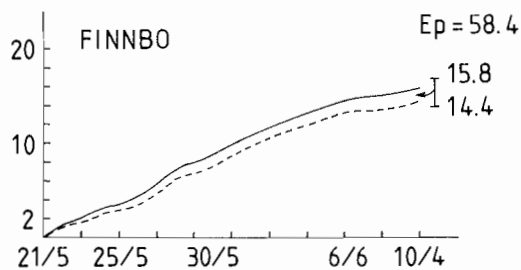
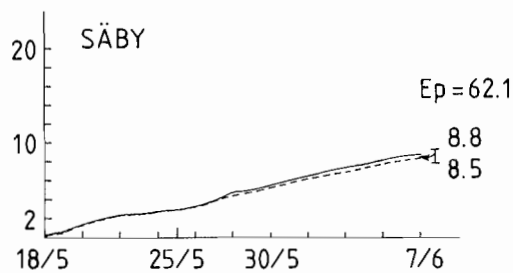
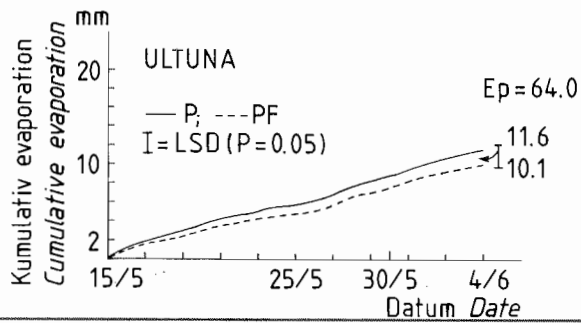


Fig. 11. Serie I. Effekten av plöjningsfri odling på kumulativ evaporation under nederbördsfria förhållanden.  
P = konventionell bearbetning, PF = plöjningsfri odling,  
 $E_p$  = potentiell evaporation.

*Series I. The effect of ploughless tillage on cumulative evaporation. No precipitation.  
P = conventional tillage, PF = ploughless tillage,  
 $E_p$  = potential evaporation.*

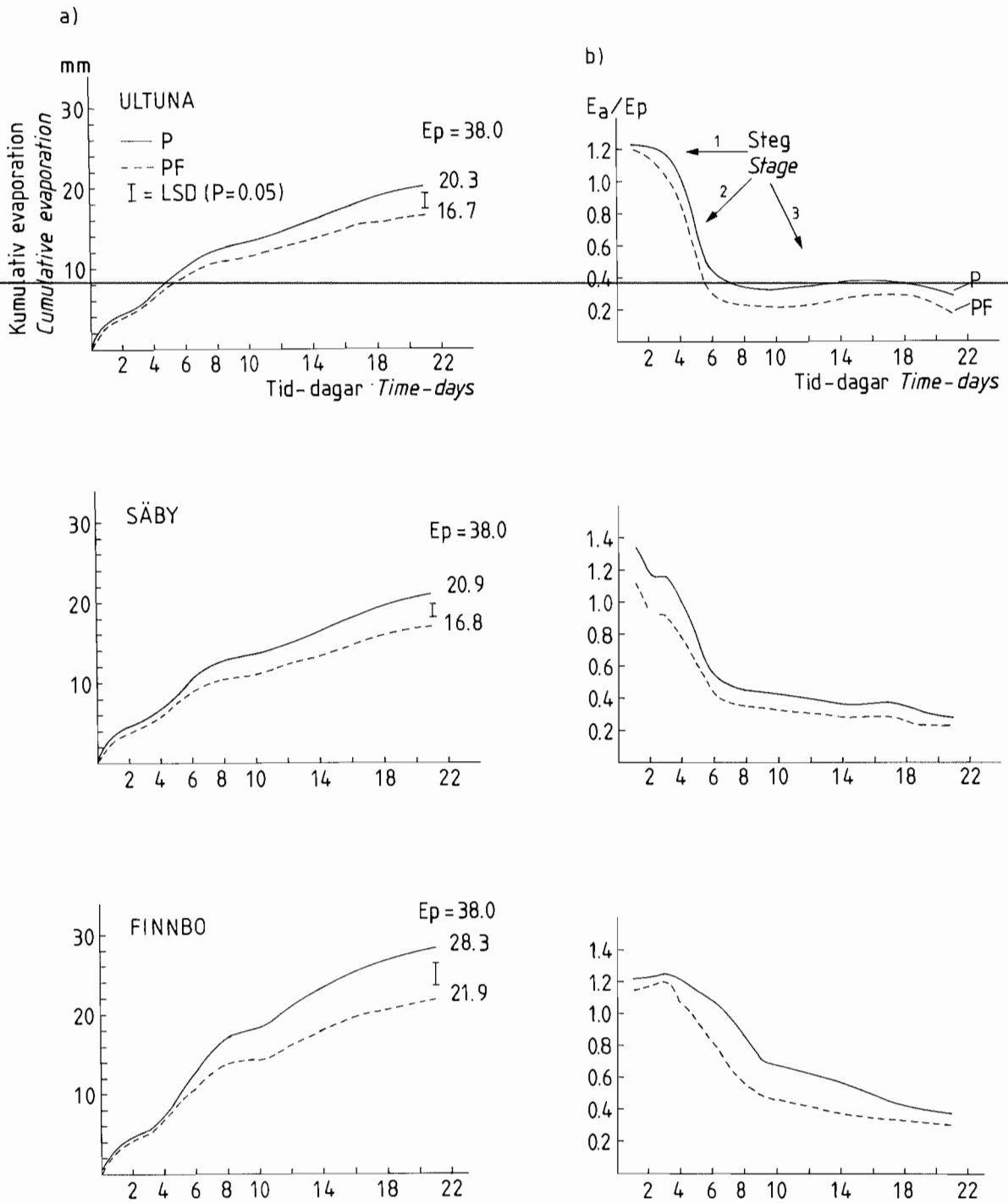


Fig. 12a och b. Serie II. Effekten av plöjningsfri odling efter riklig bevattning (ca 35-40 mm) på kumulativ evaporation (a) och relativ evaporationshastighet,  $E_a/E_p$ , (b).  $E_a$ =aktuell evaporation,  $E_p$ =potentiell evaporation.  
 Series II. The effect of ploughless tillage after irrigation (ca 35-40 mm) on cumulative evaporation (a) and relative evaporation rate,  $E_a/E_p$ , (b).  $E_a$ =actual evaporation,  $E_p$ =potential evaporation.

