

On-landplöjning på lerjord – kan vi förbättra markstrukturen?

Maria Stenberg^{1,2}, Mats Söderström² och Ingemar Gruvaeus³

¹ Hushållningssällskapet Skaraborg, Skara

² SLU, Institutionen för mark och miljö, Skara

³ Lantmännen SW Seed, Bjertorp, Kvänum

Bakgrund

Plöjning är den jordbearbetningsmetod för luckring av matjorden som huvudsakligen används på de flesta jordtyper i Sverige. Plöjningsfri odling tillämpas framgångsrikt på främst lerjordar men en del jordar kräver årlig luckring till plöjningsdjup av matjorden. Det gäller de lätta jordarna och lättlerorna men också jordar där man av olika anledningar behöver återställa tillräcklig porvolym i marken efter säsongens olika körningar, behöver plöja för att bekämpa rotagräs eller har rikligt med växtrester som annars kan ge problem i efterföljande grödor. Ett argument för plöjningsfri odling är att undvika skapandet av en plogsula och åstadkomma en stabilare struktur över zonen mellan matjord och alv (Rydberg, 1986). De sprickbildningar och rotkanaler som bildas under växtsäsongen skulle då bibehållas i högre grad. Kan vi med on-landplöjning uppnå en av fördelarna med plöjningsfri odling samtidigt som vi undviker några av de största nackdelarna, som förtätad undre del av matjorden samt en ökad risk för högt smittotryck från växtrester i växtföljden i spannmålsdominerade växtföljder? En god växtföljd kan även minska smittotryck men ju längre norrut vi kommer i Götaland och Svealand minskar möjligheterna med en varierad växtföljd.

Traditionell plöjning med vändskiveplog sker med trafik i fåran av traktorns ena sidas hjul. Detta ger en så kallad plogsula. Jordlagret alldeles nedanför den luckrade matjorden blir tillpackat av traktorhjul. Sker plöjningen under fuktiga eller blöta förhållanden uppstår dessutom ofta slirning då jorden ältas och markstrukturen förstörs ytterligare. En plogsula ger ett hinder för grödornas rotutveckling vilket gör att en grödas viktiga tidiga rotutbredning speciellt hindras och försämrar vattengenomsläppligheten i markprofilen vilket ger sämre dränering och infiltrationskapacitet. Vatten kan till och med bli stående ovanpå plogsulan. Matjorden håller då en hög vattenhalt under en längre eller kortare tid. Förutom försämrad upptorkning vilket kan ge försenad sådd kan detta orsaka kostsamma förluster av kväve genom gasemissioner från denitrifikation i marken (Ruser et al., 2006). Dessutom påverkas gasutbytet i markprofilen vilket kan ge försämrad syrestatus och påverka gröda och mineralisering i marken. Återkommande vattenmättnad i matjorden kan ge sämre struktur genom att marken oftare bearbetats vid höga vattenhalter vilket ger större risk för negativa effekter på markstrukturen. En sämre struktur i matjorden kan ge sämre infiltrationskapacitet. Mätning av infiltrationen genom skiktet motsvarande plogsulan ger skillnad i egenskaper för vattentransport genom markprofilen och vi kan mäta om negativa effekter av en tidigare plogsula har minskat i de ytor som nu on-landplöjs.

Vändskiveplogen är fortfarande den förhärskande tekniken men en ständig utveckling sker av både plogkroppar och annan teknik för att underlätta plöjning. Under senare år har den så kallade on-landplogen utvecklats. Vid denna plöjning sker traktorns hjultrafik på markytan och man undviker körning på övre alven och den svårläkta markstrukturskada som då uppstår (Keller et al., 2002; Munkholm et al., 2005b).

Effekter av försämrad och dålig markstruktur är en viktig fråga som också ofta är föremål för diskussion – hur skall man undvika och åtgärda. Inom forskningen har negativa effekter av dålig markstruktur på gröda och produktionsekonomi slagits fast, likaså effekter av olika jordbearbetningssystem (se t.ex. Rydberg, 1986; Comia et al., 1994; Håkansson et al., 1998; Berglund et al., 2002; Munkholm et al., 2005a). I praktiken ser man effekter av undermålig markstruktur genom dålig etablering och utveckling av grödor, lågt utnyttjande av tillfört kväve och långsam upptorkning. I områden med lerjordar och större nederbördsmängder diskuterar man också troliga betydande förluster av kväve genom denitrifikation beroende av kombinationen plogsula, lerjord och nederbörd. Det kväve som förloras kan både vara det som tillförts till en gröda, vid sådd eller i en växande gröda, eller det som tillgängliggjorts genom mineralisering av markens organiska material.

