

Försök med reducerad bearbetning i Skåne och Halland.

Slutrapport för projekt V0733243. Johan Arvidsson, institutionen för mark och miljö, Box 7014, 750 07 Uppsala.

Inledning

Intresset för reducerad bearbetning i Sverige är stort, framförallt på större gårdar. Förutom möjliga kostnadsbesparingar finns potentiella fördelar i form av bättre struktur i markytan, minskad risk för skorpbildning och bättre ledningsförmåga för vatten under torra förhållanden. Möjliga nackdelar är framförallt försämrad rottillväxt p.g.a. ökat mekaniskt motstånd, sämre genomsläpplighet i matjorden samt sjukdomsöverföring via växtrester. Dessutom påverkas bl.a. transportprocesser genom påverkan på andelen makroporer och porsystemets kontinuitet.

Alltsedan 1970-talet har det bedrivits en omfattande försöksverksamhet med plöjningsfri odling i Sverige. Försöken har i första hand bedrivits av försökspatruller, ofta på särskilda försöksgårdar, och med utgångspunkt i ett konventionellt bearbetningssystem. I denna försöksserie gjordes försöken i samarbete med enskilda lantbrukare som tillämpar kontinuerlig plöjningsfri odling, där den reducerade bearbetningen utfördes på samma sätt som i deras egen odling. Syftet var att studera effekter av plöjningsfri odling på mark och gröda, särskilt påverkan på rotutveckling och fysikaliska egenskaper inklusive transportprocesser, i samarbete med jordbrukare med stor erfarenhet av reducerad bearbetning. Ett särskilt syfte var att studera effekt av bearbetningsdjup i den plöjningsfria odlingen, samt att utöka försöksverksamheten med plöjningsfri odling i Halland, där antalet försök med plöjningsfri odling tidigare varit ganska lågt. Försöken startades till skördeåret 2005, i denna slutrapport redovisas skördeåren 2007-2009, de år då olika bearbetningsdjup i plöjningsfri odling tillämpades.

Material och metoder

Tre försök låg på Charlottenlunds gård utanför Ystad i Skåne och sex på Väby gård utanför Falkenberg, Halland, varav två länsförsök. Försöksgårdarna använder sig av ett reducerat bearbetningssystem och deras bearbetning låg till grund för ledet utan plöjning i försöket. Försöken var fastliggande och låg i gårdarnas växtföljd så att effekterna på olika grödor kunde åskådliggöras. Försöken startades 2005 och drevs under 2005 och 2006 enligt följande plan.

Led A Plöjningsfri odling

Led B Plöjning (20 cm djup)

Led C Plöjning (12-15 cm)

Till skördeåret 2007 delades A-rutorna på mitten för att kunna variera bearbetningsdjupet. Försöksplanen blev då istället:

A1 Plöjningsfri odling, djup bearb.

A2 Plöjningsfri odling, grund bearb.

B Plöjning (20 cm djup)

C Plöjning (12-15 cm)

I led A1 gjordes en relativt djup bearbetning med kultivator (ca 15 cm). Det grunda ledet bearbetades med kultivator eller med ett tallriksredskap med återpackarvält till 5-7 cm.

Försöken var randomiserade i tre block. Grödorna på Charlottenlund odlades i första hand med en traditionell skånsk växtföljd: sockerbetor, korn, höstraps och höstvetete. På Väby gård var grödorna främst korn, höstvetete och rågvete men även oljeväxter och majs. Några försöksår på Väby utgick p.g.a. stora försöksfel. Försöken behandlades lika vad gäller sådd, gödsling och bekämpning och åtgärderna utfördes av brukaren. Bearbetningen av plöjda led utfördes av hushållningssällskapen i Skåne respektive Halland.

Texturanalys gjordes för matjorden och skiktet 22-27 cm, i tabell 1 och 2 anges jordart i matjorden för varje försöksplats.