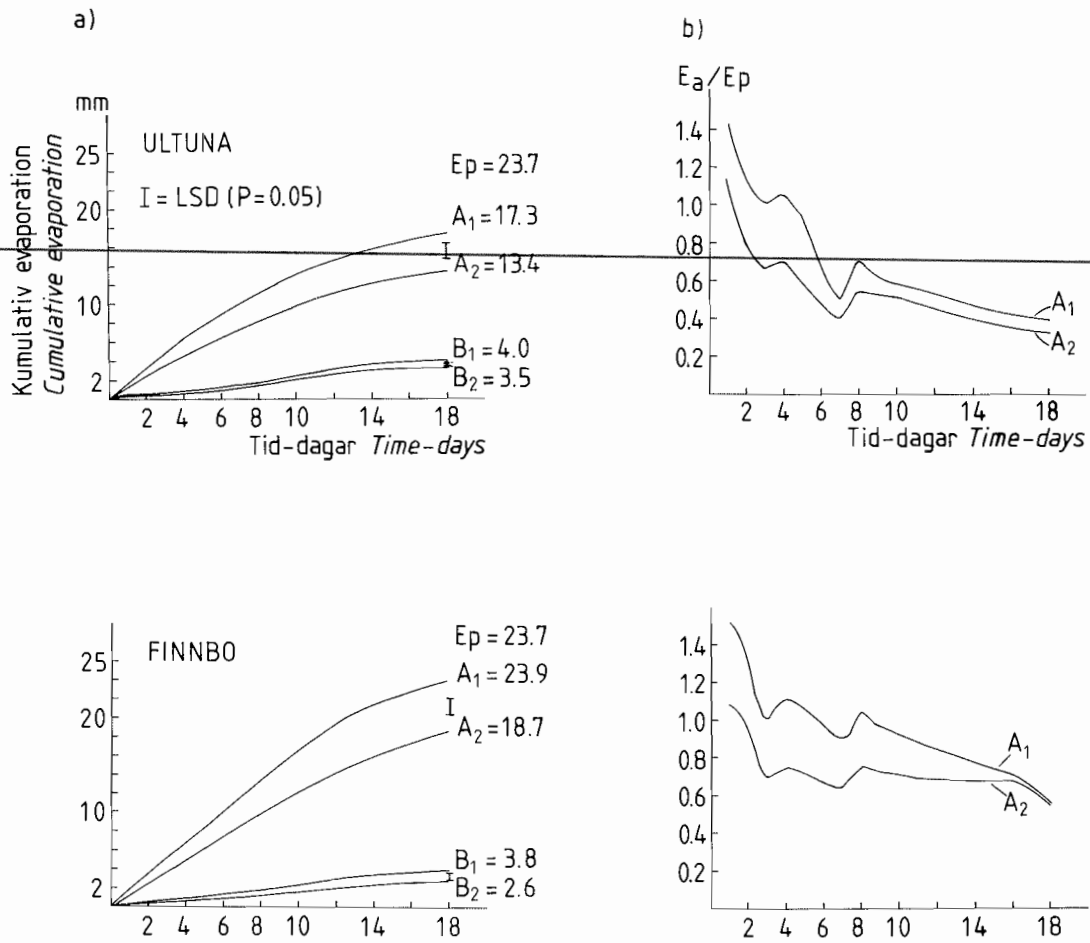


Fig. 13 a och b. Serie III. Effekten av oförmultnade skörderester ( $0.5 \text{ kg/m}^2$ ) i såbädden på kumulativ evaporation (a) och relativ evaporationshastighet,  $E_a/E_p$ , efter bevattning (15 mm) (b).  $A_1$ =utan skörderester, bevattnat,  $A_2$ =med skörderester, bevattnat,  $B_1$ =utan skörderester, torr såbädd,  $B_2$ =med skörderester, torr såbädd.

*Series III. The effect of undecayed residues ( $0.5 \text{ kg/m}^2$ ) on cumulative evaporation (a) and relative evaporation rate,  $E_a/E_p$ , after irrigation (15 mm) (b).  $A_1$ =without residues, irrigated,  $A_2$ =with residues, irrigated,  $B_1$ =without residues, dry seedbed,  $B_2$ =with residues, dry seedbed.*

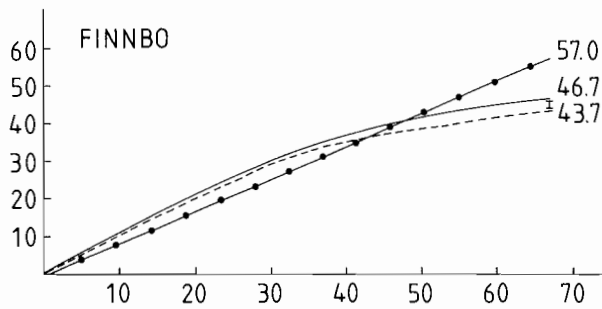
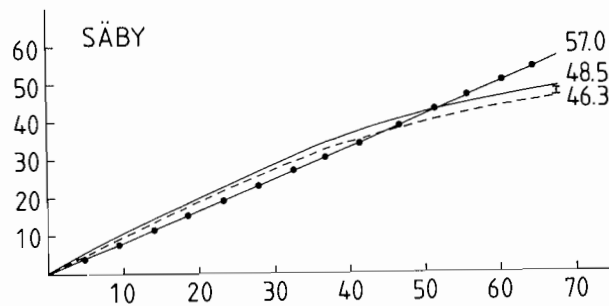
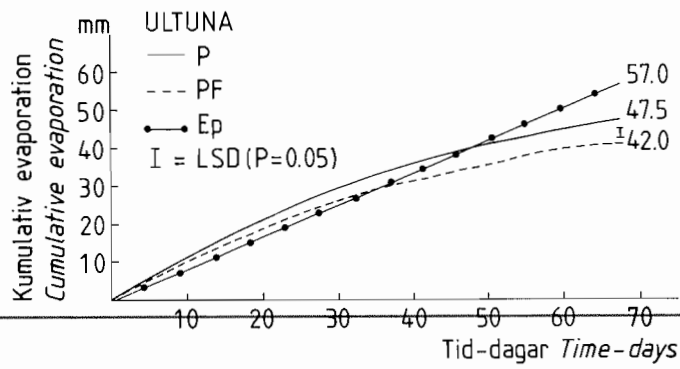


Fig. 14. Serie IV. Skillnad i kumulativ evaporation mellan plöjt led (P) och plöjningsfritt led (PF) då såbädden avlägsnats.

*Series IV. Difference in cumulative evaporation between conventional tillage (P) and ploughless tillage (PF) when the seedbed was removed.*

## DISKUSSION

Allmänt gäller att evaporationshastighetens förändring med tiden påverkas av storleken på den potentiella evaporationen ( $E_p$ ). I fig. 15 illustreras schematiskt, från ett arbete av Gardner & Hillel (1962) med finmo-grovmjälajord i 22 cm djupa cylindrar, hur evaporationshastigheten förändras vid tre olika men konstanta värden på  $E_p$ . Ju större  $E_p$  desto kortare blir fasen med maximal evaporation. En långsam upptorkning förlänger det första steget. Skillnaden i kumulativ evaporation blir beroende av hur mycket vatten som sparas i början och av torrperiodens längd (Heinonen, 1985).

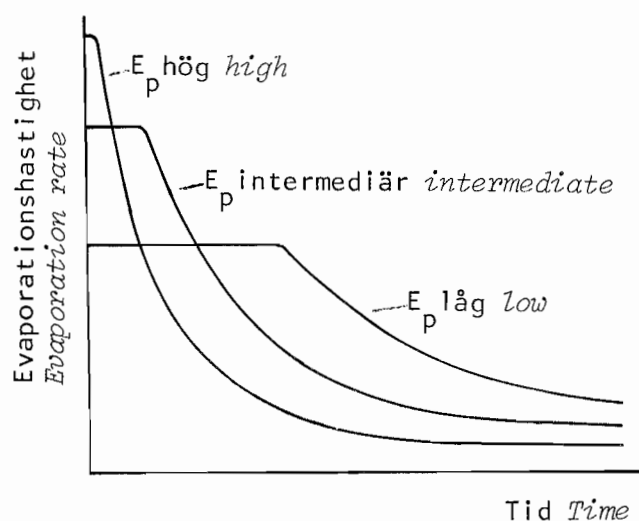


Fig. 15. Schematisk bild av evaporationshastigheten som funktion av tiden vid olika potentiell evaporation  $E_p$ . Efter resultat hos Gardner & Hillel (1962).

*Schematic representation of evaporation rate as a function of time for different potential evaporation  $E_p$ . From results reported by Gardner & Hillel (1962).*

De schematiska kurvorna i fig. 15 illustrerar även evaporationsförloppet vid stigande mängd skörderester på ytan vid ett och samma  $E_p$ -värde (Bond & Willis, 1969; Philips, 1984). Ju större mängd skörderester desto längre blir fasen med maximal evaporation. Efter långvarig (ca 2 månader) intensiv torka efter nederbörd redovisade Bond & Willis (1971) endast en obetydlig reduktion av den kumulativa evaporationen vid yttäckning. Ej alltför sällan återkommande regnperioder ökar däremot skörderesternas evaporationsdämpande effekt (Russel, 1939).