Tekniken med on-landplöjning sprids dock långsamt bland lantbrukarna beroende av liten erfarenhet av användningen på våra jordar. En nackdel med on-landplöjning är att det är svårare att styra, med körning i fåran är det lätt att se till att marken blir genomplöjd och inga mistor och gömmor uppstår. Med den snabba teknikutvecklingen inom tekniken för guidningssystem och autopiloter kommer detta att kunna underlättas till rimliga kostnader (Lundström et al., 2001; Pedersen et al., 2004).

Behovet av kunskap om effekter av on-landplöjning i praktiken hos lantbrukare och rådgivare föranledde Försök i Väst (FiV) att 2003 lägga ut två fältförsök med on-landplöjning för att göra det möjligt att utvärdera tekniken praktisk men också mäta effekter på marken av den efter några års tillämpning. Här vill vi efter fyra års on-landplöjning studera effekter på gröda och markstruktur. Resultaten av utvärderingen av försöken tillför ny kunskap om on-landplöjning viktig för lantbrukare men kommer också att vara ett material som kan användas som underlag i rådgivning och för diskussion om markstruktur och dess betydelse för alla intresserade.

Kunskap och erfarenhet av on-landplöjning på svenska lerjordar under klimatförhållanden med större nederbördsmängder har efterfrågats bland lantbrukare och rådgivare. Önskemål finns om att hitta jordbearbetningssystem som ger goda förutsättningar för grödorna och minskar tillfällena med ogynnsamma betingelser beroende av vattenmättade jordar. On-landplöjning kan vara en väl lämpad metod på jordar där plöjning oftast är det lämpligaste alternativet för jordbearbetning. Målet med projektet var att utvärdera effekter på grödor och mark av on-landplöjning för att möta denna efterfrågan på kunskap.

Hypoteser

Följande hypoteser testades genom att kvantifiera effekter av konventionell plöjning och on-landplöjning på lerjord:

1. On-landplöjning har efter tre år ökat vattengenomsläpplighet och infiltrationskapacitet i markprofilen.
2. Negativa effekter av plogsulan efter konventionell plöjning har efter tre år mätbart förbättrats.
3. Upptorkning på våren sker snabbare från mark som plöjts on-land jämfört med konventionellt plöjd mark.
4. Avkastningen är högre vid on-landplöjning än vid konventionell plöjning.

