



SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET
UPPSALA

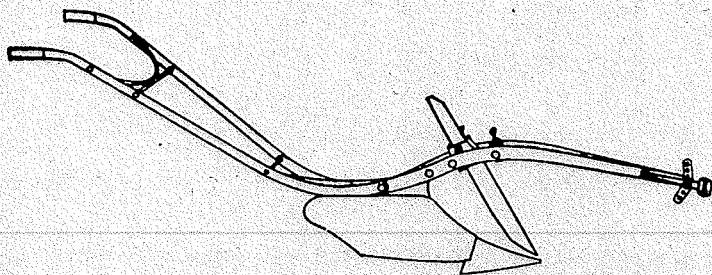
INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

RAPPORTER FRÅN _____ JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala

Department of Soil Sciences

Reports from the Division of Soil Management



Nr 70

1986

Tomas Rydberg

MARKFYSIKALISKA OCH MARKKEMISKA EFFEKTER
AV PLÖJNINGSFRI ODLING I SVERIGE.

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

ISBN 91-576-2782-7

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

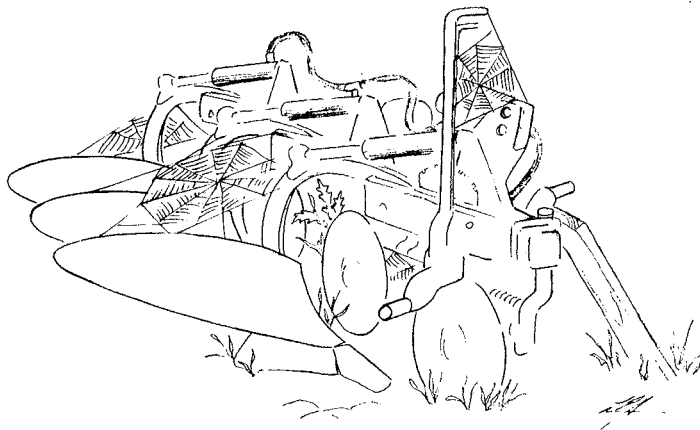
Rapporter från jordbearbetningsavdelningen
Nr. 70, 1986.

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

Tomas Rydberg

MARKFYSIKALISKA OCH MARKKEMISKA EFFEKTER AV PLÖJNINGSGRI 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 ²⁾	Texturanalys ³⁾		Jordart
				Particle size distribution ³⁾		
Site	County	Exp. No.	Locality ²⁾	Matjord Topsoil	Alv Subsoil, the upper part	Soil Type
Ultuna	C	141/74 ¹⁾	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 ⁴⁾ -2	25-20-53 ⁴⁾ -2	Moig mjällig lättlera Silt 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 m². 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 m². 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 m². 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 kalkkammonsalpeter 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 fullgödselmedlet 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. försökled 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 (γ_{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 stålcylindrar. 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 till ett 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 m² 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 väges.

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.

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. Regnsimulatoren 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 lättlöslig 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 $\text{pH} < 7.0$ och utifrån mängden organiskt kol, då $\text{pH} > 7.0$. 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 försämma 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 volymsmätningarna, främst då ifrån såbädden, kan således variera från år till år. Detsamma gäller resultaten från undersökningarna av aggregatstorleksfördelningen. Vid uttagningen av jord för framsällning av aggregatfraktionerna bestämdes som tidigare nämnts öven vattenhalterna, för att kunna beräkna torra volymvikten i såbädden. På Ultuna, Lanna och Lönnstorp mättes volymvikten i såbädden dels 1980 vid volymsmätningarna 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 sockerbeter 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).