Tabell 1. Jordart i försöken på Charlottenlund i försöksserien R2-4051

Serie	Försök	Jordart
R2-4051	M-800	nmh MäLL
R2-4051	M-801	nmh MäLL
R2-4051	M-802	nmh l mo Mä Sa

Tabell 2. Jordart i försöken på Väby i försöksserien R2-4051 och L2-4051

Serie	Försök	Jordart
R2-4051	N-271	mmh mo LL
R2-4051	N-272	mr mo LL
R2-4051	N-273	mmh ML
R2-4051	N-274	mr ML
R2-4051	N-276	mmh mo Sa
L2-4051	N-296	mmh mo LL

Genomsläpplighet

Mätningar av genomsläpplighet utfördes i fält våren 2008 på samtliga försöksplatser. 15 cm höga stålcyllindrar med diametern 15 cm slogs ner 5 cm på 10 och 22 cm djup, 3 cylindrar per ruta. Vatten fylldes på och sjunkhastigheten registrerades efter 30 minuter. Beräkningar av genomsläppligheten gjordes med hjälp av Darcy's lag.

Penetrationsmotstånd

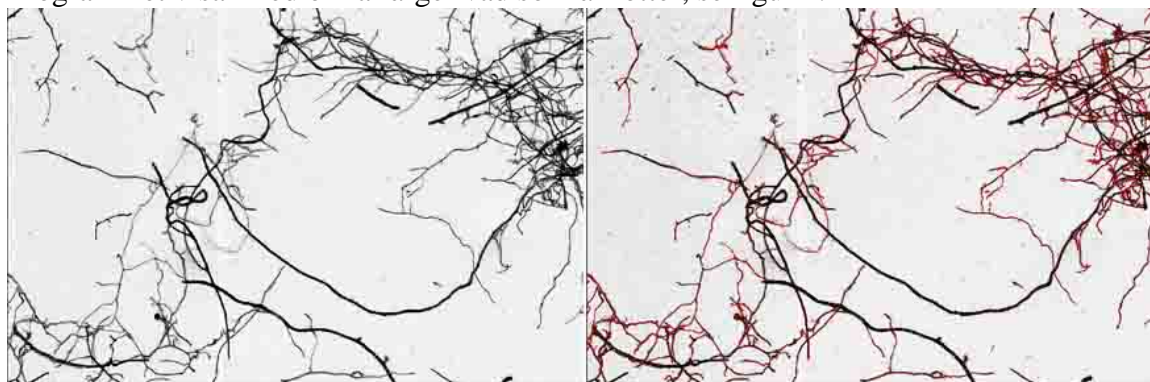
Mätningar av penetrationsmotståndet gjordes i alla försök på Charlottenlund och Väby våren 2008. Mätningarna gjordes med en penetrometer (Eijkelkamp penetrologger) med 10 stick diagonalt i varje ruta.

Rotutveckling

För att analysera förekomsten av rötter i olika led togs jordprover på Charlottenlund i försök M-801 med höstvetete 2007 och 2008 och på Säby i N-296 med rågvete 2007 och N-274 med höstvetete 2008. I varje ruta togs 3 stålcyllindrar (diameter 72 mm, höjd 100 mm) med jord i skiktet 10-20 cm.

Rötterna analyserades genom att jorden slammades upp i avjonat vatten i en plastburk med lock. Plastburken skakades försiktigt i 3 timmar eller längre så att aggregaten dispergerade. Därefter silades jordsuspensionen genom 4 silar med nät för att kunna separera rötterna från jorden. Rötterna sköljdes fram, plockades upp med pincett och lades i skålar med avjonat vatten.

För att bestämma den totala längden rötter analyserades bilderna med en för ändamålet avsedd scanner. Därefter analyserades bilderna i datorprogrammet Win Rhizo V 5.0a[®] som beräknar den totala längden rötter i den scannade bilden. Programmet visar med olika färger vad som är rötter, se figur 1.



