



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för mark och miljö

Effekter av bearbetningsdjup i plöjningsfri odling

Effects of tillage depth in ploughless tillage

Fredrik Sörensson

Magisteruppsats i markvetenskap
Agronomprogrammet – inriktning mark/växt

Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU
2015:03

Uppsala 2015

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för mark och miljö

Fredrik Sörensson

Effekter av bearbetningsdjup i plöjningsfri odling
Effects of tillage depth in ploughless tillage

Handledare: Johan Arvidsson, institutionen för mark och miljö, SLU
Examinator: Ingmar Messing, institutionen för mark och miljö, SLU

EX0429, Självständigt arbete i markvetenskap – magisterarbete, 30 hp, Avancerad nivå, A1E
Agronomprogrammet – inriktning mark/växt 270 hp

Serienamn: Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU
2015:03

Uppsala 2015

Nyckelord: penetrationsmotstånd, genomsläpplighet, skörd, dragkraftsbehov, markstruktur

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Sammanfattning

Reducerad jordbearbetning är alla åtgärder som innebär en mindre bearbetning än en konventionell plöjning. Ofta menas med reducerad bearbetning plöjningsfri odling, d.v.s. bearbetning med icke vändande redskap. Reducerad bearbetning kan åstadkommas med hjälp av tallriksredskap, kultivator eller grund plöjning.

Vilken bearbetningsmetod som används styrs till stor del av kravet på bearbetningsdjup och skörderesthantering. Den metod som används kommer i sin tur att styra den energimängd som går åt vid bearbetningen.

Olika parametrar som kan tänkas påverka etablering och tillväxt studerades i fältförsök i Skåne, Väderstad, Uppsala, Örebro och Västerås. Studien genomfördes i vårraps, vårvete, höstvete och vårkorn för att på så vis få en spridning av plats, jordart och gröda. Försöken var generellt upplagda som randomiserade blockförsök med behandlingarna plöjt, djup kultivering och grund kultivering. I vissa försök fanns även behandlingarna tallriksredskap, direktsådd och grund plöjning. Under våren 2010 gjordes mätningar av aggregatstorlek, bearbetningsdjup, vattenhalt, genomsläpplighet, penetrationsmotstånd och plantantal. Senare under växtsäsongen genomfördes mätningar av rotutveckling och dragkraftbehov.

Inga skillnader mellan grund och djup bearbetning förekom med avseende på såbäddsegenskaper, plantantal och rotutveckling. Penetrationsmotståndet och genomsläppligheten i matjorden visade på att en grundare bearbetning medför en förtätning med en lägre genomsläpplighet i den övre delen av matjorden. Mellan plöjda och reducerade system var skillnaderna större. Vid plöjning luckras marjorden bättre och därmed ökar genomsläppligheten. Med avseende på såbäddsegenskaper ger det plöjda systemen högre andel finjord och en lägre vattenhalt. Vid jämförelse mellan grund och djup kultivering så gav en grund kultivering lika hög eller högre skörd jämfört med en djup kultivering, 2 % lägre än för plöjning. Bearbetning med tallriksredskap och direktsådd gav en skördeminskning på 5 respektive 16 %. Försöken pekar på att ökning av bearbetningsdjupet med kultivator i regel inte höjer skörden, medan grund bearbetning med tallriksredskap kan försämra markens egenskaper och sänka skörden. Den lägre skörden för direktsådd kan främst kopplas till en sämre etablering.

Abstract

In Sweden, reduced tillage usually means non-inversion tillage, where primary tillage is carried out using chisel ploughs or disc implements. Primary tillage method is mainly determined by the desired soil loosening and the handling of soil residues.

The effect of tillage depth was studied in field experiments in Skåne, Väderstad, Uppsala, Örebro och Västerås in different crops; spring oilseed rape, spring wheat, winter wheat and spring barley. The experiments generally had a randomized block design with the treatments mouldboard ploughing, deep chisel ploughing and shallow chisel ploughing, in some cases also shallow discing and no-tillage. In the experiments the following parameters were determined: seedbed properties, saturated hydraulic conductivity, penetration resistance, number of emerged plants and crop yield (all parameters were not determined in all experiments). Root growth and draught requirement were determined in two separate studies.

There were no significant differences between tillage depths in non-inversion tillage in seedbed properties, plant emergence or root development. Shallow tillage increased penetration resistance and reduced saturated hydraulic conductivity in the upper part of the topsoil. Mouldboard ploughing resulted in the lowest penetration resistance, the highest hydraulic conductivity, the smallest aggregate size in the seedbed and the lowest water content in the seedbed bottom. Crop yield for deep as well as shallow chisel ploughing was 2 % lower than for ploughing, while it was 5 and 16 % lower, respectively, for discing and no-tillage. The results imply that increased tillage depth with a chisel plough does not increase crop yield, while shallow tillage with a disc implement may give poorer soil conditions and reduce crop yield. The low yield for no-tillage can mainly be explained by poor crop establishment.