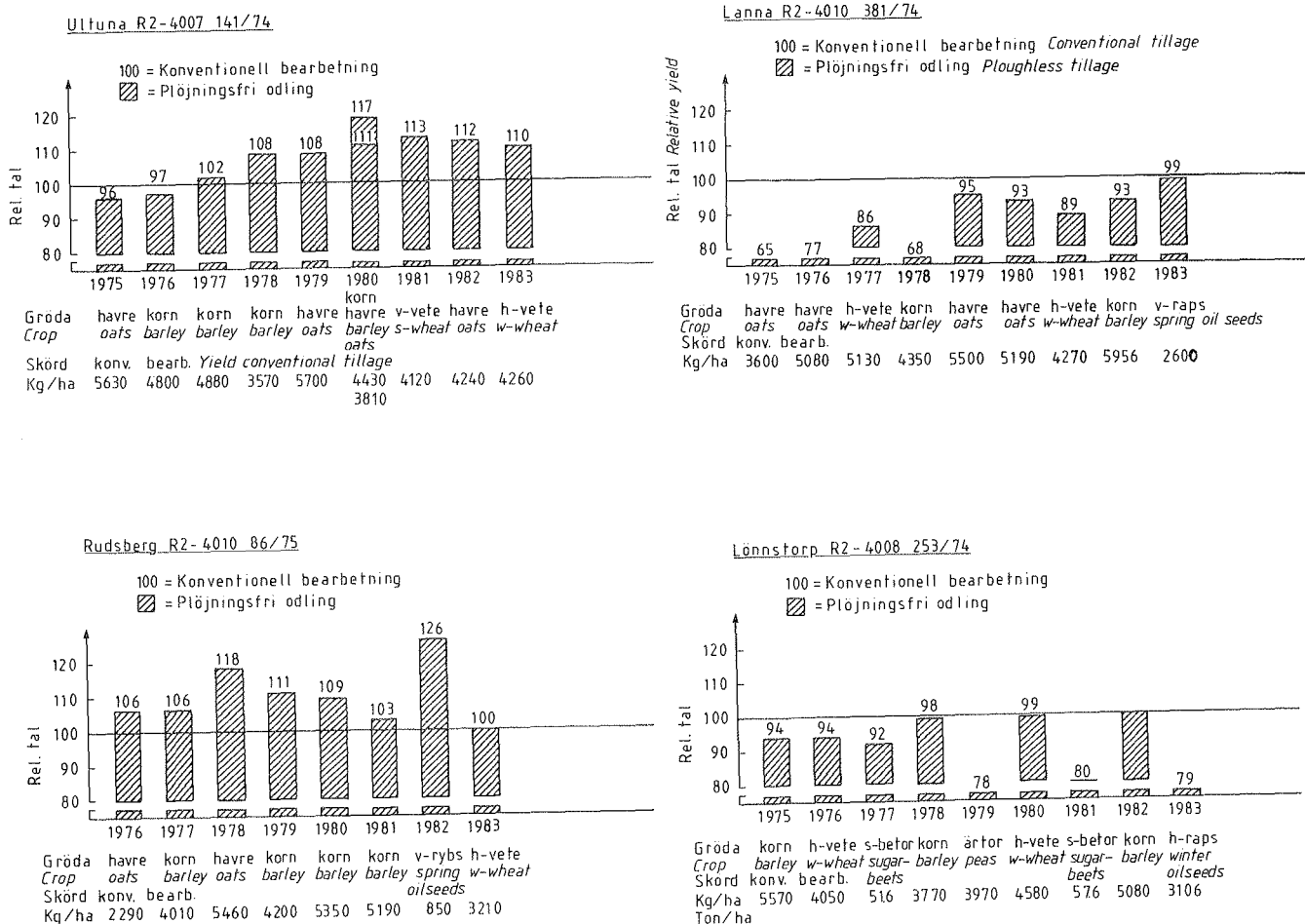


Fig. 1. Skörderesultat från försöken på Ultuna, Lanna, Rudsberg och Lönnstorp.

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.

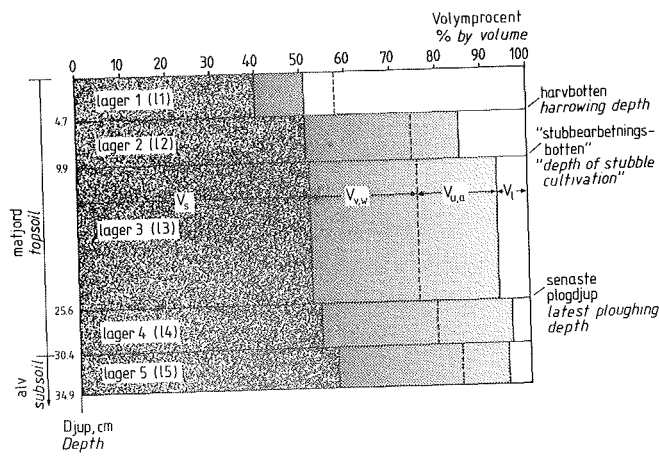
Tabell 2. Volymvikter och packningsgrader för profilerna i fig. 2-3. γ_t =torr volymvikt, γ_{tp} =torr volymvikt efter standardpackning, $\gamma_t/\gamma_{tp} \times 100$ =packningsgrad, P=plöjt, PF=plöjningsfri odling.

Table 2. Bulk densities and degree of compactness in the profiles in Figs. 2-3. γ_t =dry bulk density, γ_{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	γ_t		γ_{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				
	3	1.37	1.44*				
	4	1.44	1.46				
	5	1.56	1.49				
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				
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				
Lönnstorp, 1980 ¹⁾	1+2	1.20	1.29	1.69	1.70	71.0	75.7
	3	1.44	1.67***				
	4	1.46	1.72***				
	5	1.67	1.75*				

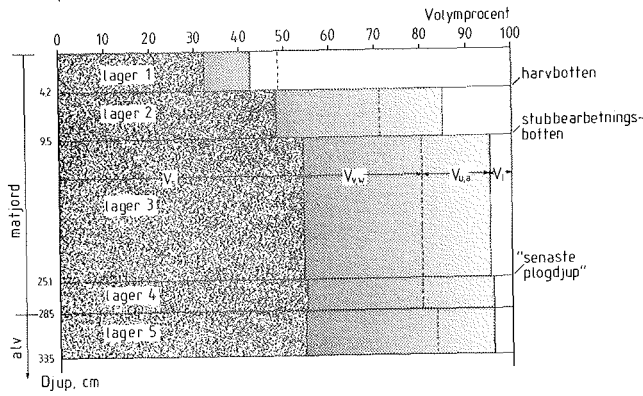
1) Försöket var höstsått, fältmätningar utfördes under april 1980.

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

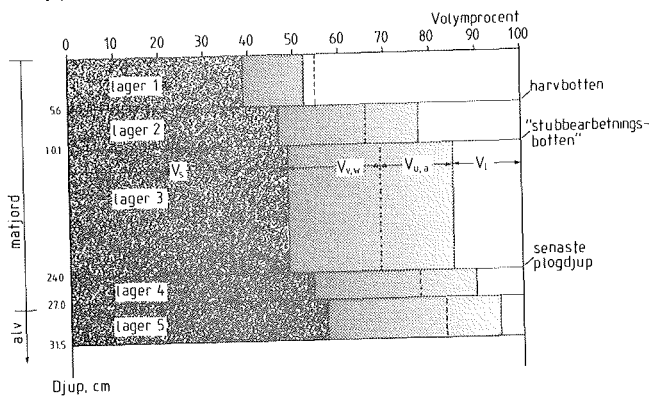


Ultuna (1980)

P

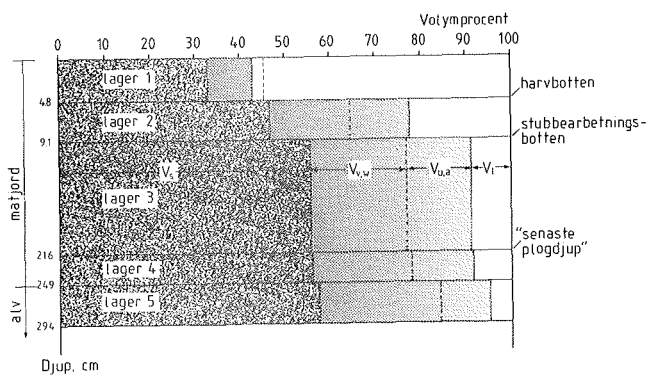


PF



Lanna (1980)