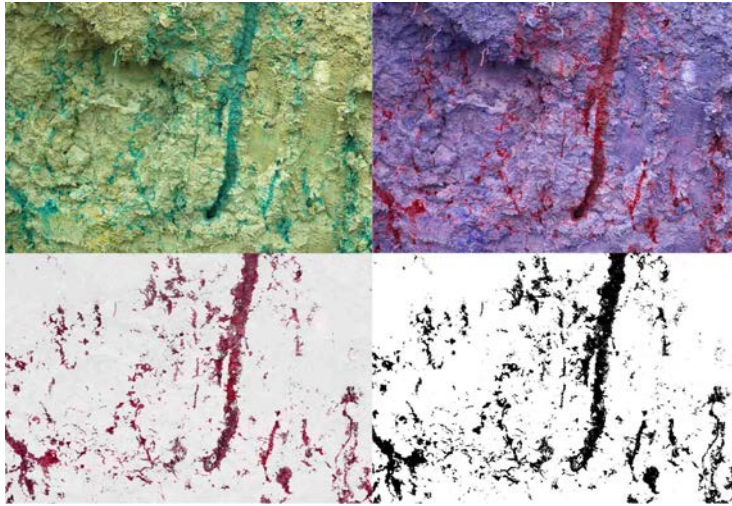
Figur 1. Exempel på bilder från analysen av längden rötter. Originalbild med svarta rötter till vänster samt analyserad bild med röda rötter till höger från Win Rhizo V 5.0a[®].

Infärgningsexperiment

Infärgning med blå färg utfördes den 3-11 juni 2008 i försöket M-801 med höstvetete på Charlottenlunds gård. Utrustningen som användes består av pump med tillhörande vattenkärl och en eldriven sprutram kopplad för applicering av vatten samt färgämne. Sprutramen sitter ovanför en ram av plexiglas med måtten 1,6*1,6*0,8 m vilken även skyddar mot vindavdrift. Alla led i första blocket färgades samt två i andra blocket, B samt A2.

För att undvika att den blå färgen fastnade i markens ytskikt vattnades rutorna först med 100 mm vatten. Ett dygn senare färgades rutorna med en vattenmängd på 40 mm med en koncentration av Brilliant Blue FCF på 2 g/l. Från ena sidan av det 1,6*1,6 m² stora området grävdes en grop med grävmaskin. Med spade och kniv preparerades vertikala profilsnitt, 5 snitt per grop. En ram av stål med uppspända trådar användes vid fotograferingen av snittet, som gjordes med en Olympus E-500 med en upplösning på 8 megapixels.

Bilderna som togs analyserades med Photoshop Elements 6.0[®]. Olika färgnyanser analyserades och ett tröskelvärde användes för att göra bilden svartvit, se figur 2. Sista steget var att bestämma andelen svarta pixlar.



Figur 2. Exempel på originalbild (uppe till vänster), bilder från två steg i bearbetningsprocessen (uppe till höger samt nere till vänster) samt dess korrigerade svartvita motsvarighet (nere till höger).

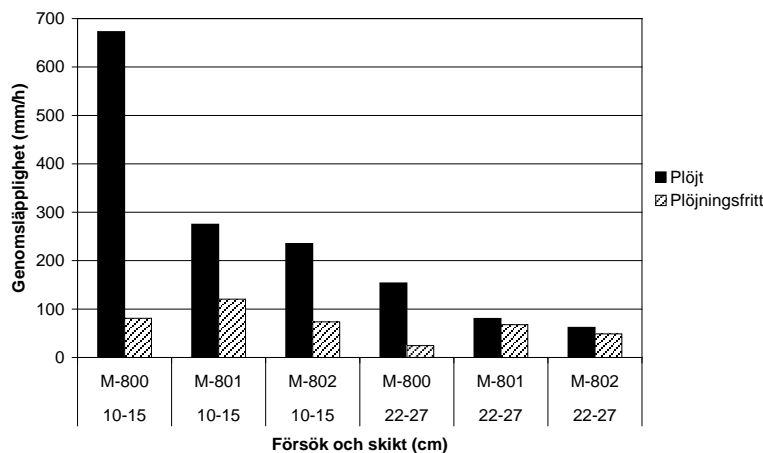
Skörd

Alla försök på Charlottenlund och Väby skördades rutvis. Skörden av spannmål redovisas omräknade till en vattenhalt på 15 % och motsvarande vattenhalt för oljeväxterna är 9 %.