Innehåll

1	Inledning	6
1.1	Syfte och frågeställningar	6
2	Bakgrund	6
2.1	Reducerad jordbearbetning	6
2.2	Markstruktur	7
2.3	Markfysikaliska egenskaper	7
2.3.1	Penetrationsmotstånd	7
2.3.2	Rotutveckling.....	7
2.3.3	Genomsläpplighet	8
2.3.4	Aggregatstabilitet	9
2.4	Dragkraft	9
2.5	Såbädd.....	10
2.6	Biomassa	10
2.7	Temperatur och växtrester.....	10
2.8	Skörd.....	10
2.8.1	Betydelsen av bearbetningsdjup	10
3	Material och metod	12
3.1	Försöksplan 2010.....	12
3.2	Textur.....	13
3.3	Genomsläpplighet	13
3.4	Penetrationsmotstånd	15
3.5	Undersökning av såbädden.....	16
3.6	Rotutveckling	16
3.7	Dragkraftsmätning	16
3.8	Biomassa och beståndsutveckling	17
3.9	Skörd.....	17
4	Resultat	18
4.1	Penetrationsmotstånd	18
4.2	Genomsläpplighet	21
4.3	Rotanalys	22
4.4	Dragkraft Väderstad	23
4.5	Såbäddsegenskaper	24
4.5.1	Vattenhalt	24
4.5.2	Sådjup	26
4.5.3	Aggregatstorlek	27
4.6	Temperatur och växtrester.....	28
4.7	Biomassa och N-sensor.....	28
4.8	Planräkning	29
4.9	Skörd.....	29
5	Samband	31
6	Diskussion	33
6.1	Penetrationsmotstånd	33
6.2	Rotutveckling	33
6.3	Genomsläpplighet	33

6.4	Såbädd	33
6.5	Skörd	34
7	Slutsatser	34
8	Referenser	35
9	Populärvetenskaplig sammanfattning	37

1 Inledning

1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med arbetet var att undersöka effekter av bearbetningsdjup i plöjningsfri odling i Sverige. Hur påverkar bearbetningsdjupet markfysikaliska egenskaper, såbädd, etablering och skörd? Och vilka skillnader finns i markfysikaliska egenskaper, såbädd, etablering och skörd mellan ett plöjt och plöjningsfritt system?

2 Bakgrund

2.1 Reducerad jordbearbetning

Reducerad jordbearbetning är alla åtgärder som innebär en mindre bearbetning än en konventionell plöjning. Reducerad bearbetning kan åstadkommas med hjälp av tallriksredskap, kultivator eller grund plöjning (Etana *et al.*, 2000). Med reducerad bearbetning menas ofta plöjningsfri odling d.v.s. bearbetning med ickevärdande redskap. Reducerad jordbearbetning introducerades i Skandinavien under 70-talet och den främsta anledningen var att slippa kostnaden och tidsåtgången som plöjning medförde. Den viktigaste ekonomiska fördelen med reducerad bearbetning är arbetsbesparingen, plöjningen står för 40 % av arbetstiden i ett konventionellt system och vid övergång till direktsådd kan upp till 70 % av arbetet sparas jämfört med ett plöjt system (Riley *et al.*, 1994). Vilken bearbetningsmetod som används styrs till stor del av kravet på bearbetningsdjup och skörderesthantering (Jordbruksverket, 2008):

Konventionell plöjning	Reducerad bearbetning
Lättare jord	Högre lerhalt (styv jord)
Fuktiga förhållanden	Torra förhållanden
Sämlre förfrukt (t.ex. vete efter vete)	God förfrukt (t.ex. raps eller ärter)
Stora mängder skörderester	Mindre mängder skörderester
Sådd av gröda som kräver lucker jord	Sådd av spannmål
Dålig markstruktur	God markstruktur
Ekologiskt	Konventionell

2.2 Markstruktur

Markens struktur beskrivs som det sätt olika markpartiklar är lagrade och förenade med varandra (Berglund *et al.*, 2002). Jorden kan vara av enkelkornstruktur, de primära partiklarna har då liten samverkan mellan varandra och kohesionen mellan dem är mycket svag. Om halten kolloider, lerpartiklar, blir tillräckligt hög så övergår jorden till att ha aggregatstruktur vilket innebär att kohesionen mellan partiklarna är så stark att de klibbar samman och bildar aggregat (Wiklander, 2005). När jorden bearbetas så skapas oftast stora kompakta kokor, >25mm, dessa måste sönderdelas till mindre strukturer. Dexter (1998) och Eriksson *et al.* (2005) beskriver frysning, uttorkningsprocesser och tillförsel av organiskt material som viktiga processer för att göra jorden lättbearbetad.