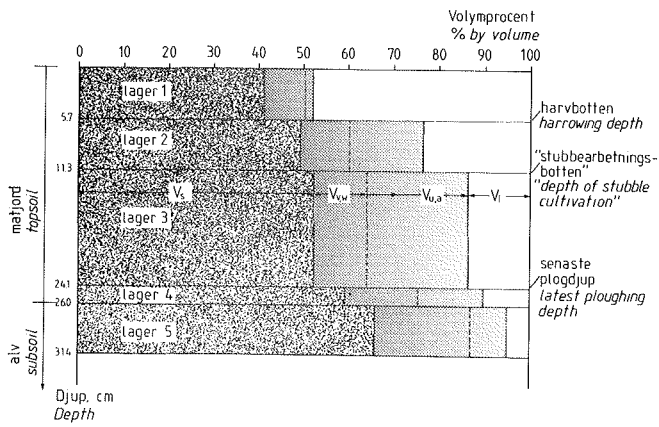
P



PF

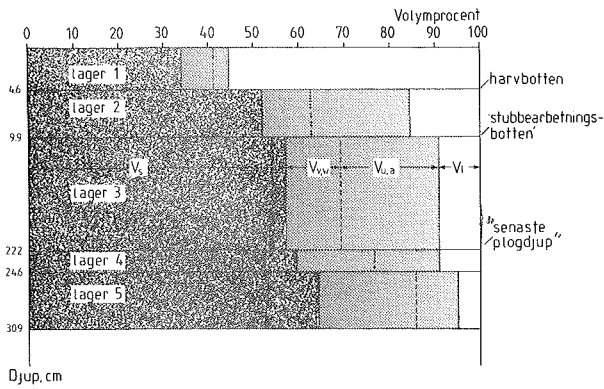
Fig. 2. Diagram över volymförhållanden på Ultuna och Lanna några dagar efter vårsådd. V_s =volymen fast material, $V_{v,w}$ =volymen icke växttillgängligt vatten, $V_{u,a}$ =volymen av den vid provtagningsstillfallet upptagbara mängden vatten och V_l =volymen luft.

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. l1-l5=layer 1-5.

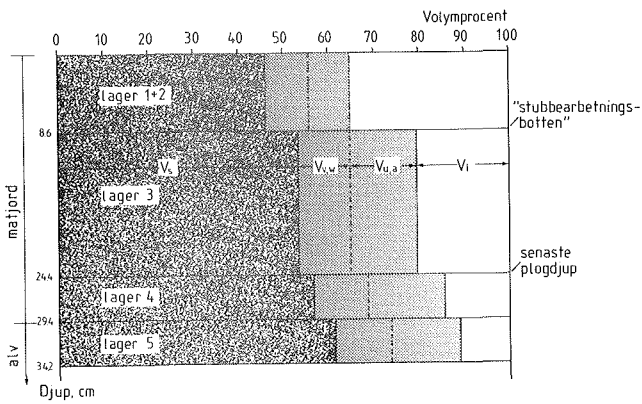


Rudenberg (1981)

P

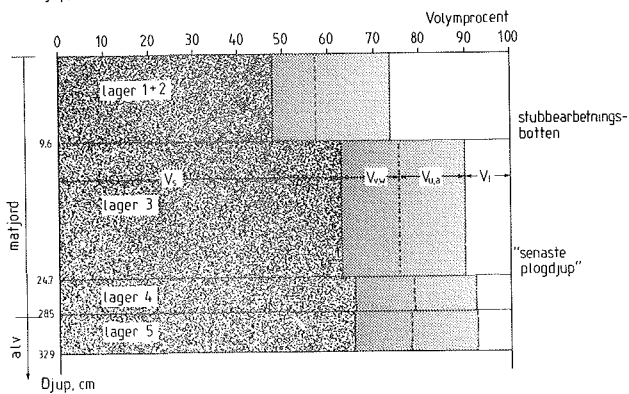


PF



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 Layer	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 ¹⁾
0-30 cm	106	108	93	93	79	88	73	80 ¹⁾

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 vattenhalterna vid provtagningstillfället. Värt att notera är främst de lägre vattenhalterna 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		Lönnstorp 1980	
	P	PF	P	PF	P	PF	P	PF
1	10.4	11.8	13.3	11.4	10.3	12.0	15.8*	20.9*
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	16.3	17.8	16.7	15.6

* 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 μm . Orsaken är troligtvis 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 μm större i PF än i P. I alven var också mängden porer i intervallet 0.2-5 μm större i PF. En ökning av mängden porer >30 μm 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 μm 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 μm av yttre influenser. Detta innebär att som diagrammet är konstruerat kan vid lika jordartsförhållanden andelen porer <2 μm inte minska samtidigt som porositeten reduceras.

På Rudsberg (fig. 4) har en kraftig reduktion av mängden porer >5 μm ägt rum i samtliga nivåer. Att mängden grova porer, >600 μm , 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 Lönnstorp (fig. 4) kan en ökning av mängden porer >600 μm 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 μm minskat avsevärt. I alven har det liksom på Lanna skett en reduktion av mängden porer i intervallet 0.2-5 μm . På Ultuna och Rudsberg var förhållandet det omvända.