I serie I har evaporationen till största delen styrts av profilernas förmåga att leverera vatten. Hur stor del av de ledvis uppmätta skillnaderna som orsakats av olikheter i lysi-meterbottenarna eller av såbäddsskillnader, exempelvis olika aggregatstorleksfördelning (fig. 16) eller olika mängd skörderester i ytskiktet, går naturligtvis inte att beräkna. Troligt är emellertid att den ökade andelen grova aggregat och den minskade mängden aggregat <4 mm i de plöjningsfria såbäddarna varit till nackdel under förhållanden med stark vind. Tidigare såbäddsundersökningar (Rydberg, 1986) har genomgående även visat på en mindre andel aggregat <4 mm. Det något avvikande resultatet denna gång från Ultuna-försöket får tillskrivas den icke normala såbäddsberedningen våren 1985. För de som är intresserade av information om hur olika aggregatstorlekar, olika aggregatsstorleksfördelningar samt olika såbäddars utformning i övrigt påverkar evaporationen hänvisas till arbeten utförda av Lemon (1956), Hanks & Woodruff (1958), Holmes et al. (1960), van Doren (1967), Hillel & Hadas (1972), Hadas (1975), Håkansson & von Polgar (1976, 1977) och Heinonen (1985).

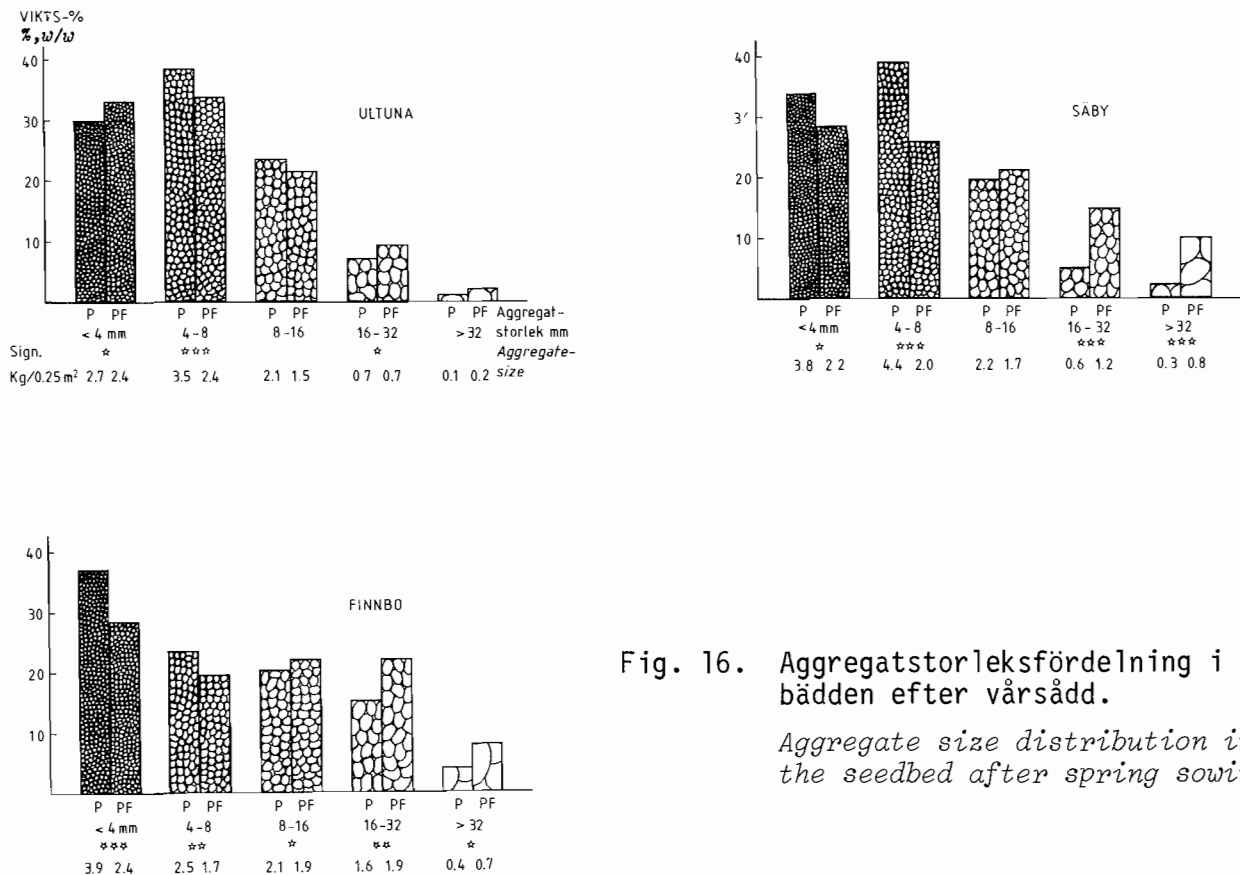


Fig. 16. Aggregatstorleksfördelning i såbädden efter vårsådd.

*Aggregate size distribution in the seedbed after spring sowing.*

Vid genomförandet av serie II kunde försöksvis med blotta ögat konstateras en tidigare upptorkning av ytskiktet i de "plöjningsfria" lysimetrarna, vilket också återspeglas i fig. 12 genom en förkortning av steg ett. I engelskspråkig litteratur skulle resultatet ha beskrivits som en förbättrad "self-mulching" i det plöjningsfria ledet. Den tidigare upptorkningen orsakades förmodligen i första hand av att en mindre igenslammad såbädd, p.g.a. en större mängd oförmultnade skörderester och stabilare aggregat (Rydberg, 1986), medfört en förbättrad dräneringsförmåga och en försämrad kapillaritet. Upptorkningen borde likaså delvis ha befrämjats av en större mängd oförmultnade skörderester och stabilare aggregat i nivån från harv- till stubbearbetningsdjup. Den i många sammanhang påvisade och/eller omtalade förbättringen av porkontinuiteten i obearbetad jord (Baeumer & Bakermans, 1973; Ehlers, 1975, 1976; Goss et al., 1978; Barnes & Ellis, 1979; Douglas et al., 1980; Rydberg, 1986) kan också något ha påskyndat upptorkningen av ytskiktet genom att dräneringen i nivåerna under stubbearbetningsdjupet förbättrats. En större turbulens på ytan i det plöjningsfria ledet, p.g.a. en mindre igenslamning och därav en större mängd kvarvarande grova aggregat (fig. 17), kan även den ha bidragit till förkortningen av det första steget. Det är emellertid inte i alla situationer som en högre turbulens medför en högre potentiell evaporation. Det komplexa samspelet mellan turbulens och värmeöverföring till och från jorden kan under vissa förhållanden resultera i att en höjning av turbulensen sänker evaporationshastigheten (Holmes et al., 1960).

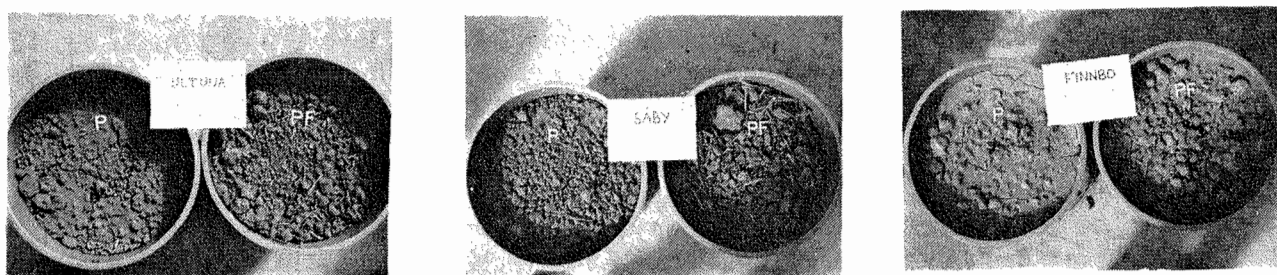


Fig. 17. Markytans utseende några dagar efter bevattning (serie II).  
*Appearance of the soil surface some days after irrigation (Series II).*

Huruvida en förkortning av steg ett p.g.a en högre potentiell evaporation skulle vara positivt för vattenhushållningen är dock ej helt klarlagt. Visserligen visade Buckingham redan år 1907, på våt jord i lysimetrar i laboratorium, att den totala evaporationen i det långa loppet blev lägre under arida förhållanden än under humida. Som förklaring anförde han en hastigare upptorkning av ytskiktet under arida förhållanden. Den s.k. "Buckingham-effekten", som åsyftar dessa laboratorieresultat, har accepterats av vissa men också helt förkastats av andra (se Bond & Willis, 1971). Heinonen (1985) har utifrån analys av olika arbeten en mindre kategorisk uppfattning, nämligen den att effekten kan uppstå på jordar med mycket god "self-mulching-förmåga".