2.3 Markfysikaliska egenskaper

Markfysikaliska egenskaper och det komplexa system som styr de fysikaliska förändringarna i en jord har länge varit av intresse för lantbruket (Atwell, 1992). En god markfysikalisk kvalitet är av stor vikt för att säkerställa en frisk gröda och en hög skörd. En jord med dåliga markfysikaliska egenskaper karakteriseras av bland annat dålig vattengenomsläpplighet, ytavrinning, skorpbildning, dålig syresättning och dålig rotutveckling (Etana *et al.*, 1999). Med reducerad bearbetning medföljer en rad förändringar i de markfysikaliska egenskaperna så som förhöjd organisk halt i ytan, ökad skrymdensitet och penetrationsmotstånd i övre matjorden, förbättrad aggregatstabilitet, mindre andel luftfyllda porer och en ökad andel vattenhållande porer (Riley *et al.*, 1994). Rydberg (1992) gjorde en sammanställning som visade att plöjningsfri odling lämpade sig bäst på lerjordar och att de positiva effekterna ökade med stigande lerhalt. Även mjälajordar svarade positivt vid en övergång till plöjningsfri odling och orsaken till det kan vara den ökade andelen växtrester i ytan som förhindrade skorpbildning och igenslamning. Sämst lämpade sig plöjningsfri odling på sandjord där luckringsbehovet är störst.

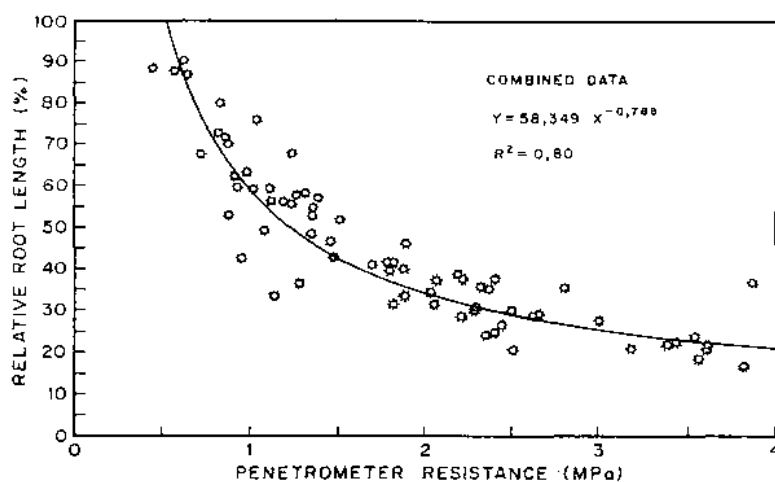
2.3.1 Penetrationsmotstånd

Penetrationsmotståndet i en jord beskriver kraften (MPa) för att trycka ett spjut, med konformad spets, genom marken. Mätningen anges som kraften som krävs per påverkad areaenhet (Etana *et al.*, 2000). Penetrometern visar inte exakt det motstånd som rötterna upplever i jorden då konen trycks rakt ner genom jorden, rötterna kan följa stora porer och vägar som har ett lägre motstånd genom jorden. Därför måste penetrationsmotståndet vägas mot faktorer som jordart, struktur, vattenhalt m.m. (Etana *et al.*, 2000). I en studie utförd av Bengough & Mullins (1990) så visade penetrometern ett 2-8 gånger så högt motstånd jämfört med det motstånd som rötterna upplevde på grund av skillnaderna i hur de tar sig fram i jorden.

2.3.2 Rotutveckling

Rottillväxt är ett komplext system som består av många parametrar, det är ett samspel mellan alla markfysikaliska egenskaper och en mängd markkemiska och markbiologiska faktorer. Dessutom påverkas rotens utveckling starkt av den egna artens genetiska egenskaper (Rydberg *et al.*, 1987). Rotens tillväxt är ungefär 2-3 cm per dygn (Etana *et al.*, 2000) En högre skrymdensitet eller ett högre penetrationsmotstånd är direkt kopplat till en långsammare rottillväxt. Detta beror främst på att rotens snabbaste väg mot djupet är makroporer, sprickor och gamla rotkanaler som är stabila och kontinuerliga och när en jord packas så är det just dessa grövsta porer som försvinner (Etana *et al.*, 2000). Roten kan dessutom inte göra sig mindre än sin förutbestämda diameter utan bara forma