Material och metoder

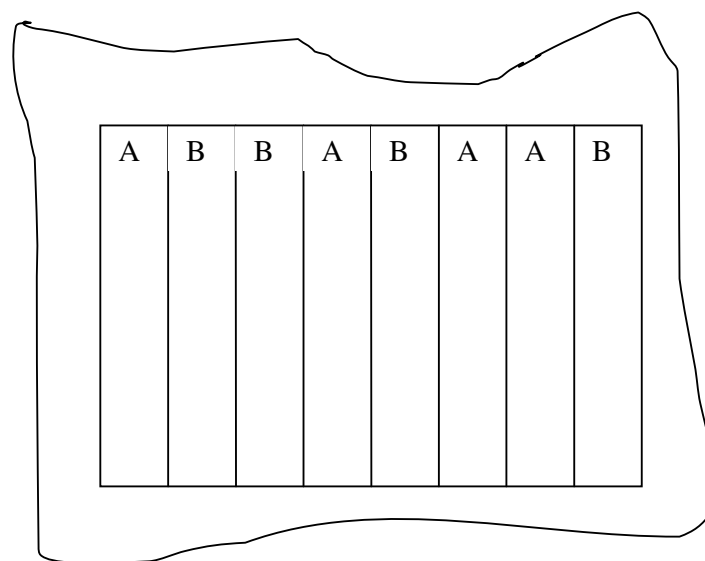
Fältförsök

Projektet genomfördes i en befintlig försöksserie på lerjord. Två försök etablerades 2003 på Lanna försöksstation samt på Bjertorps egendom i Västergötland. Lerjordarna är typiska för området med cirka 32,0 % ler i matjorden i medel i försöket på Bjertorp och 46,5 % ler i medel i försöket på Lanna. Mullhalterna var 2,8 % på Bjertorp och 2,1 % på Lanna. Båda egendomarna plöjs normalt med vändskiveplog till ca. 20-22 cm djup. Dräneringsförhållandena är normala på båda platserna med avseende på hur de fungerar som jordbruksjordar och av erfarenhet från de som brukar jordarna. Grödorna från 2002 till 2007 visas i tabell 1. Projektet genomfördes under 2007.

Mätningarna gjordes i alla sex block på Lanna. På Bjertorp visade det sig att försöket plöjts fel hösten 2006. I två av blocken, block 2 och 4, var dock leden konsekvent genomförda sedan 2003 så dessa togs med i studien. Försöket på Bjertorp slopades sommaren 2008 efter att projektet genomförts. Försöket på Lanna fullföljs även fortsättningsvis inom verksamheten inom Försök i Väst.

Tabell 1. Grödor sedan 2002 i respektive försök

År	Bjertorp	Lanna
2002	Höstvete	Höstvete
2003	Korn	Korn
2004	Ärtor	Havre
2005	Höstvete	Höstvete
2006	Havre	Våraps
2007	Våraps	Höstvete



Figur 1. Principskiss över försöken.

Försöken har två led:

- A. Plöjning i fåra med vändskiveplog.
- B. On-landplöjning.

Leden har slumpats med sex upprepningar och 16 m breda parceller (figur 1). Ett helt skifte har tagits i anspråk på respektive gård så varje parcell har en längd som motsvarar skiftets längd. Vändtegen på respektive skifte har dock undvikits vid placering av försöken på respektive skifte. Hösten 2003 utfördes de första ledvisa behandlingarna i försöken. Försöken har inte dokumenterats eller skördats under tidigare försöksår utan försöket lades ut för att med tiden följa utvecklingen i marken efter on-landplöjning jämför med konventionell plöjning. Parcellstorleken är tänkt för att möjliggöra kartering av mark och gröda i respektive parcell med traktorburen N-sensor, skördekartering och EM38 (Geonics Ltd., Kanada) förutom konventionell parcelltröskning och provtagning.

Mätningar och provtagningar

Våren 2007 mättes den elektriska konduktiviteten i marken på båda försöksytorna med EM38 för att kvantifiera den rumsliga variationen inom försöksplatserna. Markens elektriska konduktivitet beror av vattenhalten i marken vilket i sin tur påverkas starkt av lerhalten i marken. Vattenhalten i marken påverkas signifikant av lerhalten. De relativa skillnaderna i lerhalt är desamma vid varje tillfälle. Mätningarna gjordes vid två tillfällen, 16 och 24 april, för att se om ledvisa skillnader i vattenhalt mellan tidpunkterna skiljde sig åt och därmed upptorkningsförlopp. Denna användning av EM38 har ej utprovats i Sverige tidigare. Scanningarna användes också som underlag vid utläggning av platser för mätningar av infiltration. Alla mätningar i försöksytorna utfördes i punkter som lagts fast med GPS.

Med mätningar av markens penetrationsmotstånd (kPa) detekteras eventuella tätare skikt i markprofilen, t.ex. förekomst av en plogsula, med en penetrometer (Bush soil penetrometer SP1000, Findlay, Skottland; Anderson et al., 1980). Penetrometermätningen utfördes 24 april våren 2007 innan upptorkningen kommit igång så att mätningarna skedde vid så lika vattenhalt som möjligt. Vattenhalten i marken bestämdes vid tillfället för mätning.