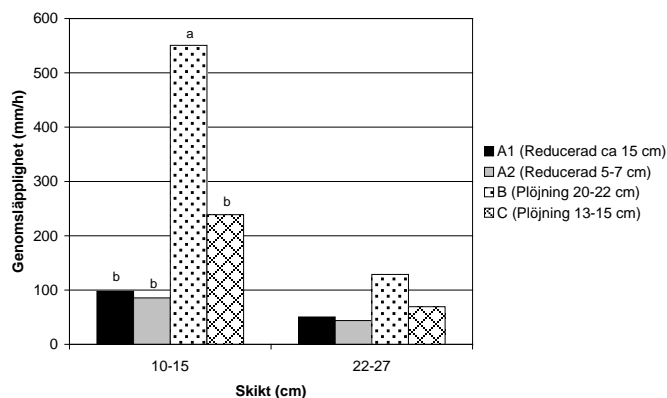
Resultat

Genomsläpplighet

Resultat av samtliga markfysikaliska analyser finns utförligare redovisade av Sjöholm (2008). Genomsläpplighet i plöjda och plöjningsfria led på Charlottenlund visas i figur 3. På alla platser var genomsläppligheten i matjorden klart högre i plöjda led, i plogsulan var skillnaden mindre. Medeltal för samtliga led visas i figur 4. Genomsläppligheten var signifikant högst i normalt plöjda led, medan det inte var någon skillnad mellan bearbetningsdjupen i plöjningsfri odling. Framförallt i matjorden var genomsläppligheten genomgående hög.

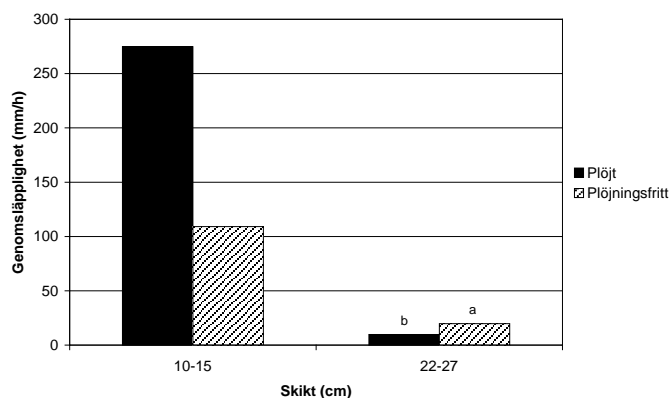


Figur 3. Genomsläppligheten (mm/h) i skikten 10-15 samt 22-27 cm i försöken M-800, M-801 samt M-802 på Charlottenlund i medeltal för plöjda och ej plöjda led.



Figur 4. Genomsläpplighet (mm/h) i olika skikt i genomsnitt för alla försök på Charlottenlund. Staplar med samma bokstav inom skikten är ej signifikant skilda

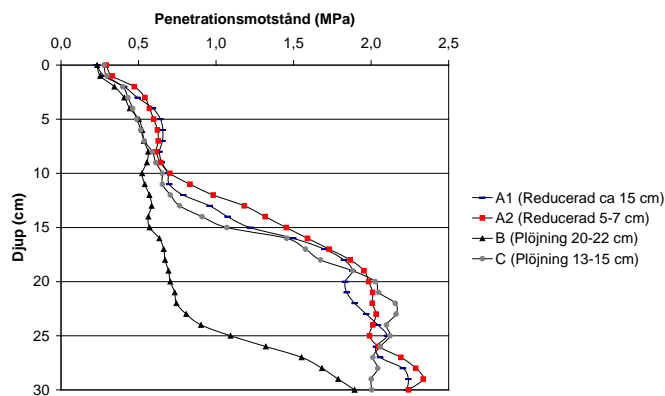
För Säby visas endast medeltal för plöjda och plöjningsfria led i samtliga försök (figur 5). Sett över alla försök så tenderade de plöjda leden att ha högre genomsläpplighet ($P=0,051$) i skiktet 10-15 cm, medan i skiktet 22-27 var genomsläppligheten signifikant lägre i plöjda led. Totalt sett i alla försök på Väby hade skiktet 10-15 cm en genomsläpplighet som klassades som mycket hög, skiktet 22-27 cm hade en genomsläpplighet som klassades som medelgod i plöjda led samt hög i de plöjningsfria leden.