sig vilket medför att det blir svårt för roten att ta sig igenom små porer (Russell and Gross, 1974). Roten kan dock penetrera homogen jord då den transporterar sig mellan makroporer eller när den tar sig fram i jordar med sämre struktur, det gäller dock att penetrationsmotståndet i jorden vid dessa tillfällen är lågt (Etana *et al.*, 2000). Enligt Håkansson (2000) så avtar rotutvecklingen kraftigt vid penetrationsmotstånd över 1,5 MPa och den avstannar helt vid penetrationsmotstånd över 3 MPa. I Figur 1 syns den relativa rotlängden i förhållande till penetrometermotståndet i jorden och den visar att med ett ökat motstånd så minskar rötternas relativa längd (Bennie, 1991)



Figur 1. Penetrometermotstånd i förhållande till relativ rotlängd för 70 dagar gammal majs och bomull. (Bennie, 1991)

Vid en övergång från ett konventionellt till ett reducerat system så skapas ofta ett kompakt skikt i undre matjorden, en s.k. ”harvsula”, där rötterna har svårt att penetrera. När rötterna väl tagit sig genom ”harvsulan” så tycks de utvecklas bättre än i de plöjda systemen. Detta tros ske på grund av den ökade porositeten, eftersom porerna inte störs av mekanisk bearbetning. Jordarten har stor betydelse för rotens utveckling. I en lättare jord är möjligheten för att bilda egna fasta kanaler mindre och de lättare jordarna är därför beroende av en luckring för att rötterna ska få kanaler att ta sig fram i (Rydberg *et al.*, 1987).

2.3.3 Genomsläpplighet

Hur god vattengenomsläppligheten är i jorden bestäms i stor grad av hur stora porerna är och dess uppbyggnad, textur och struktur. Genomsläppligheten i en gammal rotkanal är betydligt större än motsvarande volym vanliga jordporer. Vattengenomsläppligheten och gasutbytet i jorden påverkas av hur packad jorden är eftersom det främst är de grövsta porerna som står för luft- och vattenutbytet i jorden (Etana *et al.*, 2000). Etana *et al.* (2000) visade att en ökad skrymdensitet i matjorden gav en försämrad genomsläpplighet (se 1). Arvidsson *et al.* (2001) har visat att packning av marken med en sockerbetsupptagare som har en axelbelastning på 20 ton ger en minskning av de grova porerna och kontinuiteten i porerna. Detta resulterade i en 90 % lägre genomsläpplighet.

Tabell 1. Skrymdensitet och genomsläpplighet när jorden packats med en betupptagare. I studien fanns ett samband mellan packningsgrad av jorden och vattengenomsläppligheten. (Arvidsson, 2001)

	Skrymdensitet (g/cm ³)		Genomsläpplighet (cm/h)	
	30-35 cm	45-50 cm	30-35 cm	45-50 cm
Utan körning	1,68	1,57	1,89	8,27
Med körning	1,74	1,63	0,12	1,44
Signifikans	*	Ej sign	***	***

Tidigare fältförsök i Sverige har visat att en grund kultivering kan medföra att vattengenomsläppligheten försämras i lagret 25-30 cm, strax under bearbetningsdjupet vid en kultivering jämfört med en konventionell plöjning (Comia *et al.*, 1994; Arvidsson, 1998). Däremot kan ett reducerat system medföra en ökad andel makroporer i form av maskgångar och rotkanaler i alven som ökar genomsläppligheten längre ner i jorden (Rydberg *et al.*, 1987; Comia *et al.*, 1994). Vid torra förhållanden kan ledningsförmågan av vatten och näringsämnen vara bättre i ett reducerat system. Detta beror på att när jorden är mer packad så finns det ett större antal vattenhållande porer, dessutom blir kontakten mellan rot och mark bättre (Arvidsson, 1998, Etana *et al.*, 2000).

2.3.4 Aggregatstabilitet

Som nämnts under markens struktur ovan så bildar jordar med lerpartiklar, kolloider, en struktur genom att klibba ihop med varandra. Dessa aggregat kan vara olika stabila och ha olika storlek beroende på jordens struktur och humusinhåll. Om aggregaten faller samman vid regn så ”slammar” jorden igen och syre och vattenutbytet försämras. Det finns även en risk att det bildas en skorpa på ytan som helt kan hindra den sådda grödan från att ta sig upp till ytan. En bra struktur och vattenstabila aggregat i ytan medför en god frögroning på grund av att syre och vatten lättare kan tränga ner i jorden (Etana *et al.*, 1999).