Effekter på markstrukturen av plöjningsleden bestämdes även genom mätning av vatteninfiltrationskapaciteten genom att mäta den fältmättade hydrauliska konduktiviteten (cm h^{-1}) med den s.k. ”simplified falling-head tekniken (SFH)” på 25 cm djup (Bagarello et al., 2004; Keller & Rydberg, 2007). En cylinder med höjden 15 cm och inre diameter 13,4 cm trycktes ner 8 cm i marken efter att en slät yta preparerats fram på 25 cm djup. Vid mätningen start hälldes 250 ml vatten i cylindern. Tiden togs till allt vatten försvunnit. Totalt 51 mätningar gjordes i försöket på Lanna och 20 på Bjertorp, fördelade mellan leden och blocken och efter mätningen av elektrisk konduktivitet. Jordart enligt pipettmetoden, torr skrymdensitet, aktuell vattenhalt i volymsprocent samt jordens kompaktdensitet bestämdes på 25-30 cm djup på 20 av punkterna på Lanna respektive 4 på Bjertorp.

Avkastningen i försöken kvantifierades 2007. På Lanna odlades höstvet och på Bjertorp vårraps. Effekter av plöjningen på gröda och kväueupptag i gröda bestämdes på Lanna genom tröskning av 10 fastlagda småytor inom varje försöksruta, totalt 120 rutor. I varje yta bestämdes avkastningen samt prover analyserades på vattenhalt, renhet och proteinhalt med NIT för kvantifiering av kväueupptaget. Försöket på Bjertorp skördekartades. Inga analyser av skördad gröda gjordes.

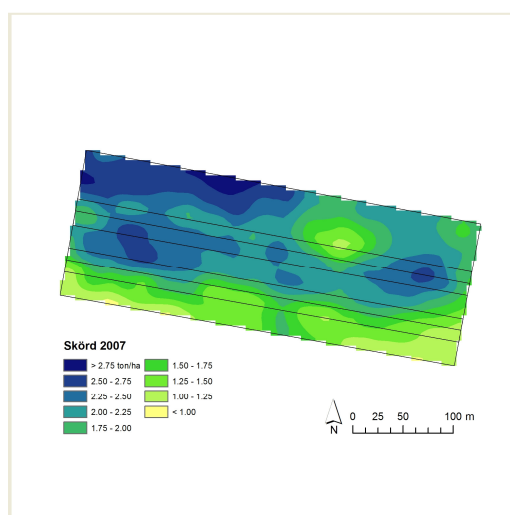
Ledskillnader för de olika uppmätta markegenskaperna analyserades statistiskt med Mixed model i SAS 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) med block som upprepning och för varje ruta beräknades ett medelvärde av mätvärden i fastlagda punkter inom försöksrutan. Geostatistiska analyser av mätningarna i försöksytorna utfördes baserade på de GPS-fastlagda mätpunkterna.

Resultat och diskussion

Avkastningen i försöken visade att de ledvisa medelvärdena inte skiljde sig mellan leden i försöket på Lanna där höstvetet odlades (tabell 1) medan skörden av vårraps på Bjertorp var signifikant högre i det on-landplöjda ledet än i det konventionellt plöjda ledet (tabell 2). Efter tre år med on-landplöjning var det alltså inga skillnader i medelskörd på den styvare lerjorden på Lanna medan det på Bjertorp var högre skörd i det on-landplöjda ledet. Den geostatistiska analysen av avkastningen på Bjertorp visa inte på några ledvisa skillnader utan markförhållanden hade störst betydelse för den geografiska variationen.

Tabell 1. Resultat från mätningar i försöket på Lanna försöksstation som medel av värdena uppmätta i de fastlagda punkterna

Led	Skörd höstvetet (kg ha ⁻¹ vid 15 % vattenhalt)	Kväve-skörd (kg ha ⁻¹)	Infiltration (cm h ⁻¹)	EC 3 april 2007	EC 17 april 2007	EC 25 april 2007	Torr skrymdensitet 25-30 cm (g cm ⁻³)	Vattenhalt (volym-%) vid mätning av infiltration
A. Normal plöjning	7334	127,7	0,511	154,0	142,5	157,8	1,52	39,18
B. On-land-plöjning	7294	126,8	0,871	153,9	142,0	157,6	1,47	40,43
Statistisk signifikans (p-värde)	0,291	0,182	0,324	0,966	0,818	0,880	0,228	0,377



Figur 2. Avkastning (ton ha⁻¹) i försöket på Bjertorp enligt skördekartering av vårraps.