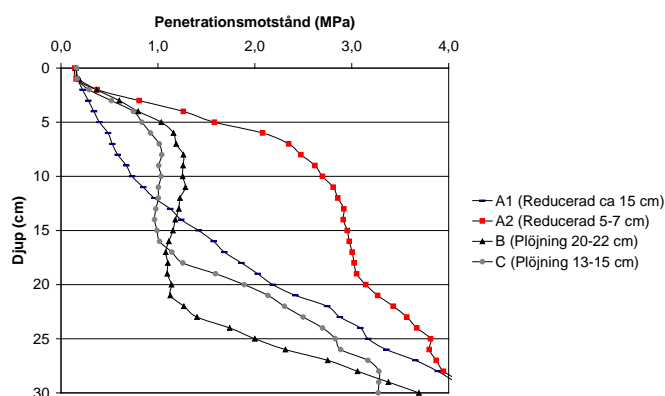
Figur 5. Genomsläppligheten (mm/h) i skikten 10-15 samt 22-27 cm i genomsnitt för alla försök på Väby. Staplar med samma bokstav inom skikten är ej signifikant skilda.

Penetrationsmotstånd

Penetrationsmotstånd mättes i samtliga försök, här visas endast resultat från två försök som exempel. Plöjning till normalt djup gav genomgående lägst penetrationsmotstånd. De olika bearbetningsdjupen i plöjningsfri odling gav i vissa fall ingen tydlig effekt på penetrationsmotståndet (fig. 6), i andra fall med lägre penetrationsmotstånd för djupare bearbetning (fig. 7).



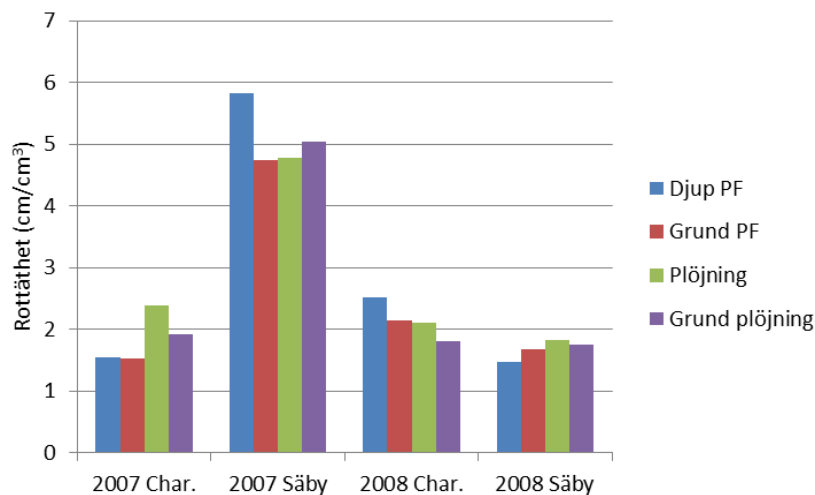
Figur 6. Penetrationsmotstånd i försök M-801 med höstvetete 2008.



Figur 7. Penetrationsmotstånd i försök N-276 med majs 2008 på Väby.