2.4 Dragkraft

Dragkraftsbehovet är den kraft som krävs för att dra ett redskap genom jorden. När djupet ökas så ökar dragkraftsbehovet och den energi som krävs för att dra maskinen framåt. Kultivatoren har normalt ett lägre dragkraftsbehov än plojen eftersom en mindre mängd jord bearbetas.

Dragkraftsbehovet tar endast hänsyn till energiåtgång per bearbetningsbredd och inte mängden jord som bearbetas, därför används också specifikt dragkraftsbehov som anges med kN/m², kraft per tvärsnittsarea. Plojen är det redskap som har det lägsta specifika dragkraftsbehovet eftersom den bearbetar en stor mängd jord med sitt vändande bearbetningssätt. Kultivatoren har ett högre specifikt dragkraftsbehov då den bryter upp jorden på ett mer energikrävande sätt än plojen (Arvidsson *et al.*, 2004). Det specifika dragkraftsbehovet för en kultivator ökar i vissa fall med djupet eftersom kraften som går åt ökar kraftigt utan att mängden jord som bearbetas ökar, d.v.s. pinnen orkar inte bryta upp jorden. Om målet med bearbetningen är att luckra stora jordvolymen så lämpar sig plojen bäst och det enda sättet att hålla nere energiåtgången vid reducerad bearbetning är att bearbeta grunt. Enligt Danfors (1988) så förbrukas ca 21 liter/ha för vid plöjning, 9 liter vid kultivering och 8 liter vid användning av tallriksredskap. Skillnaden berodde främst på skillnaden i bearbetningsdjup.

2.5 Såbädd

Enligt Etana et al. (2000), krävs det att minst 50 % av partiklarna i såbädden har en diameter som är mindre än 5 mm. Detta för att säkra en god etablering och ett högt plantantal. Håkansson (1976) visade i en studie att det vid etablering av stråsäd krävs aggregatstorlek mindre än 4 mm och att fröet placeras på en såbädd med minst 5 % växttillgängligt vatten för att säkerställa en god etablering. För att karakterisera såbäddar används ofta en metod av Kritz (1983) vilken innefattar mätning av såbäddens ojämnheter, vattenhalt och aggregatstorlek.

2.6 Biomassa

I dagsläget genomförs biomassa och proteinmätningar i försök för att se ledskillnader under växtsäsongen. Detta är en tidskrävande och dyr metod som därför inte går att genomföra många gånger under säsongen. På grund av kostnaden så har intresset ökat för att med hjälp av en handsensor undersöka bestånd under säsongen och då främst för att förutspå proteinhalt och skörd (Pettersson *et al.*, 2006) eller för att ge gödslingsrekommendationer. Den variabel som mäts av sensorn är reflektans från grödan i ett visst våglängdsspektrum. Reflektansen påverkas av klorofyllhalt och biomassa och därför går det att korrelera reflektansen med hjälp av olika index för biomassa eller mängd kväve. Indexen är uppbyggda på lite olika sätt, men gemensamt för samtliga index som används är att de tar hänsyn till de våglängdsspektrum som påverkas av biomassa och kväveinnehåll.

2.7 Temperatur och växtrester

En hög andel organiskt material i ytan skyddar jorden från erosion, ökar markfukten och skapar stabila aggregat (Arvidsson, 1998, Rydberg *et al.*, 1987). Den reducerade bearbetningen leder till en ökad andel organiskt material. Koncentrationen av organiskt material i det bearbetade lagret minskar med ett ökat bearbetningsdjup (Etana *et al.* 1999). Även Comia (1994) fann att utebliven plöjning ökade mängden organiskt material närmast ytan. Halmen har ett högre albedo jämfört med svart jord, d.v.s. halmen reflekterar större mängd av det inkommande solljuset. Resultatet av växtresterna i ytan blir att såbädden värms upp långsammare under våren vilket kan försena etableringen av vårgrödor.

2.8 Skörd

I ett långliggande försök i Mellansverige visar skördenivån i olika bearbetningssystem att skörden för det reducerade systemet har ökat under åren och att den idag är lika eller bättre än för den konventionella plöjningen. Detta tros bero på förbättrad kunskap och teknik (Jordbruksverket, 2008). En god planering inför ett byte från konventionell drift till ett reducerat system är av stor vikt för att för att inte skördeminskningarna ska bli för stora (Etana *et al.*, 2000).

2.8.1 Betydelsen av bearbetningsdjup

En sammanställning av Arvidsson (2010), gällande bearbetningsdjup och hur markens fysikaliska egenskaper och skörd påverkas av detta, visade inte på några skillnader i skörd för den djupa bearbetningen jämfört med plöjda ledet. Djup bearbetning har haft störst effekt på de lättare jordarna vilket kan förklaras av det högre luckringsbehovet (se tabell 2).