~~En minskad skorpbildningsrisk p.g.a en minskad igenslamningsbenägenhet är naturligtvis en odiskutabel fördel för exempelvis infiltration, luftväxling och uppkomst. Avdunstningsmässigt kan en minskad skorpbildning i sig vara till nackdel. En tunn ytskorpa med få sprickor reducerar nämligen evaporationen (Bresler & Kemper, 1970), eftersom den minskar jordens luftväxling och särskilt vindens uttorkande verkan. En djupare igenslamning som åstadkommer goda kapillära förbindelser igenom hela matjordslagret, vilket är typiskt för mo- och mjälajordar, har däremot alltid en mycket ogynnsam effekt (Heinonen, 1985).~~

Den stora ledskillnaden i aktuell evaporation under steg ett på Säby I (fig. 12b), i jämförelse med den på Ultuna och Finnbo, har troligtvis orsakats av en större reflektion av inkommande solstrålning p.g.a en större mängd oförmultnade skörderester i ytskiktet i det plöjningsfria ledet. Genom reflektionen reduceras mängden solstrålning till markytan och därigenom också mängden tillgänglig energi för ångbildningen. Thunholm (1985) uppmätte en lägre temperatur på såbotten i det plöjningsfria ledet på Ultunaförsöket under de två första veckorna efter vårsådden 1985 och som förklaring framför han en större reflektion p.g.a skörderesterna.

Under steg två och tre, i serie II, har sedan evaporationsförloppet i allt större omfattning styrts av de enskilda profilernas förmåga och möjlighet att leverera vatten. Av fig. 12b framgår att differensen i aktuell evaporation mellan det plöjda och det icke plöjda ledet blir allt mindre och mindre. Möjligt är att kurvorna vid en förlängning av torrperioden skulle ha korsat varandra och att den plöjningsfria odlingens positiva effekt på vattenhushållningen därigenom skulle ha reducerats eller rent av försvunnit helt. Värdet av en reducerad evaporation i ett kortare tidsperspektiv förringas för den skull under inga omständigheter, då den i vissa kritiska situationer kan vara helt avgörande för exempelvis en grödas groning och uppkomst. I vårt klimat är också torrperioderna nästan alltid så korta att den initiala reduktionen väger tyngst.

Tidigare uppgavs att mängden upptaget vatten efter bevattningarna inför serie II i genomsnitt var ungefär lika i de två leden på Ultuna och Säby I men i genomsnitt något lägre i det plöjningsfria ledet på Finnbo. Om den lägre upptagna mängden vatten var ett resultat av att dräneringsförmågan förbättrats och/eller av att en större mängd vatten dränerats vid sidan av jordcylindern har ej vidare undersökts. Statistiska beräkningar visade dock att det framför allt i det plöjda ledet på Finnbo förelåg ett positivt samband, men med låg korrelation, mellan mängden upptaget vatten och totala mängden avdunstat vatten. Korrigerat för regressjonen blir ledskillnaden i total evaporation på Finnbo ca 3 mm mindre än vad som redovisas i fig. 12a. Det var detta påvisade samband som föranledde att bevattningsrutinerna inför serie III och IV modifierades så att resultaten ej skulle påverkas av skillnader i mängden upptaget vatten. Det påvisade sambandet tillsammans med osäkerheten om orsaken försvårar en alltför långtgående jämförelse av resultaten från Finnbo med de från Ultuna och Säby I i serie II. Något samband av betydelse mellan de enskilda lysimetrarnas totala vatteninnehåll efter bevattning och den totala mängden avdunstat vatten har ej noterats i någon serie.

En styv lera brukar vid ej alltför låg potentiell evaporation betraktas som en jord med god "self-mulching-förmåga", medan så icke är fallet med en kapillär mjälilig lättlera. En in-



blandning av skörderester i ytskiktet på dessa jordar borde därför, i ett kortare tidsperspektiv efter nederbörd, reducera den totala evaporationen mer på mjälalätteren än på den styva leran. Detta illustreras med önskvärd tydlighet i serie III, trots en förhållandevis låg potentiell evaporation. Värdet av skörderesternas positiva verkan på vattenhushållningen framstår än klarare om hänsyn också tas till att rotutvecklingen på en mjälalättera ofta är begränsad till matjorden (se fig. 8) samt att matjorden vid hög potentiell evaporation mycket hastigt kan förlora allt växttillgängligt vatten. Matjordens snabba uttorkning är en kombinationseffekt dels av en ringa "self-mulching-förmåga" och av dels alvens förmåga att förse matjorden med vatten i den takt som vatten levereras till atmosfären.

~~Om vattentransporten genom torr såbädd i större utsträckning är kapillär på en mjälalättera än på en styv lera skulle detta kunna förklara varför skörderesterna även vid obevattnad såbädd reducerat totalevaporationen mer på Finnbo än på Ultuna.~~

Även i serie IV torde en större mängd oförmultnade skörderester och stabilare aggregat i ytskiktet (nivån närmast under såbädden) till stora delar förklara den genomgående lägre evaporationen från de "plöjningsfria lysimetrarna".

I samband med borringarna togs, som tidigare nämnts, små jordcylindrar (höjd = 100 mm, diam = 70 mm) ut för bestämning av volymvikter och vattenhalter. Vid torkningen av dessa (3 dygn i 105°C) uppstod en volymminskning som på cylindrarna från centrala matjorden var mindre i det plöjningsfria ledet både på Ultuna och Säby I. Ledskillnaden var störst på Ultuna. Cylindrarna från Finnbo blev efter torkning alltför sköra för att kunna volymbestämmas. En reducerad volymminskning borde innebära en reducerad sprickbildningsbenägenhet och eftersom avdunstningen efter det att ytskiktet torkat upp sker allt djupare och djupare ner i profilen och företrädesvis från torksprickor (Hillel, 1980) så borde en reducerad volymminskning också innebära en minskad avdunstningshastighet.

Då serie IV genomfördes i laboratoriet uppmättes i genomsnitt ej någon högre totalevaporation på den kapillära jorden från Finnbo. Med största sannolikhet var orsaken till detta en allt för låg potentiell evaporation (0.85 mm/dygn). Vid motsvarande studie utomhus och med en potentiell evaporation på i genomsnitt 1.4 mm/dygn noterades en något högre totalevaporation på lysimetrarna från Finnbo jämfört med de från Ultuna och Säby I. Ledskillnaden i totalevaporation var även vid utomhusmätningarna störst på Ultuna och minst på Säby I. Vid både utomhus- och inomhusmätningarna avvek ledskillnaden på Finnbo starkt minst från den på Säby I. Eftersom Ultunaförsöket anlades 1974, Finnboförsöket 1980 och Säbyförsöket 1983 ligger det nära till hands att föreslå försöksåldern som en delvis bidragande orsak till de erhållna ledskillnaderna mellan försöksplatserna.