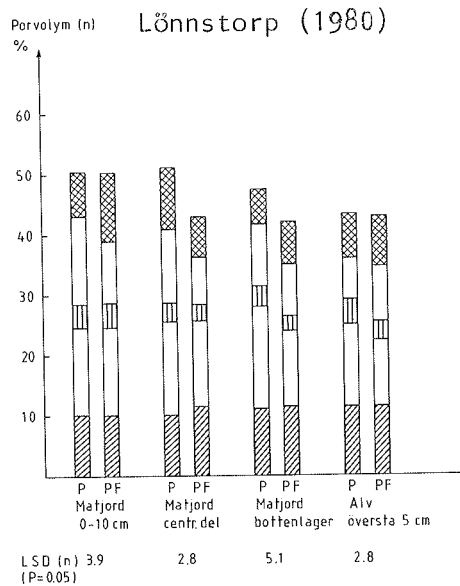
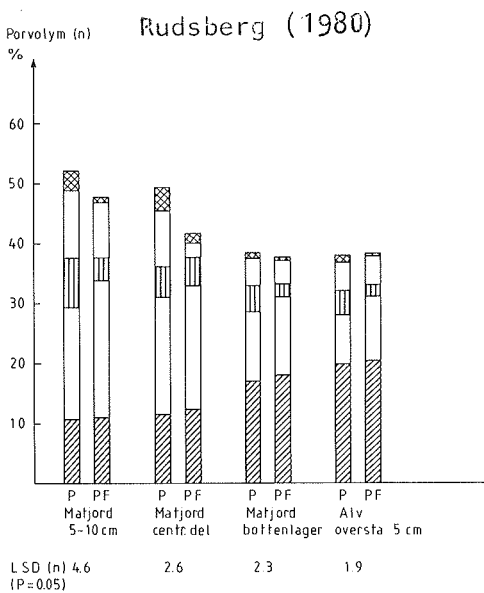
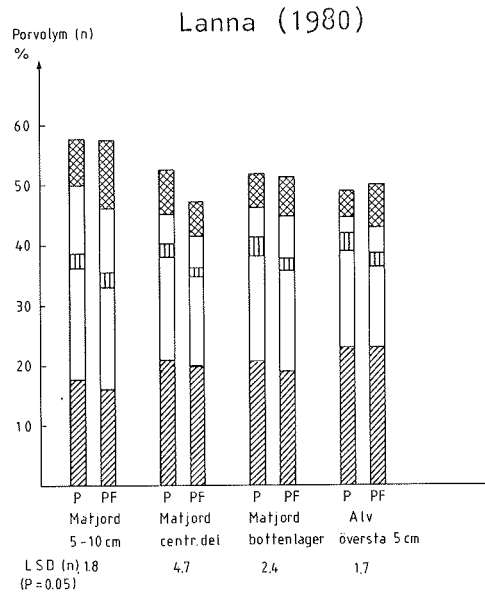
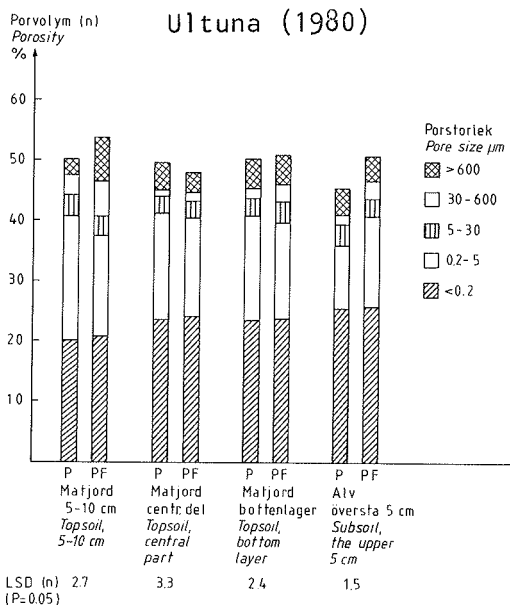


Fig. 4. Porstorleksfördelning i matjorden och i alvens översta del. Provtagning utförd några dagar efter vårsådd på Ultuna, Lanna och Rudsberg och vid tiden för vårsådd på Lönnstorp.

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 porositetens värden 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 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 värdeåtgångare på kontinuitet. I många fall så medför dock höjd volymvikt försämrad mättad genomsläpplighet (Klute, 1982). Rasmussen (1983) fann en tendens till större mättad genomsläpplighet vid större andel grova ($>30 \mu\text{m}$) porer.

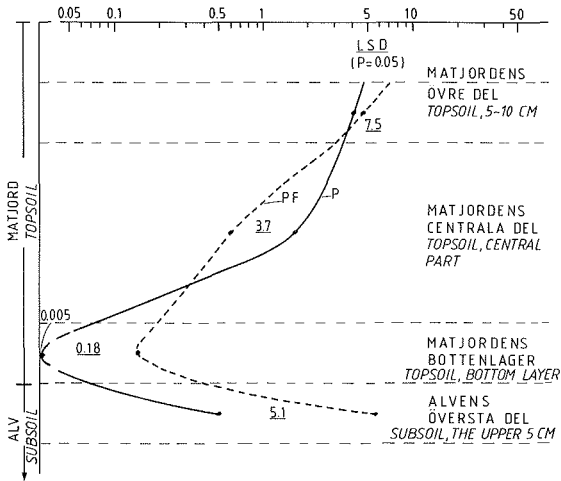
På den struktursvaga jorden på Rudsberg är det helt klart att den uteblivna luckringen drastiskt försämrat genomsläppligheten i centrala matjorden. Även på Lönnstorp har porositetsminskningen i centrala matjorden medfört försämrad genomsläpplighet. Däremot har troligtvis effekterna av den ostörda lagringen 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.