Tabell 1. Relativskörd för olika bearbetningsdjup i plöjningsfri odling (Arvidsson, 2004).

Försök nr	517/91	524/91	618/95	141/74	253/74	
Län, plats	Ultuna	Ultuna	Ultuna	Ultuna	Lönnstorp	Medel
Jordart	LL	mmh SL	ML	SL	LL	(ej vägt)
Antal år	12	12	8	32	11	
Plöjning	100	100	100	100	100	100
Kultivator grunt	86	97	104	105	98	98
Kultivator djupt	92	99	100	105	101	99

3 Material och metod

3.1 Försöksplan 2010

Undersökningarna utfördes i fältförsök vid Ultuna, Västerås, Örebro, Vreta kloster, Nybble nära Väderstad i Östergötland och Lönnstorp utanför Malmö. Försöken ingår i sju olika försöksserier som är inriktade på olika bearbetningsmetoder. Alla försöken i samtliga försöksserier har någon form av konventionell bearbetning (plöjning), samt grund och djup bearbetning i plöjningsfri odling. Försöksleden delas in i följande behandlingar; plöjning, djup kultivering, grund kultivering, tallriksredskap och direktsådd (tabell 3). Gröda och förfrukt 2010 presenteras i tabell 4.

Tabell 2. Information om samtliga försöksled som ingår i studien.

Försöksserie	Försök	Platser	Beskrivning
L2-4049	E-124	Nybble	A = plöjning, B = Carrier (5 cm), C = Direktsådd, D = Topdown och E = kultivatorbruk. Försöket har tre block vilket ger totalt 15 rutor. Syftet med försöket är att undersöka olika bearbetningssystem. Försöket startades 2005.
R2-4008	MX-154	Lönnstorp	A = Plöjning, B = Plöjningsfritt, plöjning till betor och C = Plöjningsfritt. Alla led delas upp i 1., Normal-, och 2., Intensiv bearbetning, vilken för de plöjda leden, A, innebär att det intensiva ledet stubbearbetas före plöjning och för de plöjningsfria, B och C, att de bearbetas tre gånger istället för två varav den sista är till 20 cm djup. Försöket är långliggande och startades 1974.
R2-4007	CX-141	Ultuna	A= plöjning varje år, B = Plöjning vissa år, övr. ytlig bearbetning, C = plöjning vissa år, övr. luckring till plogdjup, D = Grund bearbetning, E = Djup bearbetning. Försöket är långliggande och startades 1974.
R2-4140	CX-738 E-137 U-127	Ultuna Vreta kloster Brunnby	1 = Plöjning, 2 = Grund plöjning, 3 = kultivator (10-12 cm), 4 = Djupkultivator (styv pinne, 20 cm), 5 = Carrier (5-7- cm) och 6 = Direktsådd. Försöken har också en bra och en dålig växtföljd. Försöket startades 2006.
R2-4027	CX-517 CX-618	Ultuna Ultuna	A = Plöjning vissa år, B = Kultivator 10 cm, C = Kultivator 15 cm, D = kultivator 20 cm och E = tallriksredskap. Försöket startades 1991
R2-4127	CX-723 CX-724	Ultuna Ultuna	Försöken skiljer sig åt då ett är med bra växtföljd (CX-723) och ett med dålig växtföljd (CX-724). Försöken innehåller fem led, A = Plöjning, B = Top Down 1ggr 10 cm, C = Top Down 2 ggr 10 cm, D = Top Down 1 ggr 20 cm, E = Top Down 2 ggr 20 cm. Startår 2005.
R2-5077	CX-727 U- 52 E- 152	Ultuna Örebro Vreta kloster	Samtliga försök innehåller fyra led, A = Plöjning, B = grund plöjning, C = Djup bearbetning (10 – 15 cm) och D = Grund bearbetning (5-10 cm). Försöken startades 2005.