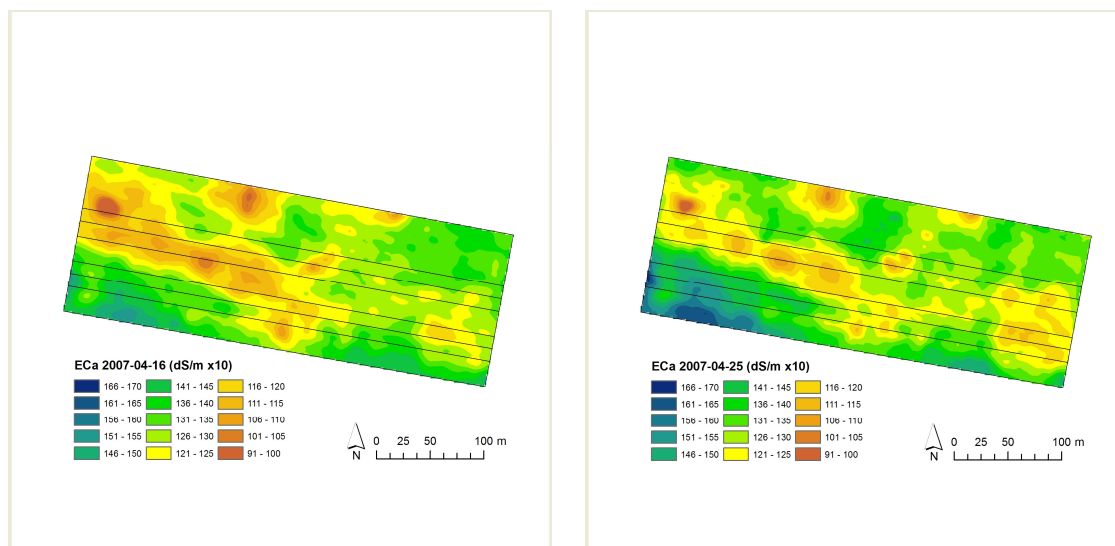
Tabell 2. Resultat från mätningar i försöket på Bjertorps egendom som medel av värdena uppmätta i de fastlagda punkterna

Led	Skörd vårolje- växter råskörd från skördekar- tering (kg ha ⁻¹)	Infiltration (cm h ⁻¹)	EC 16 april 2007	EC 24 april 2007	Torr skrym- densitet 25-30 cm (g cm ⁻³)	Vattenhalt (vol-%) vid mät- ning av infiltration
A. Normal plöjning	1 729	0,325	12,82	13,10	1,52	34,73
B. On-land- plöjning	2 189	1,709	12,26	12,61	1,54	31,86
Statistisk signifikans (p-värde)	<0,0001	0,358	<0,0001	<0,0001	0,371	0,0100

Mätningar av infiltrationen genom det jordlager som motsvarade en eventuell plogsula visade inte på några skillnader mellan leden på någon av platserna eller i medel även om det fanns en tendens till högre infiltration i det on-landplöjda ledet på båda försöksplatserna och i medel (tabell 1-3). Vattenhalten vid mätning av infiltration var lägre i det on-landplöjda ledet på Bjertorp vilket visar på trolig bättre upptorkning efter on-landplöjning (tabell 2) men på Lanna var det ingen skillnad mellan leden.

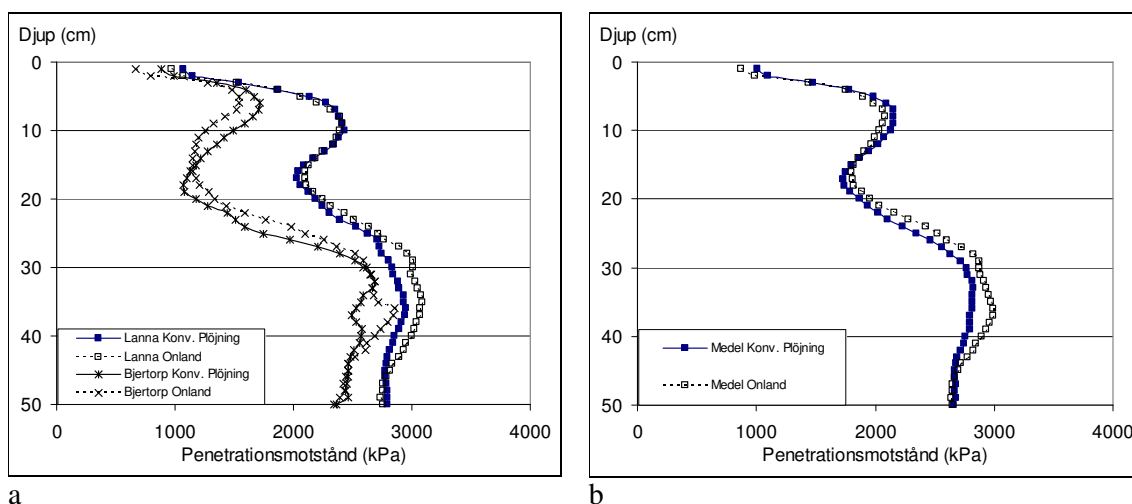
Tabell 3. Medel av infiltration, torr skrymdensitet och vattenhalt vid mätning av infiltration av mätningarna i de två försöken på Lanna och Bjertorp