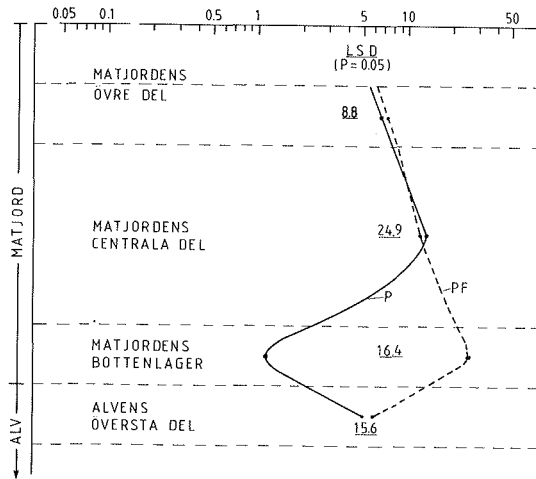
Uttuna (1980)

Genomsläpplighet för vatten, k_v , cm/tim



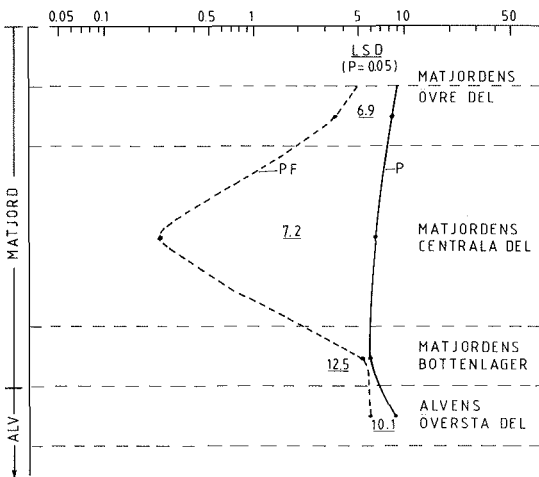
Lanna (1980)

Genomsläpplighet för vatten, k_v , cm/tim



Rudsberg (1980)

Genomsläpplighet för vatten, k_v , cm/tim



Lönnstorp (1980)

Genomsläpplighet för vatten, k_v , cm/tim

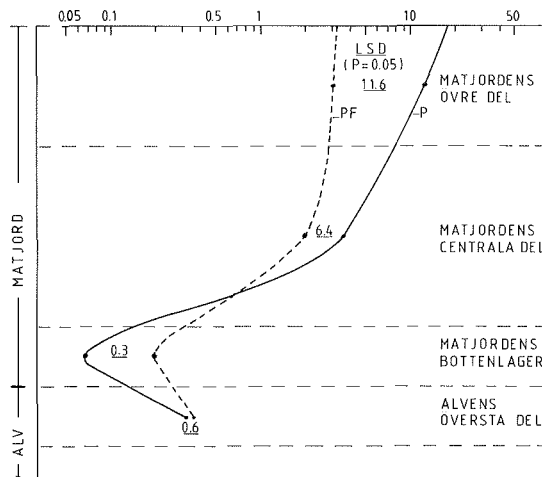


Fig. 5. Mättad vertikal vattengenomsläpplighet. I fig. 4 redovisas motsvarande porositetvärden och porstorleksfördelningar.

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.

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

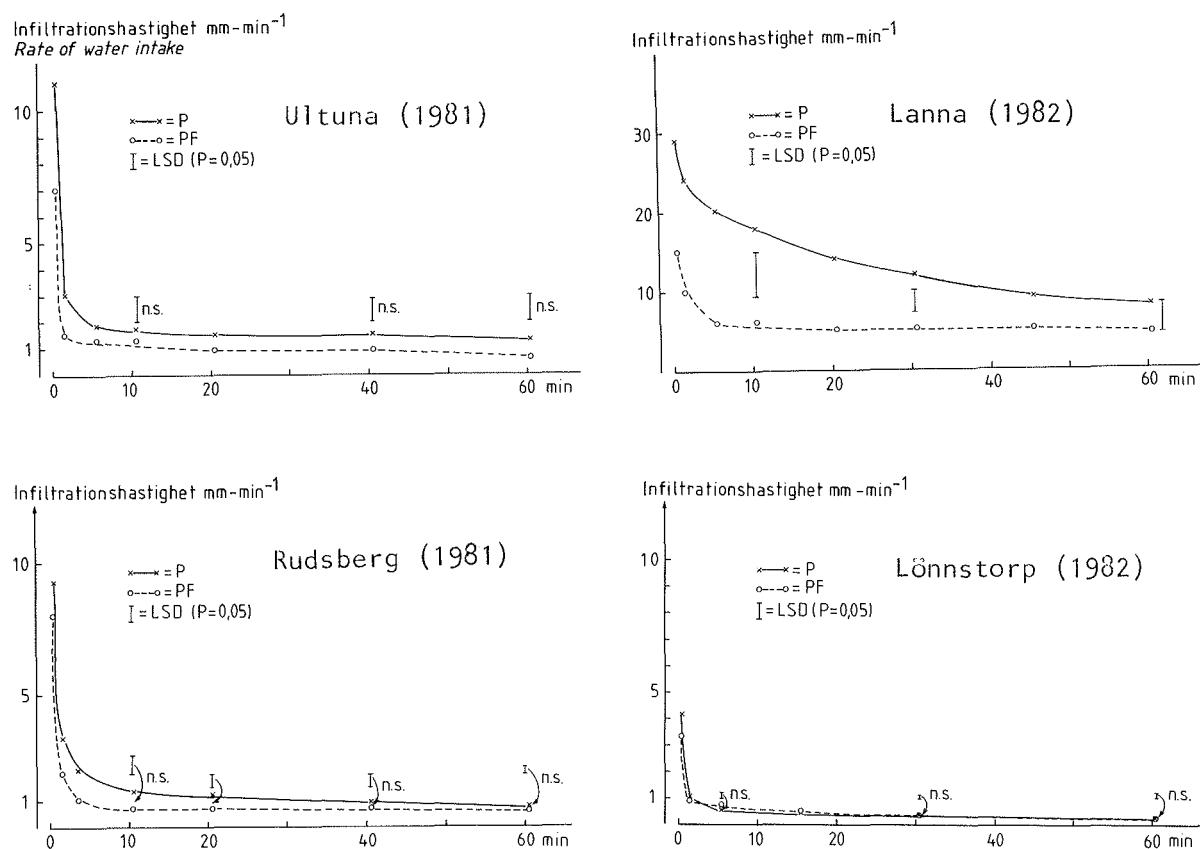


Fig. 6. Infiltrationshastighet några dagar efter vårsådd.