Tabell 3. Försöksserier, namn, grödor och förfrukt för respektive försök under skördeåret 2010

Serie	Försök	Gröda	Förfrukt
L2-4049	E-124	Vårkorn	Höstvete
R2-4140	CX-738	Vårkorn/Vårraps	Höstvete
R2-4140	E-137	Vårkorn/Vårraps	Höstvete
R2-4140	U-127	Höstvete	Ärter/Vårkorn
R2-4127	CX-723	Vårraps	Vårkorn
R2-4127	CX-724	Vårvete	Vårkorn
R2-4027	CX-517	Vårkorn	Vårraps/Havre
R2-4027	CX-618	Vårkorn	Vårraps/Havre
R2-4008	MX-253	Socketbetor	Höstvete
R2-4007	CX-141	Höstvete	Vårraps
R2-5077	CX-727	Höstvete	Vårkorn
R2-5077	E-152	Höstvete	Vårkorn
R2-5077	T-52	Höstvete	Vårkorn

3.2 Textur

För en del av försöken i tabell 5 fanns det sedan tidigare data över texturen, i övriga försök togs nya jordprover för analys och klassificering av matjordens jordart, kornstorleksfördelning och mullhalt.

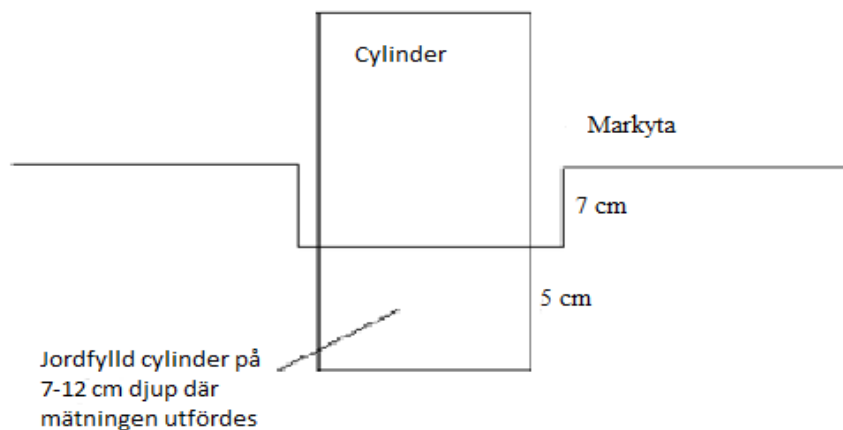
Tabell 4. Kornstorleksfördelning (%) av sand, mo, mjäla och ler samt mullhalt i samtliga försök

Serie	Försök	Fraktion (mm)				Mullh.
		Ler (<0,002)	Mjäla (0,02-0,002)	Mo (0,02-0,2)	Sand (0,2-2)	
L2-4049	E-124	18				2,1
R2-4140	CX-738	18	14	63	0	4,8
R2-4140	E-137	35	41	-	18	4,3
R2-4140	U-127	38				4,3
R2-4127	CX-723	50	31	18	0	4,5
R2-4127	CX-724	50	31	18	0	4,5
R2-4027	CX-517	33	27	34	1	4,8
R2-4027	CX-618	32	27	36	2	2,4
R2-4008	MX-253	15	13	33	37	2,6
R2-4007	CX-141	48	27	18	2	5,2
R2-5077	CX-727	51				4,5
R2-5077	E-152	52				2,9
R2-5077	T-52	43				4,0

3.3 Genomsläpplighet

Genomsläpplighetsmätningar utfördes i plöjda, djupkultiverade och grunt kultiverade led samt led bearbetade med tallriksredskap från den 17 maj till den 25 maj. I varje ruta gjordes tre likadana mätningar. Mätningarna genomfördes genom att en jämn plåtå på 7

cm djup grävdes fram (Figur 3). Därefter drevs stålcylindrar (15 cm i diameter och höjd) ner 5 cm för att mäta genomsläppligheten mellan 7 och 12 cm. Under 15 minuter fylldes cylindrarna på kontinuerligt med vatten, detta för att mäta jorden och uppnå fältkapacitet. Vattnet fylldes på med ett litet kärl för att jorden inte skulle slammas igen. Efter 15 minuter fylldes cylindrarna upp till kanten. Under de efterföljande 5 minuterna (d.v.s. mellan 15 och 20 minuter) mättes den mängden vatten som sjunkit undan i varje cylinder. Genomsläppligheten kan sedan överställas från mm/h till olika klassningar (se tabell 6).



Figur 2. Mätning av genomsläpplighet mellan 7 och 12 cm i markprofilen.

Efter mätningarna i fält så beräknades genomsläppligheten med hjälp av Darcys lag, $Q = K \cdot \frac{\Delta H}{\Delta X}$. Följande ekvation användes för att bestämma gradienten och därmed konduktiviteten.

$$K = Q / ((h_1 + h_2) / 2 + \Delta X) / \Delta X$$

- Där:
- K = Konduktiviteten (mm/h)
 - Q = Vattenflödet (mm/h)
 - h₁ = vattenhöjden från markytan vid mätningens start (mm)
 - h₂ = Vattenhöjden från markytan vid mätningens slut (mm)
 - ΔX = Vattenförande jordskiktets tjocklek

Tabell 5. Klassning av jordens genomsläpplighet, Efter Thomasson 1975.