Till skillnad från i serie I, II och III har evaporationsförloppet vid laboratorieutförandet av serie IV ej påverkats av några dygnsvisa temperaturvariationer. Så länge som profilens ytskikt är vått har en temperaturgradient ingen nämnvärd inverkan på evaporationen (Philip, 1957) eftersom huvuddelen av vattentransporten då är kapillär. Allteftersom profilen torkar ut ökar andelen vatten som transporteras i ångfas och därmed ökar också temperaturgradientens inverkan på evaporationen. Den dygnsvisa temperaturvariationen medför att vattenånga transporteras både upp och ned i profilen. Under natten kyls markytan oftast ned så att vattenånga transporteras uppåt och kondenseras där. Under en torr och solig dag förlorar markytan vattenånga förutom till atmosfären också till djupare och kallare lager i profilen (Hide, 1954). Hadas (1975) visade i laboratorium att en dygnsvis temperaturvariation resulterar i en lägre kumulativ evaporation jämfört med under konstanta förhållanden. Den dygnsvisa temperaturvariationen medför också en distinktare gräns mellan torr och fuktig jord i matjordens översta del (Hide, 1954; Hadas, 1975). Gränsdjupet är beroende av jordstrukturen och av intensiteten och varaktigheten av torkan och mycket tyder på att det tämligen väl sammanfaller med det empiriskt funna optimumsådjupe (Heinonen, 1985). Evaporationsmätningar under konstanta laboratorieförhållanden är således inte helt jämförbara med mätningar som påverkats av dygnsvisa temperaturvaria-

tioner. Hadas (1975) redovisar skillnader på ca 10-20 % i kumulativ evaporation. Några jämförande undersökningar, mellan plöjda respektive oplöjda profiler, av temperaturvariationens inverkan på evaporationen har ej påträffats.

## AVSLUTANDE SYNPKTER

Resultaten från rotstudierna och evaporationsmätningarna motsäger på intet sätt de slutsatser som drogs utifrån de inledningsvis nämnda markfysikaliska och markkemiska undersökningarna, nämligen för det första att den största nackdelen med plöjningsfri odling är den ökade kompaktheten i centrala matjorden och för det andra att de största fördelarna är den förbättrade vattenhushållningen och den ökade genomsläppligheten (porkontinuitet, rotframkomlighet) i matjordens nedre och i alvens översta del.

Resultaten motsäger därför inte heller de rekommendationer som gavs i syfte att på ett effektivare sätt utnyttja de potentiella möjligheterna med plöjningsfri odling, nämligen att det praktiska genomförandet måste förändras så att en markant reduktion av packningen äger rum och att en ny såmaskinskonstruktion, som bemästrar skörderesterna, utvecklas. Som förslag till åtgärder mot minskad packning angavs "harvsådd", och rotstudierna visar ju också på klara förbättringar. Inom parentes kan tilläggas att försöksresultaten med plöjningsfri harvsådd för år 1986 är mycket tillfredsställande på samtliga de tre för närvarande pågående försöken (Säby I och II och ett på Ultuna). Avkastningen var genomgående högre, i genomsnitt 5 %, i ledet med plöjningsfri harvsådd i jämförelse med konventionell bearbetning. I förhållande till PF-ledet var avkastningen 2 % högre på Säby I (SL), 4 % högre på Ultuna (SL) och lika på Säby II (moLL).

Rotstudierna visar emellertid också att rotutvecklingen ändå hämmats något i centrala matjorden trots plöjningsfri harvsådd, varför det i den fortsatta försöksverksamheten om möjligt borde användas harvsåddekipage med lägre totalvikt och försedda med lågtrycksdäck. Vad beträffar de tekniska problemen med skörderesterna i ytskiktet i samband med sådd, kan nämnas att inför 1987 planeras två stycken fältförsök med en helt ny såmaskinskonstruktion.

## SAMMANFATTNING

Under år 1985 har effekten av utelämnad plöjning på rotutveckling och evaporation varit föremål för ytterligare undersökningar. Rotutvecklingen studerades (skiktvis i fält manuell friläggning) i juni och juli på fyra stycken försöksplatser; Ultuna (SL), Säby I (SL), Säby II (moLL) och Finnbo (mjLL). Evaporationen mättes på utborrade lysimetrar (höjd = 40 cm, diam = 30 cm) från försöken på Ultuna, Säby I och Finnbo. Som mått på evaporationen användes lysimetrarnas viktminskning. Evaporationsstudierna omfattar fyra serier (I-IV). I serie I registrerades evaporationsförloppet efter vårbruk utan nederbörd och i serie II efter vårbruk följt av nederbörd. I serie III renodlades effekten av i såbädden inblandade skörderester, både utan och efter nederbörd, och i serie IV mättes evaporationen exkl såbädd. Samtliga undersökningar omfattar en jämförelse av de båda huvudleden konventionell bearbetning (P) och plöjningsfri odling (PF). I ledet med plöjningsfri odling har höstplöjningen ersatts med 2-3 st stubbearbetningar till ca 10 cm, medan såbäddsberedning

och sådd utförts som i det konventionellt plöjda ledet. Rotstudierna på Säby I och II omfattar även ledet plöjningsfri harvsådd (PFH). I detta led har den konventionella såbäddsberedningen och sådden ersatts medelst harvsådd. Inga skörderester har bortförts från de undersökta försöksplatserna, men halmen har hackats i samband med skörd. Växtföljden har på försöksplatserna under den senaste 10-års perioden varit stråsådesdominerad och växtnäringstillförseln har skett enligt gällande rekommendationer. Resultaten sammanfattas i det följande.

- Rottillväxten har genomgående hämmats i centrala matjorden vid plöjningsfri odling (PF) och hämningen tillskrivs i första hand ett alltför högt mekaniskt motstånd. De ~~negativa effekterna var mest påtagliga på Finnbo och Säby II, d.v.s på de två försöksplatser med "lätt" jord, något mindre på Säby I och minst på Ultuna. Som sannolik förklaring till de mindre negativa effekterna på Ultuna i jämförelse med på Säby I, framhålls en tidsmässigt längre ostörd strukturutveckling; 10 år på Ultuna mot endast 3 år på Säby I.~~
- Vid plöjningsfri harvsådd (PFH) förbättrades rotutvecklingen i centrala matjorden gentemot ledet med normal plöjningsfri odling (PF), men den var dock ej lika riklig som vid konventionell bearbetning (P).
- I samtliga försök noterades i alla avseenden en sämre rotutveckling på plogsuledjup i det plöjda ledet. Störst förbättring av utebliven plöjning konstaterades på Ultuna. På både Säby I och II var de negativa effekterna minst uttalade i ledet med plöjningsfri harvsådd.
- Registrerade ledskillnader i tillväxt och förgreningstendens i alven hänförs i rapporten i första hand till rotsystemets fantastiska förmåga att, då möjlighet föreligger efter behov kunna kompensera en tidigare hämmad rotframkomlighet.
- Rotutvecklingen har på ett mycket iögonfallande sätt gynnats av befintliga sprickor, maskkanaler och övriga porer. Sprickornas storlek var oftast mindre vid utebliven plöjning, medan antalet maskkanaler oftast var större. På Säby I och II och Finnbo uppskattades antalet maskkanaler till det dubbla i de oplöjda leden i jämförelse med i det plöjda.
- I serie I, evaporation efter vårbruk utan nederbörd, noterades inga signifikanta ledskillnader vid mätperiodens slut. I genomsnitt var emellertid den kumulativa evaporationen något lägre i det plöjningsfria ledet på samtliga tre försöksplatser.
- I serie II, evaporation efter vårbruk som följts av nederbörd, uppmättes på alla försöksplatser en signifikant lägre kumulativ evaporation i det plöjningsfria ledet. Orsaken anses främst vara en tidigare upptorkning av ytskiktet i det plöjningsfria ledet. Den tidigare upptorkningen förklaras i sin tur i första hand med att en minskad igenslamning av såbädden underlättat dräneringen samtidigt som den försämrade möjligheten för kapillär upptransport.
- I serie III, där skörderesternas effekt på evaporationen renodlats, konstaterades signifikant lägre kumulativ evaporation med skörderester inblandade i såbädden både utan och efter bevattning. Den totala evaporationen liksom skillnaden mellan med och utan skörderester var avsevärt större efter bevattning. Skörderesternas positiva effekt på vattenhushållningen var större på mjälalättleran från Finnbo än på den styva leran från Ultuna.