Rotutveckling på Charlottenlund och Väby

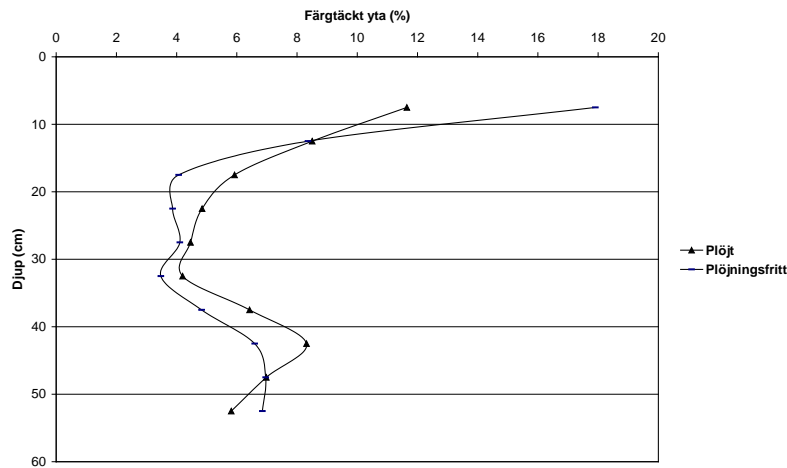
I figur 8 visas rottäthet i samtliga försök. Det fanns inga entydiga skillnader, och i de flesta fall var skillnaderna ej signifikanta. I försök M-801 var dock rottätheten i medeltal för plöjningsfria led signifikant högre än i plöjda led.



Figur 8. Den totala längden rötter (cm/cm³) i skiktet 10-20 cm i försöken M-801 med höstvetete 2007 och 2008 på Charlottenlund, och N-296 2007 med rågvete och N-274 2008 med höstvetete på Väby.

Infärgningsexperiment Charlottenlund

Andel färgtäckt yta i medeltal för plöjda och plöjningsfria rutor visas i figur 9. Det fanns ingen tydlig skillnad mellan leden, dock fanns en tendens till lägre andel färgtäckt yta för plöjningsfria led på ca 15 till 45 cm djup.



Figur 9. Andel färgtäckt yta (%) på olika djup i försöket M-801 vid olika bearbetningar på Charlottenlund.

Skörd

Skörd i medeltal för olika grödor visas i tabell 3, och i samtliga försök på Charlottenlund och Väby i tabell 4 till 6. I medeltal var ledskillnaderna små. Djup bearbetning höjde inte skörden i den plöjningsfria odlingen, den grunda bearbetningen gav istället 1-2 % högre skörd. Tendensen är densamma om man delar upp resultaten mellan de grödor som odlades mest i försöken.

Tabell 3. Skörd i olika led, uppdelat efter grödor

	Korn	Höstvete /rågvete	Oljevaxter
A1.Plöjn.fri odling, djupt (15 cm)	5913	7124	4490
A2.Plöjn.fri odling, grunt (5-7 cm)	103	101	101
B. Plöjning till normalt djup (20 cm)	99	100	103
C. Grund plöjning (12-15 cm)	100	99	102

Tabell 4. Skördar samtliga år på Charlottenlund

År	2007			2008			2009			Medel
Försök	M-800	M-801	M-802	M-800	M-801	M-802	M-800	M-801	M-802	
Gröda	Korn	H-vete	Betor	H-raps	H-vete	H-vete	H-vete	Betor	H-raps	
Förfrukt	Betor	Korn	H-vete	Korn	H-vete	Betor	H-raps	H-vete	H-vete	
A1. ¹	7120	10320	12 000	6790	10410	7180	11490	14900	4660	9109
A2.	98	99	116	100	102	106	99	100	101	102
B.	89	103	104	104	101	97	98	111	94	100
C.	95	105	105	103	98	83	101	99	89	98
Sign.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	

¹A1. Plöjn.fri odling, djupt (15 cm), A2. Plöjn.fri odling, grunt (5-7 cm), B. Plöjning till normalt djup (20 cm), C. Grund plöjning (12-15 cm)

Tabell 5. Skördar 2007 och 2008 på Väby

År	2007				2008				
Försök	N-271	N-272	N-274	N-296	N-276	N-272	N-273	N-274	
Gröda	H-vete	H-vete	V-raps	Rågv.	Korn	Korn	Korn	H-vete	
Förfrukt	H-raps	H-vete	H-vete	Korn	Rågv.	H-vete	V-raps	V-raps	
A1. Plöjn.fri, djup	7480	6660	2020	5230	5140	6570	5760	5490	
A2. Plöjn.fri, grund	104	97	102	103	98	106	101	89	
B. Plöjning	94	104	111	95	101	110	109	102	
C. Grund plöjning	93	105	115	99	105	112	102	103	
Sign.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