Led	Infiltration (cm h ⁻¹)	Torr skrym- densitet 25-30 cm (g cm ⁻³)	Vattenhalt (volym-%) vid mätning av infiltration
A. Normal plöjning	0,460	1,52	38,02
B. On-land- plöjning	1,11	1,49	37,83
Statistisk signifikans (p-värde)	0,1788	0,3658	0,8640



Figur 3. Mätningar av markens elektriska konduktivitet med EM38 på Bjertorp 2007-04-16 och 2007-04-25.

Den elektriska konduktiviteten i marken mätt med EM38 under våren visade på ledvisa skillnader på Bjertorp där det var lägre konduktivitet i medel i det on-landplöjda ledet jämfört med det konventionellt plöjda vilket indikerade bättre upptorkning efter on-landplöjning (tabell 2). På Lanna var det dock inte några signifikanta skillnader mellan leden utan bara mellan tidpunkterna och det var inte heller några signifikanta samspel (tabell 1). Den geostatistiska analysen av mätningarna med EM38 för att studera upptorkningen under våren visade inte på några geografiskt tydliga ledvisa skillnader (figur 3) utan de geografiska skillnaderna styrdes mer av markförhållandena. De högre värdena vid mätningarna 24 och 25 april jämfört med tidigare mätningar berodde på att det regnat innan dessa mätningar och marken var alltså fuktigare än vid de tidigare mätningarna.



Figur 4. a) Ledvisa medelvärden av mätningarna av penetrationsmotstånd i 0-50 cm i konventionellt respektive on-landplöjt led på Lanna respektive Bjertorp samt **b)** medel av de två försöken.

Mätningar av penetrationsmotstånd i försöken visade inga ledskillnader på Lanna medan det på Bjertorp var signifikant lägre motstånd i de 15 översta cm av matjorden i det on-landplöjda ledet (figur 4). Nedanför 15 cm ökade motståndet i det on-landplöjda vilket skulle kunna indikera att plogsula utvecklats något ytligare än innan då platsen plöjdes konventionellt men inte lika uttalat jämfört med det konventionellt plöjda ledet. Dessa resultat stöds av mätningarna av skrymdensiteten som i medel inte visade på några signifikanta ledskillnader men på Bjertorp var det en tendens till högre skrymdensitet i 25-30 cm djup.

Slutsatser

I projektet jämfördes effekter på mark och gröda efter att on-landplöjning använts under tre år parallellt med konventionell plöjning på två lerjordar. På styva lerjorden på Lanna (46,5 % ler) kunde vi inte se några skillnader mellan plöjningssystemen vare sig med avseende på gröda eller på mark. På den lättare leran på Bjertorp (32,0 % ler), där grödan detta år var vårraps, var avkastningen högre efter on-landplöjning jämfört med konventionell plöjning. På Bjertorp skilde sig även leden åt enligt mätningar av penetrationsmotståndet i marken där motståndet i den övre delen av matjorden var lägre efter on-landplöjning. Upptorkningen var snabbare i marken som plöjts on-land. Båda dessa faktorer kan ha gynnat grödan och bidragit till den större skörden efter on-landplöjning. Studien visade att on-landplöjning redan efter tre år kan ha positiva effekter på mark och gröda på en lättare lerjord men på en styvare jord såg vi inga skillnader.