- I serie IV påvisades att även de strukturella förändringar som uppstått vid plöjningsfri odling i lagren under såbädden var av sådan karaktär att de reducerade evaporations-hastigheten.
  - Under rubriken "avslutande synpunkter" rekommenderas att det fortsatta arbetet, med plöjningsfri odling och plöjningsfri harvsådd, i första hand bör inriktas på att reducera packningen samt på att utveckla en ny såmaskinskonstruktion som bemästrar rikliga skörderestmängder.
-

## SUMMARY

The effects of reduced tillage on root development and evaporation was investigated in a programme of research during 1985. Root development was studied during June and July after manual exposure of successive soil layers on 4 research sites: Ultuna (heavy clay), Säby I (heavy clay), Säby II (clay loam) and Finnbo (silty clay loam). Evaporation was measured on lysimeters of dimensions height = 40 cm, diameter = 30 cm, excavated from the Ultuna, Säby I and Finnbo sites. Reduction in lysimeter weight was taken as the measure of evaporation. Evaporation investigations consisted of 4 Series (I-IV). In the first of these, the evaporation process after spring cultivation was registered in the absence of precipitation. In Series II, evaporation with precipitation after spring cultivation was measured. In Series III, the effect on evaporation of incorporating crop residues into the seedbed was measured both with and without precipitation. Finally, evaporation from soil from which the seedbed was removed was measured in Series IV. All measurements of evaporation in Series I, II and IV and all studies of root growth involved comparison between the two treatments, conventional tillage (P) and ploughless tillage (PF). In the PF system, autumn ploughing was replaced by 2-3 stubble cultivations to approx. 10 cm depth, followed by seedbed preparation and sowing as in the conventional (P) system. On Säby I and II, the root studies were also carried out after a third type of tillage, namely stubble cultivation followed by seedbed preparation and sowing in one pass, called "ploughless once-over sowing" (PFH). In this system, the seedbed was prepared, with a PTO-driven harrow and sown with an ordinary drill coupled in tandem to the harrow. No crop wastes were removed from any of the research plots but the straw was chopped during harvesting. Crop rotation on these sites during the last 10 years was dominated by cereals and the soil had been fertilized according to recommendations at the time. Results can be summarized as follows:

- Root development was hampered in mid-topsoil in all cases where ploughless tillage (PF) was used. This effect can be attributed chiefly to excessive mechanical resistance in this part of the soil profile. The negative effects were most obvious on Finnbo and Säby II sites, i.e. on the two "light" soils, somewhat less on Säby I and least on Ultuna. One possible explanation for the lower effect on Ultuna compared to Säby I is the difference in duration of undisturbed structure development in the history of these soils; 10 years on Ultuna compared to only 3 on Säby I.
- Under the PFH system, root development in mid-topsoil was better than under the PF system but not as good as under conventional (P) treatment.
- On all sites, root development was poorer in all respects immediately below the plough layer in ploughed plots. The best effects of excluding ploughing from the cultivation system were observed on Ultuna. On both Säby I and II, the negative effects below the plough layer were least evident under the PFH system.
- Differences between plots in root growth and root branching in the subsoil have been attributed in this report to the fantastic ability of the root system to compensate, where possible, for previously inhibited growth.

- Root development was favoured in a very striking manner by existing cracks, worm channels and larger pores in the soil. Cracks were often smaller after reduced tillage but the number of worm channels was often greater. On Säby I, Säby II and Finnbo, the frequency of earthworm channels in unploughed plots was estimated to be double that in ploughed plots.
- In Series I, evaporation after spring cultivation without precipitation, there were no significant differences between plots at the end of measurement period. Cumulative evaporation was, however, somewhat lower on average from the ploughless plots on all three research sites.

---

- In Series II, evaporation after spring cultivation with precipitation, cumulative evaporation was significantly lower from ploughless plots on all sites. The reason for this was thought to be the earlier drying out of the surface layer in these plots. This earlier drying was, in its turn, due mainly to the fact that a reduced slaking in the seedbed improved infiltration while simultaneously reducing the possibilities for capillary transport.
- In Series III, which investigated the effects of harvest waste on evaporation, cumulative evaporation was significantly lower from those treatments which had the straw incorporated, whether without or with precipitation. The total evaporation and the moisture-conserving effect of incorporated straw were greater in the irrigated treatments. The positive effect of straw incorporation on moisture retention was also greater on the silty clay loam of Finnbo than on the Ultuna heavy clay.
- Series IV showed that soil structural changes brought about by ploughless tillage in layers under the seedbed also acted to reduce rate of evaporation from the soil.
- In conclusion, this report recommends that continued research on reduced tillage be chiefly directed towards solving the compaction problem and towards developing a new type of drill which can cope with large amounts of straw in the seedbed.

## LITTERATUR

- Andersson, S. 1969. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XVIII. Om en ny och enkel evaporimeter. - Grundförbättring, 22, s. 59-66.
- Baeumer, K. & Bakermans, W.A.P. 1973. Zero-tillage. - Adv. Agron., 25, s. 78-120.
- Bakermans, W.A.P. & De Wit, C.T. 1970. Crop husbandry on naturally compacted soils. - Neth. J. Agric. Sci., 18, s. 225-246.
- 
- Barley, K.P. & Greacen, E.L. 1967. Mechanical resistance as a soil factor influencing the growth of roots and underground shoots. - Adv. Agron., 19, s. 1-43.
- Barley, K.P., Farrell, D.A. & Greacen, E.L. 1965. The influence of soil strength on the penetration of a loam by plant roots. - Aust. J. Soil Res., 3, s. 69-79.
- 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, s. 669-679.
- Bar-Yosef, B. & Lambert, J.R. 1981. Corn and cotton root growth in response to soil impedance and water potential. - Soil Sci. Soc. Am. J., 45, s. 930-935.
- Baver, L.D., Gardner, W.H. & Gardner, W.R. 1972. - Soil Physics, (4th edn.), Wiley, New York.
- Bond, J.J. & Willis, W.O. 1969. Soil water evaporation: Surface residue rate and placement effects. - Soil Sci. Soc. Am. Proc., 33, s. 445-448.
- Bond, J.J. & Willis, W.O. 1971. Soil water evaporation: Long-term drying as influenced by surface residue and evaporation potential. - Soil Sci. Soc. Am. Proc., 36, s. 984-987.
- Bressler, E. & Kemper, W.D. 1970. Soil water evaporation as affected by wetting methods and crust formation. - Soil Sci. Soc. Am. Proc., 34, s. 3-8.
- Buckingham, E. 1907. Studies of the movement of soil moisture. - U.S. Dept. Agr. Bureau of Soils. Bulletin 38.
- Cederlund, J. 1982. Kombinerad bearbetning och sådd (harvsådd). - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Rapporter, 64.
- Douglas, J.T., Goss, M.J. & Hill, D. 1980. Measurements of pore characteristics in a clay soil under ploughing and direct drilling, including use of a radioactive tracer ( $^{144}\text{Ce}$ ) technique. - Soil Tillage Res., 1, s. 11-18.
- Drew, M.C. & Saker, L.R. 1980. Direct drilling and ploughing: their effects on the distribution of extractable phosphorus and potassium, and of roots, in the upper horizons of two clay soils under winter wheat and spring barley. - J. Agric. Sci., Camb., 94, s. 411-423.
- Eavis, B.W. 1967. Mechanical impedance and root growth. - Symp. Inst. Agric. Engr. (Silsoe, U.K.). Pap. 4/F 39, s. 1-11.