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 porkontinuitet. 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 av en högre vattenhalt i ytskiktet och/eller av en jämnare och hårdare yta i det plöjningsfria ledet vid tiden för vårbrukets start.

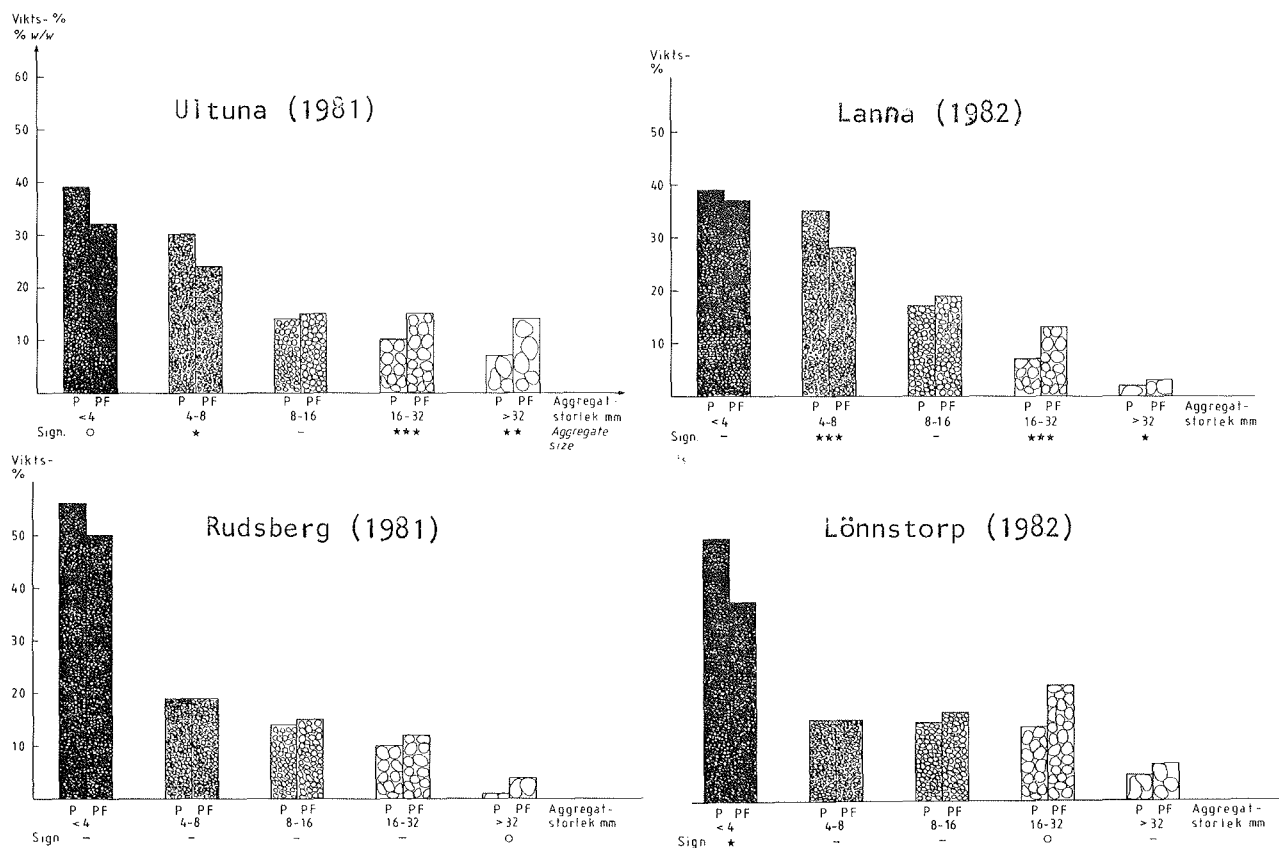


Fig. 7. Aggregatstorleksfördelning i såbädden efter vårsådd.

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.

Stabilitetsindex.
Stability index

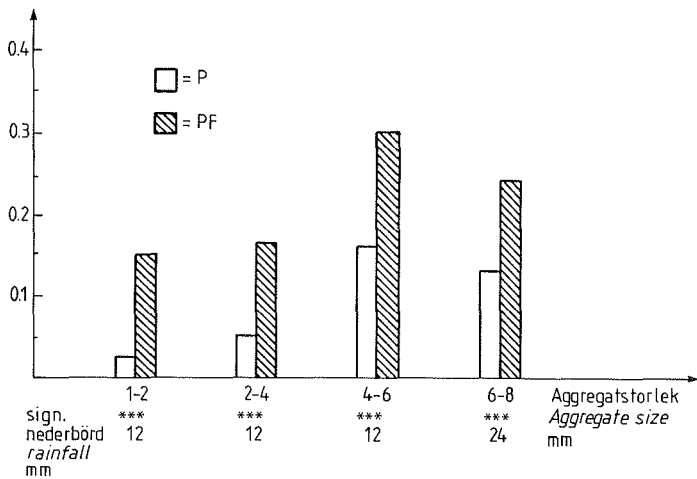


Fig. 8. Skillnad i aggregatstabilitet i såbädden efter 10 år med plöjningsfri odling på Ultuna.

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

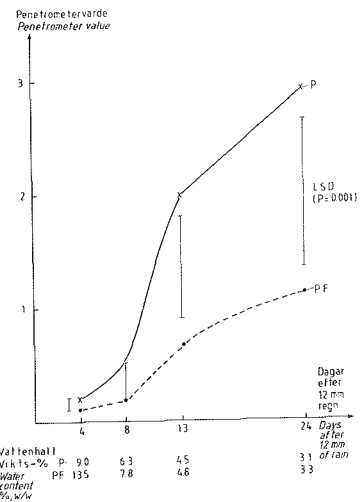


Fig. 9. Skillnad i ytskorpanns hårdhet vid olika vattenhalt efter 10 år med plöjningsfri odling på Ultuna.

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 m². 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.