Tabell 6. Skördar på Väby 2009 samt medel Väby 2007-2009

År	2009				Medel
Försök	N272	N273	N-274	N-276	2007-2009
Gröda	H-vete	Korn	Rågv.	Majs	
Förfrukt	Korn	Korn	H-vete	Majs	
A1. Plöjn.fri odling, djupt (15 cm)	5350	4200	2930	1600	4869
A2. Plöjn.fri odling, grunt (5-7 cm)	102	106	98	100	101
B. Plöjning till normalt djup (20 cm)	106	88	98	99	101
C. Grund plöjning (12-15 cm)	99	91	104	101	102
Sign.	n.s.	**	n.s.	n.s.	

Diskussion och slutsatser

De markfysikaliska mätningarna stämmer med tidigare erfarenheter (ex. Rasmussen, 1999), med ett högre penetrationsmotstånd och lägre genomsläpplighet i plöjningsfria led. Genomsläppligheten var dock fortfarande hög i samtliga försök. Trots högre penetrationsmotstånd i plöjningsfri odling fanns heller ingen tydlig skillnad i rotutveckling mellan leden, istället tycks rotutvecklingen ha varit bäst i de led som slutligen gav högst skörd. Tidigare mätningar av t.ex. Comia et al. (1994), har oftast visat sämre rotutveckling i matjorden i plöjningsfri odling.

Infärgningsexperimentet visade inte heller på några tydliga ledskillnader. En hypotes var att plöjningsfri odling skulle leda till mer kontinuerliga makroporer, som ökar infärgning i nedre delen av markprofilen och skulle kunna innebära ökad risk för utlakning av t.ex. bekämpningsmedel (ex. Petersen 2001). Mätningarna gav alltså inte stöd för denna hypotes.

Skördenivån för grund bearbetning var ungefär samma eller något högre än för konventionell plöjning. Den har därmed lyckats bättre än genomsnittet för alla svenska försök, där avkastningen varit ca 2 % lägre än för plöjning, och kan alltså bedrivas framgångsrikt på denna typ av jordar i Skåne och Halland.

Djup bearbetning har inte höjt skörden i plöjningsfri odling, vilket också stämmer med sammanställningar av samtliga svenska försök (Arvidsson et al., 2013). Detta är ett mycket viktigt resultat som innebär en stor möjlig kostnadsbesparing, eftersom det blivit vanligare med kraftiga styvpinnkultivatorer som möjliggör djup bearbetning.

Referenser

- Arvidsson, J., Sörensson, F., Westlin, A., 2013. Working depth in non-inversion tillage – effects on soil physical properties and crop yield in Swedish field experiments. *Soil and Tillage Research* 126, 259-266.
- Comia, R. A., Håkansson, I., Nelson, P., Rydberg, T., Stenberg, M., 1994. Soil and crop responses to different tillage systems. *Soil and Tillage Research* 29, 335-355.
- Petersen, C. T., Jensen, H. E., Hansen, S., Bender Koch, C., 2001. Susceptibility of a sandy loam soil to preferential flow as affected by tillage. *Soil & Tillage Research* 58, 81-89.
- Rasmussen, K. J. 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil and Tillage Research* 53, 3-14.
- Sjöholm, N., 2008. Inverkan av bearbetningsdjup på markstrukturen i försök med plöjningsfri odling i Skåne och Halland. Meddelanden från avdelningen för jordbearbetning, nr 57. Institutionen för markvetenskap, SLU.