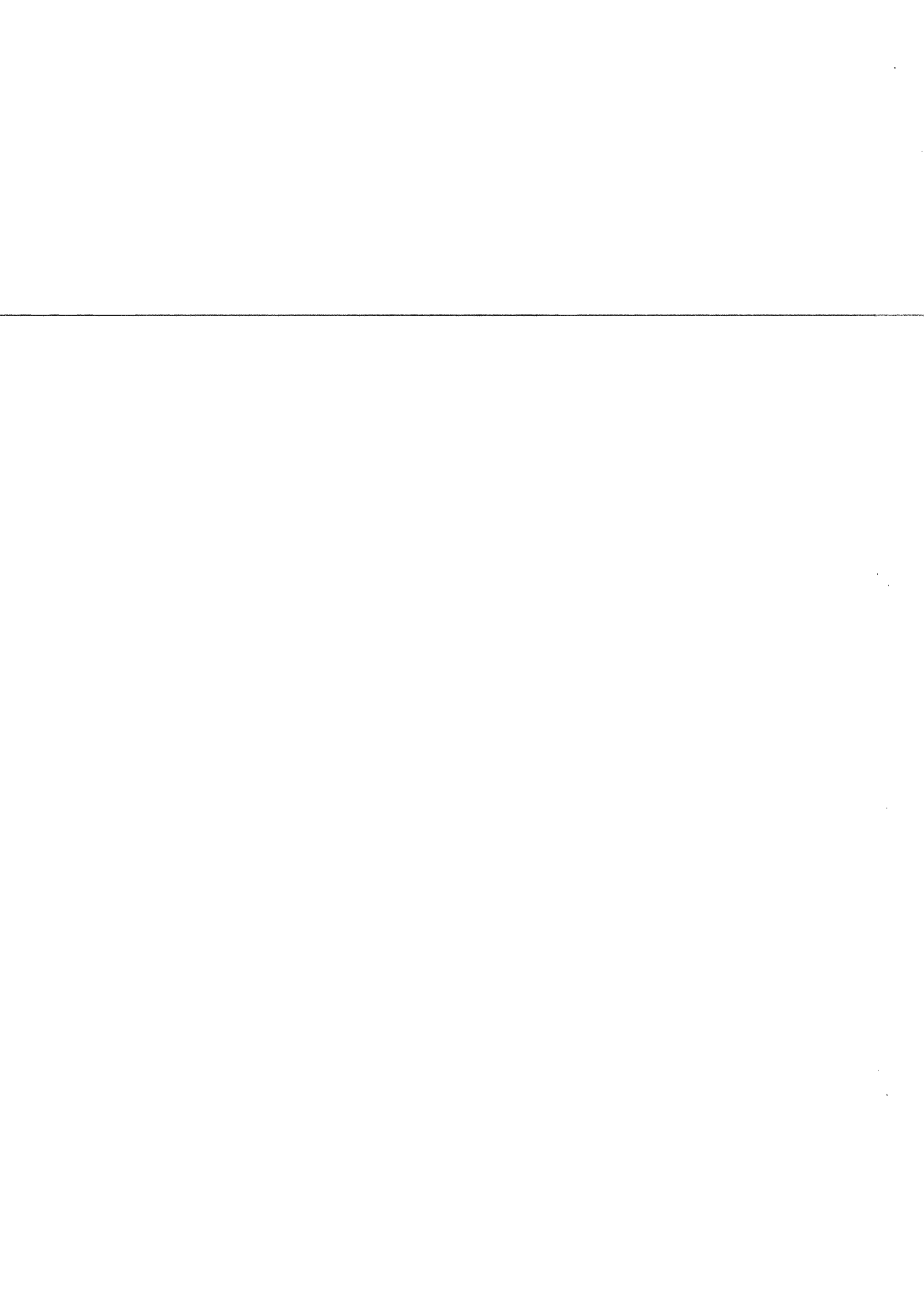
- Eavis, B.W. 1972. Soil physical conditions affecting seedling root growth. - *Plant and Soil*, 36, s. 613-632.
- Ehlers, W. 1975. Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. - *Soil Sci.*, 119, s. 242-249.
- Ehlers, W. 1976. Water infiltration and redistribution in tilled and untilled loess soil. - *Göttinger Bodenkd. Ber.*, 44, s. 137-156.
- 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, s. 261-275.
- 
- Elkins, C.B., Haaland, R.L. & Hoveland, C.S. 1977. Grass roots as a tool for penetrating soil hardpans and increasing crop yields. - *Proc. 34th Southern Pasture and Forage Crop Impr. Conf.*, Auburn Univ., Alabama, s. 21-26.
- Elkins, C.B. 1985. Plant roots as tillage tools. - *Proc. Int. Conf. on Soil Dynamics.*, Auburn Univ., Alabama, 3, s. 519-523.
- Ellis, F.B., Elliot, J.G., Barnes, B.T. & Howse, K.R. 1977. Comparison of direct drilling, reduced cultivation and ploughing on the growth of cereals. 2. Spring barley on a sandy loam soil: soil physical conditions and root growth. - *J. Agric. Sci., Camb.*, 89, s. 631-642.
- Eriksson, J. 1982. Markpackning och rotmiljö. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för lantbrukets hydroteknik. Rapporter, 126.
- Eriksson, J., Håkansson, I. & Danfors, B. 1974. Jordpackning - markstruktur - gröda. - *Jordbrukstekniska institutet, Uppsala. Medd.*, 354.
- FAO: Guidelines for Soil Description. Odaterad. Förkortad stencil.
- Finney, J.R. & Knight, B.A.G. 1973. The effect of soil physical conditions produced by various cultivation systems on the root development of winter wheat. - *J. Agric. Sci., Camb.*, 80, s. 435-442.
- Friend, D.J.C. 1966. The effects of light and temperature on the growth of cereals. - *Proc. 12th Easter School in Agric. Sci., Univ. Nottingham*, s. 181-198.
- Gardner, W.R. & Hillel, D.I. 1962. The relation of external evaporative conditions to the drying of soils. - *J. Geophys. Res.*, 67, s. 4319-4325.
- Gill, W.R. & Miller, R.D. 1956. A method for study of the influence of mechanical impedance and aeration on the growth of seedling roots. - *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 20, s. 154-157.
- Goss, M.J., Howse, K.R. & Harris, W. 1978. Effects of cultivation on soil water retention and water use by cereals in clay soils. - *J. Soil Sci.*, 29, s. 475-488.



- Greacen, E.L. 1986. Root response to soil mechanical properties. - Manuscript submitted to Aust. J. Soil Res.
- Greacen, E.L., Barley, K.P. & Farrell, D.A. 1969. The mechanics of root growth in soils with particular reference to the implication for root distribution. - Proc. 15th Easter School in Agric. Sci., Univ. Nottingham, s. 256-269.
- Haak, E. 1978. Studier av stråsåds rotutveckling och mineralämnesupptag. A. Stråsåds rot-system. En litteraturöversikt. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Inst. för radiobiologi. Rapporter, 43.
- 
- Hadas, A. 1975. Drying of layered soil columns under nonisothermal conditions. - Soil Sci., 119, s. 143-148.
- Hawks, R.J. & Woodruff, N.P. 1958. Influence of wind on water vapor transfer through soil gravel, and straw mulches. - Soil Sci., 86, s. 160-164.
- Heinonen, R. 1985. Soil Management and Crop Water Supply, 4th edition. - Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Hide, J.C. 1954. Observations on factors influencing the evaporation of soil moisture. - Soil Sci. Soc. Am. Proc., 20, s. 120-125.
- Hillel, D. 1980. Applications of soil Physics. Academic Press, New York.
- Hillel, D. & Hadas, A. 1972. Isothermal drying of structured layered soil columns. - Soil Sci., 113, s. 30-35.
- Holmes, J.W., Greacen, E.L. & Gurr, C.G. 1960. The evaporation of water from bare soil with different tilths. - Trans. 7th Int. Cong. Soil Sci., 1, s. 188-194.
- Huhtapalo, Å. 1985. Sådd och såsteknik-såmetoder. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Konsulentavdelningens rapporter, Allmänt 63, s. 21:1-6.
- Håkansson, I. 1966. Försök med olika packningsgrader i matjorden och alvens översta del. - Grundförbättring, 19, s. 281-332.
- Håkansson, I. & von Polgár, J. 1976. Modellförsök med såbäddens funktion. I: Såbädden som skydd mot avdunstning. - Lantbrukshögskolan, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Rapporter, 46.
- Håkansson, I. & von Polgár, J. 1977. Modellförsök med såbäddens funktion. II: Försök med skiktade och oskiktade såbäddar. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Rapporter, 53.
- Idso, S.B., Reginato, R.J., Jackson, R.D., Kimball, B.A. & Nakayama, F.S. 1974. The three stages of drying of a field soil. - Soil Sci. Soc. Am. Proc., 38, s. 831-837.
- Ioffe, A.F. & Revut, J.B. (eds.) 1966. Fundamentals of Agrophysics. Jerusalem.
- Johansson, W. 1969. Meteorologiska elements inflytande på avdunstningen från Anderssons evaporimeter. - Grundförbättring, 22, s. 82-105.
- Lemon, E.R. 1956. The potentials for decreasing soil moisture evaporation loss. - Soil Sci. Soc. Am. Proc., 20, s. 120-125.