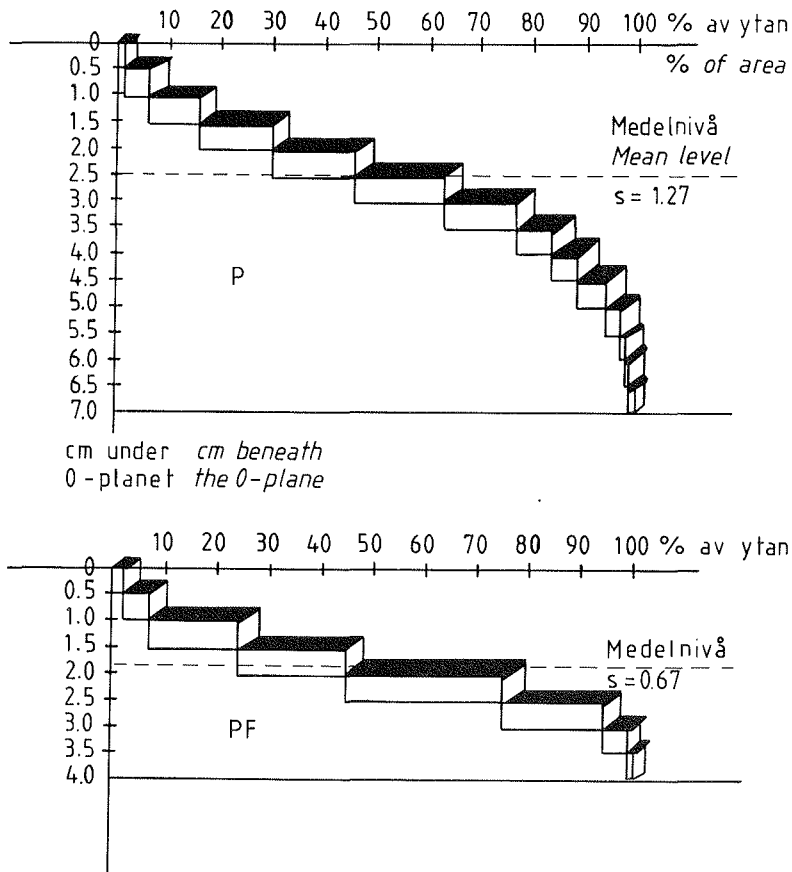


Fig. 10. Skillnad i harvbottens jämnhet på Ultuna efter vårsådd 1980. 0-nivån 22 mm under den genomsnittliga markytan, i både P och PF.

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. 100 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 ¹⁾		K-AL ¹⁾		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 lokalbundna 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 μm (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 kompakthet 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. Överskrides denna gräns så inträffar en drastisk skördereduktion.

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.

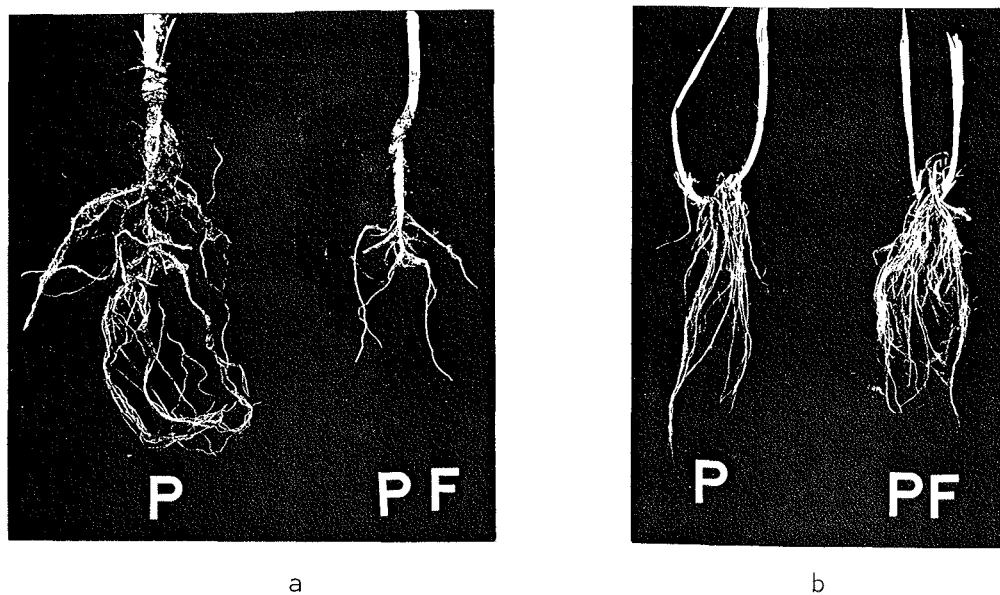


Bild 1. Rotutveckling i matjorden. a) Höstraps på Lönnstorp den 14/6 1983
b) H-vete på Rudsberg den 26/7 1983.

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.

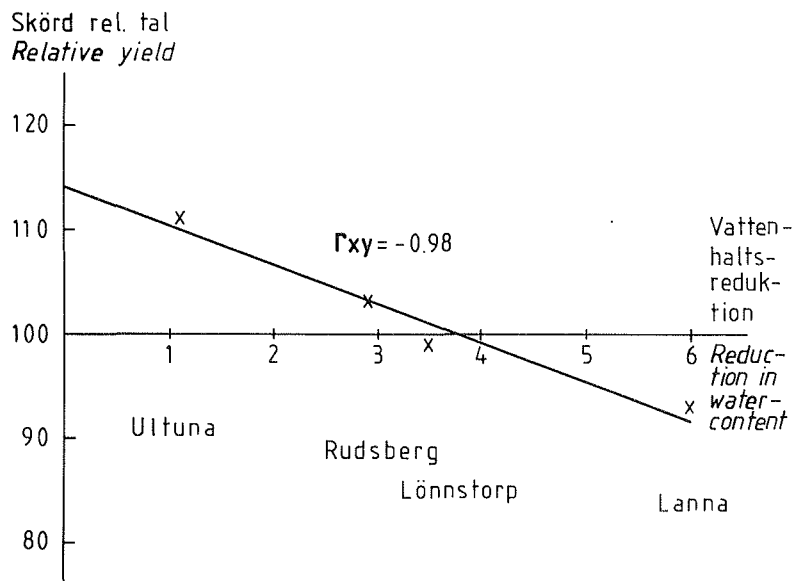


Fig. 11. Korrelationen mellan skörd (rel. tal) och vattenhaltsreduktionen (vikts-%) vid 1 m.v.p. vid plöjningsfri odling.