Publikationer

Publikationer enbart relaterade till detta projekt:

- Sjöholm, N., 2008. Inverkan av bearbetningsdjup på markstrukturen i försök med plöjningsfri odling i Skåne och Halland. Meddelanden från avdelningen för jordbearbetning, nr 57. Institutionen för markvetenskap, SLU.
http://pub.epsilon.slu.se/5373/1/sjoholm_n_101014.pdf
- Arvidsson, J., 2008. Försök med reducerad bearbetning i Skåne och Halland. I Årsrapport 2007 (Arvidsson, J., redaktör), rapporter från avdelningen för jordbearbetning, nr 113. Institutionen för markvetenskap, SLU.
http://pub.epsilon.slu.se/5100/1/arvidsson_j_et_al_100820_7.pdf
- Arvidsson, J., 2010. Försök med reducerad bearbetning i Skåne och Halland. I Årsrapport 2009 (Arvidsson, J., redaktör), rapporter från avdelningen för

jordbearbetning, nr 116. Institutionen för markvetenskap, SLU.
http://pub.epsilon.slu.se/5431/1/arvidsson_j_red_101103.pdf

Exempel på publikationer om bearbetningsdjup där dessa resultat ingår:

Arvidsson, J., 2009. Luckring sällan lukrativt. *Arvensis*, nr 4.

Arvidsson, J., Sörensson, F., 2013. Bearbetningsdjup i plöjningsfri odling. Rapporter från jordbearbetningen, nr 126. Institutionen för mark och miljö, SLU.
<http://www.slu.se/Global/externwebben/nl-fak/mark-och-miljo/jbhy/dokument/rapport126.pdf>

Arvidsson, J., Sörensson, F., Westlin, A., 2013. Working depth in non-inversion tillage – effects on soil physical properties and crop yield in Swedish field experiments. *Soil and Tillage Research* 126, 259-266. *Reviewartikel – särskilt villkor i kontraktet*

Arvidsson, J., Sörensson, F., 2014. Hur djupt ska vi bearbeta i plöjningsfri odling? Fakta jordbruk, nr 1, SLU.

<http://www.slu.se/Documents/externwebben/overgripande-slu-dokument/popvet-dok/faktajordbruk/Jo14-01.pdf>

Arvidsson, J., 2014. Ytan viktigare än djupet. Inför höstbruket 2014. Informationsskrift från Väderstadverken AB.

Slutsatser

Skördenivån för grund bearbetning var ungefär samma eller något högre än för konventionell plöjning. Reducerad bearbetning kan alltså bedrivas framgångsrikt på denna typ av jordar i Skåne och Halland. Trots ett högre mekaniskt motstånd i plöjningsfria led var rotutvecklingen i genomsnitt inte sämre än för odling med plöjning. Direktsådd och plöjningsfri odling anses ofta öka preferentiellt flöde i marken och därmed risken för utlakning av pesticider. Någon sådan tendens fanns inte i det försök i Skåne som undersöktes.

Djup bearbetning har inte höjt skörden i plöjningsfri odling, vilket också stämmer med sammanställningar av samtliga svenska försök. Detta är ett mycket viktigt resultat som innebär en stor möjlig kostnadsbesparing. Det har blivit betydligt vanligare med kraftiga styvpinnkultivatorer som medger djup bearbetning även i plöjningsfri odling, men våra resultat visar att detta sällan är motiverat.

Resultatförmedling till näringen

Resultatförmedling till näringen har bl.a. skett i de publikationer som anges ovan. Johan Arvidsson har också under den sista 5-årsperioden hållit ca 75 föredrag för yrkesverksamma om reducerad bearbetning och jordpackning, för bl.a. rådgivare och enskilda jordbrukare. Betydelsen av bearbetningsdjup i den plöjningsfria odlingen har varit en återkommande fråga i dessa föredrag som därför kommunicerats effektivt till näringen. Resultaten har också ingått i undervisning av agronomer och lantmästare. Betydelsen av bearbetningsdjup har också varit återkommande i diskussioner med Väderstadverken AB. Kring år 2000 utvecklade företaget nya kultivatorer, med stela pinnar avsedda för ett stort bearbetningsdjup. Bl.a. p.g.a. våra försöksresultat har företaget på senare år utvecklat en ny kultivator, Swift, med fjädrande pinnar avsedda för grundare bearbetning.