- Linnér, H. 1984. Markfuktighetens inflytande på evaporation, tillväxt, näringsupptagning, avkastning och kvalitet hos potatis  
- Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för lantbrukets hydroteknik. Rapporter, 142.
- McClintic, D. 1981. Vallodling luckrar jorden! Gräsrötter förhindrar packning och plogsula.  
- Fåran, 39, s. 6.
- Mårtensson, B. 1984. Harvsådd - preliminära försöksresultat 1979-83. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Rapporter, 67.
- 
- Osborne, D.J. 1976. Control of cell shape and cell size by the dual regulation of auxin and ethylen. In N. Sunderland (ed.), Perspectives in Experimental Biology, Vol. 2 Botany, Pergamon, Oxford, s. 89-102.
- Philip, J.R. 1957. Evaporation, and moisture and heat fields in the soil. - J. Meteorol., 14, s. 354-366.
- Phillips, R.E. 1984. Soil moisture. In R.E. Phillips & S.H. Phillips (eds.), No-Tillage Agriculture, s. 66-86.
- Rasmussen, K.J. 1981. Reduceret jordbearbejdning ved monokultur i byg. - Tidsskr. Planteavl, 86, s. 531-541.
- Rasmussen, K.J. & Olsen, C.C. 1983. Jordbearbejdning og efterafgrøde ved bygdyrkning. 1. Vaekstbetingelser, jordfysiske målinger og udbytter ved ensidig byg og saedskiftebyg. - Tidsskr. Planteavl, 87, s. 193-215.
- Richards, L.A., Gardner, W.R. & Ogata, G. 1956. Physical processes determining water loss from soil. - Soil Sci. Soc. Am. Proc., 20, s. 310-314.
- Riley, H., Njøs, A. & Ekeberg, E. 1985. Plogfri jordarbejdning til vårkorn. II. Jordundersøkelse. - Kise, Norge. Forsk. Fors. Landbr., 36, s. 53-59.
- Russel, J.C. 1939. The effect of surface cover on soil moisture losses by evaporation. - Soil Sci. Soc. Am. Proc., 4, s. 65-70.
- Russell, R.S. 1977. Plant Root Systems: Their function and interaction with the soil. - McGraw-Hill Book Co. (UK) Ltd. London.
- Russell, R.S. & Goss, M.J. 1974. Physical aspects of soil fertility. - The response of roots to mechanical impedance. - Neth. J. Agric. Sci., 22, s. 305-318.
- Rydberg, T. 1980. När kan plöjningsfri odling tillämpas? - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Konsulentavdelningens rapporter, Allmänt 23, s. 6:1-10.
- Rydberg, T. 1986. Markfysikaliska och markkemiska effekter av plöjningsfri odling. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Rapporter, 70.
- SMHI:s månadstidskrift för år 1985. "Väder och Vatten".
- Thunholm, B. 1985. Skörderesternas betydelse för marktemperaturen. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd. för jordbearbetning. Stencil.
- Unger, P.W. & McCalla, T.M. 1980. Conservation tillage systems. - Adv. Agron., 33, s. 1-58.

- van Doren, D.M., Jr. 1967. Changes in seed environment due to tillage. - ASAE Publication Proc., 168, s. 5-9.
- Wiersum, L.K. 1957. The relationship of the size and structural rigidity of pores to their penetration by roots. - Plant and Soil, 9, s. 75-85.
- Wiklert, P. 1960. Studier av rotutveckling hos några nyttoväxter med särskild hänsyn till markstrukturen. - Grundförbättring, 13, s. 113-148.
- Personligt meddelande från agr. E-L Gustavsson. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.  
Avd. för lantbrukets hydroteknik.
-



RAPPORTER FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

- | NR | ÅR   |  |
|----|------|--|
| 52 | 1977 | Arne Ljungars: Olika faktorers betydelse för traktorernas jordpackningsverkan. Mätningar 1974-1976. 43 s.<br><i>Importance of different factors on soil compaction by tractors. Measurements in 1974-1976. 43 p.</i>   |
| 53 | 1977 | Inge Håkansson & József von Polgár: Modellförsök med såbäddens funktion. II. Försök med skiktade och oskiktade såbäddar. 22 s.<br><i>Model experiments into the function of the seedbed. II. Experiments with stratified and unstratified seedbeds. 22p.</i>     |
| 54 | 1978 | Ulf Olsson: Harvens konstruktion och harvningens utförande - inverkan på bearbetningsresultatet. 28 s.<br><i>Influence of harrow construction and harrowing on the tillage result. 28 p.</i>   |
| 55 | 1978 | Olle Wallbom & Kjell Wretler: Förekomsten av några viktiga växtskadegörare vid plöjningsfri odling. 29 s.<br><i>Occurrence of some important plant diseases on ploughless cereal cropping. 29 p.</i>   |
| 56 | 1978 | Åke Huhtapalo: Kombisådd av kväve och fosfor till vårsäd. 27 s.<br><i>Combi-drilling of nitrogen and phosphorus with spring cereals. 27 p.</i>   |
| 57 | 1979 | Inge Håkansson: Försök med jordpackning vid hög axelbelastning. Markundersökningar 1-2 år efter försökens anläggande. 15 s.<br><i>Experiments with soil compaction at high axle load. Soil investigations 1-2 years after the experimental compaction. 15 p.</i> |
| 58 | 1979 | Inge Håkansson & József von Polgár: Modellförsök med såbäddens funktion. III. Försök med syrebrist i såbädden. 17 s.<br><i>Model experiments into the function of the seedbed. III. Experiments with oxygen deficiency in the seedbed. 17 p.</i>                 |
| 59 | 1980 | Tomas Rydberg: Storparcellförsök med plöjningsfri odling, 1976-78. 21 s.<br><i>Big-plot experiments with ploughless farming, 1976-78. 21 p</i>   |
| 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.<br><i>Ploughing depths and widths of furrow slice in autumns ploughing. 30 p.</i>   |

- 64 1982 Jan Cederlund: Kombinerad bearbetning och sådd (harvsådd). Examensarbete. 54 s.
- 65 1983 Göran Kritz: Såbäddar för vårstråsäd. 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 sugar beets. 31 p.*
- 76 1987 Tomas Rydberg: Studier i plöjningsfri odling i Sverige 1975-1986. 35 s.  
*Studies in ploughless tillage in Sweden 1975-1986. 35 p.*









Denna serie av stencilerade rapporter utges från Sveriges Lantbruksuniversitets institution för markvetenskap, avdelningen för jordbearbetning. Serien utkommer i fri följd och innehåller material, som inte alls eller först i ett senare sammanhang ges ut i tryck. Som exempel kan nämnas preliminära undersökningsresultat och försökssammansättningar, primärmaterial och tabellbilagor till tryckta publikationer samt rapporter, meddelanden o. d., som av olika skäl vänder sig endast till en begränsad grupp av läsare. Serien finns tillgänglig vid avdelningen och kan i mån av tillgång erhållas därifrån.

Adress: Avdelningen för jordbearbetning, Sveriges Lantbruksuniversitet, 750 07 UPPSALA.

Vinjetten på första omslagssidan återger den s. k. Ultunaplogen, tillverkad på Ultuna slöjdverkstad omkring år 1850.