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 daggmaskar. 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 sockerbetor, 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 miljövard, en fördubbling av antalet daggmaskar (även viktsmässigt), *Lumbricum 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 daggmaskar. 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, en mjukare ytskorpa och en jämnare bearbetningsbotten, var för sig och/eller tillsammans, med säkerhet varit bidragande orsaker till att mindre uppkomstproblem noterats i samband med riklig nederbörd omedelbart efter sådd. I ett pilotprojekt under sommaren 1984 konstaterades att den plöjningsfria odlingen reducerar avdunstningen avsevärt efter nederbörd, troligtvis genom i första hand en "mulching-effekt" av skörderesterna i yt-skiktet. Det förbättrade avdunstningsskyddet är sannolikt en av de mest positiva effekterna av plöjningsfri odling.

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 ytlig 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 Ekeberg 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 lösligt P och K på respektive försöksplats. Dessutom måste nog de erhållna förändringarna i matjorden betraktas som relativt små.

Då förhållandet mellan bearbetningsdjup, klimat och N-gödsling å ena sidan och matjordens innehåll av kalcium å den andra ej är klarlagt (Blevins et al., 1984) har Ca-AL mängden ej bestämts. Inte heller har några Mg-AL analyser utförts p.g.a. att inga referenser påträffats som påvisat att innehållet på något sätt skulle 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, för att kompensera en minskad mineralisering i matjorden, så är det främst aktuellt de 3-4 första åren. Därefter tycks kvävemineraliseringen vara jämförbar med den i konventionella led.

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 genomsläpligheten innebär förvisso en förbättring, men av mindre dignitet än på Ultuna. De negativa effekterna av den ökade kompaktheten är med största sannolikhet av allvarligare art än på Ultuna med tanke på att porositetssminskningen 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 genomsläpligheten 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), Rudsberg (mo-mj LL) och Lönnstorp (ΔLL). Försöken på Ultuna, Lanna och Lönnstorp anlades hösten 1973 och försöket på Rudsberg 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 (silt 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}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.
- Ekeberg, E., Riley, H. & Njøs, A. 1985. Plogfri jordarbeiding til vårkorn. II. Jordundersøkelse - Kise, Norge. *Forsk. Fors. Landbr.*, 36, s. 53-59.
- 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 laboriemetodik 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.
- 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. - 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.

RAPPORTER FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

- | NR | ÅR | |
|----|------|--|
| 52 | 1977 | Arne Ljungars: Olika faktorerers betydelse för traktorernas jordpackningsverkan. Mätningar 1974-1976. 43 s.
<i>Importance of different factors on soil compaction by tractors. Measurements in 1974-1976. 43 p.</i> |
| 53 | 1977 | Inge Håkansson & József von Polgár: Modellförsök med såbäd-
dens funktion. II. Försök med skiktade och oskiktade såbäd-
dar. 22 s.
<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.
<i>Influence of harrow construction and harrowing on the till-
age result. 28 p.</i> |
| 55 | 1978 | Olle Wallbom & Kjell Wretler: Förekomsten av några viktiga
växtskadegörare vid plöjningsfri odling. 29 s.
<i>Occurrence of some important plant diseases on ploughless
cereal cropping. 29 p.</i> |
| 56 | 1978 | Åke Huhtapalo: Kombisådd av kväve och fosfor till vårsådd.
27 s.
<i>Combi-drilling of nitrogen and phosphorus with spring cere-
als. 27 p.</i> |
| 57 | 1979 | Inge Håkansson: Försök med jordpackning vid hög axelbelast-
ning. Markundersökningar 1-2 år efter försökens anläggande.
15 s.
<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 såbäd-
dens funktion. III. Försök med syrebrist i såbädden. 17 s.
<i>Model experiments into the function of the seedbed. III.
Experiments with oxygen deficiency in the seedbed. 17 p.</i> |
| 59 | 1980 | Tomas Rydberg: Störparcellförsök med plöjningsfri odling,
1976-78. 21 s.
<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 fakul-
tet. 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 höstplöj-
ning. 30 s.
<i>Ploughing depths and widths of furrow slice in autumn
ploughing. 30 p.</i> |
| 64 | 1982 | Jan Cederlund: Kombinerad bearbetning och sådd (harvsådd).
Examensarbete. 54 s. |
| 65 | 1983 | Göran Kritz: Såbäddar för vårstråsådd. En stickprovsundersök-
ning. 187 s.
<i>Physical conditions in cereal seedbeds. A sampling investi-
gation in Swedish spring-sown fields. 187 p.</i> |
| 66 | 1983 | N.M. Nilsson: Höst- eller vårplöjning till vårsådd på kapil-
lära jordar. Resultat från 12 fältförsök åren 1971-75. 57 s.
<i>Autumn- or spring ploughing before spring sowing on capil-
lary soils. Results from 12 field trials during 1971-1975.
57 p.</i> |
| 67 | 1984 | Berth Mårtensson: Harvsådd - Preliminära försöksresultat
1979-83. 20 s.
<i>Once-over sowing - Preliminary results of trials 1979-1983.
20 p.</i> |
| 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.
<i>Rolling after spring sowing. 16 p.</i> |
| 70 | 1986 | Tomas Rydberg: Markfysikaliska och markkemiska effekter av
plöjningsfri odling i Sverige. 35 s.
<i>Effects of ploughless tillage on soil physical and soil che-
mical properties in Sweden. 35 p.</i> |