Publikationer och övrig resultatförmedling till näringen

Resultaten från projektet publiceras i rapportserien vid Hushållningssällskapet Skaraborg. Dessa rapporter finns tillgängliga på www.hushallningssallskapet.se/r under Publikationer. En sammanfattning av resultaten från projektet planeras också för publikation i försöksrapporten från Mellansvenska försökssamarbetet 2010.

Stenberg, M., Söderström, M., Gruvaeus, I. 2010. On-landplöjning på lerjord – kan vi förbättra markstrukturen? Hushållningssällskapet Skaraborg. HS rapport 2/10. <http://hs-r.hush.se/?p=12474&m=3037>.

Tillkännagivanden

Projektet finansierades av Stiftelsen Lantbruksforskning. Fältförsöken finansierades inom ramen för Försök i Väst:s verksamhet. Författarna vill tacka försöksvärdar och försökspatruller för all hjälp med genomförandet av projektet.

Referenser

- Anderson, G., Pidgeon, J.D., Spencer, H.B., Parks, R. 1980. A new hand-held recording penetrometer for soil studies. *Journal of Soil Science* 31, 279-296.
- Bagarello, V., Iovino, M., Elrick, D. 2004. A simplified falling-head technique for rapid determination of field-saturated hydraulic conductivity. *Soil Science Society of America Journal* 68, 66-73.

- Berglund, K., Berglund, Ö., Gustafson Bjuréus, A. 2002. Markstrukturindex – ett sätt att bedöma jordarnas fysikaliska status och odlingssystemets inverkan på markstrukturen. SLU, Uppsala. Avd. för lantbrukets hydroteknik. Avdelningsmeddelande 02:4.
- Comia, R.A., Stenberg, M., Nelson, P., Rydberg, T., Håkansson, I. 1994. Soil and crop responses to different tillage systems. *Soil and Tillage Research* 29, 335-355.
- Håkansson, I., Stenberg, M., Rydberg, T. 1998. Long-term experiments with different depths of mouldboard ploughing in Sweden. *Soil and Tillage Research* 46, 209-223.
- Keller, T., Rydberg, T. 2007. Kan vi förklara skördevariationer på fältnivå med inomfältvariation av markens infiltrationsförmåga? SLU, Uppsala. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen. Årsrapport 2006. Rapport 112. pp. 46-50.
- Keller, T., Trautner, A., Arvidsson, J. 2002. Stress distribution and soil displacement under a rubber-tracked and a wheeled tractor during ploughing, both on-land and within furrows. *Soil and Tillage Research* 68, 39-47.
- Lundström, C., Delin, S., Nissen, K. 2001. Precisionsodling – teknik och möjligheter. Precisionsodling i Väst. Teknisk rapport nr 5. Institutionen för jordbruksvetenskap, SLU, Skara.
- Munkholm, L.J., Schjønning, P., Jørgensen, M.H., Thorup-Kristensen, K. 2005a. Mitigation of subsoil recompaction by light traffic and on-land ploughing II. Root and yield response. *Soil and Tillage Research* 80, 159-170.
- Munkholm, L.J., Schjønning, P., Rüegg, K. 2005b. Mitigation of subsoil recompaction by light traffic and on-land ploughing. I. Soil response. *Soil and Tillage Research* 80, 149-158.
- Pedersen, H.H., Jacobsen, N.J., Persson, K. 2004. Nøjagtighed af GPS-baserede sporfølgningssystemer - resultater fra 2003. FarmTest – Maskiner/Planteavl nr. 26. Dansk Landbrugsrådgivning.
- Roland, B. 2003. Odlingssystemets inverkan på markstrukturen och växtnäringstillståndet - en jämförande studie på Logården. SLU, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara. Examens- och seminariearbeten, nr. 11.
- Ruser, R., Flessa, H., Russow, R., Schmidt, G., Buegger, F., Munch, J.C. 2006. Emission of N_2O , N_2 and CO_2 from soil fertilized with nitrate: effect of compaction, soil moisture and rewetting. *Soil Biology and Biochemistry* 38, 263-274.
- Rydberg, T. 1986. Markfysikaliska och markkemiska effekter av plöjningsfri odling i Sverige. SLU, Uppsala. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen 70.