Genomsläpplighet		Klassning	
cm/min	mm/h		
<0,007	<4,2	Låg eller mycket låg	Svag
0,007-0,02	4,2-12	Medelgod	God
0,02-0,07	12-42	Hög	God
0,07-0,7	42-420	Mycket hög	God
>0,7	>420	Extremt hög	Mycket god

3.4 Penetrationsmotstånd

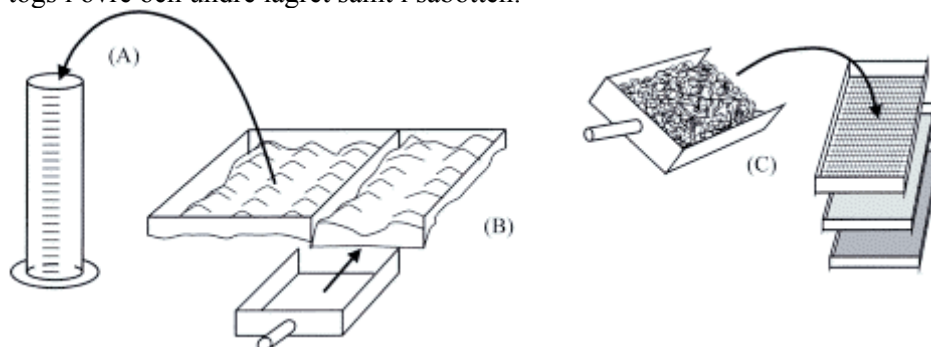
Penetrationsmotståndsmätningar utfördes i samtliga 13 försök från den 14 april till den 6 maj. Provtagningsstidpunkt skiljde sig åt mellan försöken på grund av olika såtidpunkter och gröda, de höstsådda försöken mättes innan vårbruket startade och de vårsådda försöken mättes strax efter sådd. Mätningen utfördes med en Eijkelkamp penetrologer med ett spjut och en kon vars tvärsnittsarea var 1 cm² (se Figur 4). I varje led utfördes 10 stick med en nedtryckningshastighet av 4 cm/s. Mätningarna gjordes ned till 40 cm djup. Vid stark torka eller väta utfördes inga mätningar. För varje provruta beräknades ett medelvärde per cm, därefter plottades motståndet i förhållande till djupet i en graf. Även medelmotståndet för varje skikt beräknades för 5 cm intervaller.



Figur 3. Användning av en penetrologer i R2-4008 i Lönnstorp i Skåne.

3.5 Undersökning av såbädden

Såbäddsundersökning utfördes i alla vårsådda försök inom ett dygn efter sådd. Mätningen skedde i två moment med hjälp av två stålramar som var nedtryckta till bearbetningsdjupet (Figur 4). I första momentet bestäms jämnheten på markyta och såbotten samt bearbetningsdjupet. Jämnheten bestämdes genom att med tumstock mäta nivåskillnaden mellan högsta och lägsta markpunkt. Bearbetningsdjupet mättes genom att all lös jord inom metallramen samlades ihop och placerades i ett plaströr. En skala på röret omvandlade därefter jordens volym till ett bearbetningsdjup. Efter att all lös jord var bortförd så upprepades mätningen av högsta och lägsta punkt, denna gång för att bestämma skillnaden för såbotten. I andra momentet bestämdes fraktionsfördelningen och vattenhalten. All lös jord samlades ihop från den andra ramen. Jorden från denna ram delades upp i två lager, det övre och undre. Varje lager hälldes genom ett såll som delar upp jorden i olika fraktioner, >5 mm, 5-2 mm och <2 mm. Ett vattenhaltsprov togs i övre och undre lagret samt i såbotten.



Figur 4. Instruktionsbild till en såbäddsundersökning. A är det rör som omvandlar mängden lös jord till ett bearbetningsdjup, B är de två ramarna där undersökningarna sker och C är de såll där jordens fraktionsfördelning undersöks (Westlin, 2006).

3.6 Rotutveckling

Rotutvecklingen undersöktes genom att i juni månad togs rotcylindrar från serie R2-4140, försöket på Ultuna. I varje ruta togs fyra cylindrar. Precis som för infiltrationsmätningarna så grävdes en plåt fram där sedan cylindrarna slogs ner för att samla ihop jord och rötter. Rotutvecklingen undersöktes från 10 till 20 cm djup. Cylindrarna tvättades rena med avjonat vatten, och hälldes genom ett filter för att skilja rötter från jord. Rötterna samlades därefter ihop och placerades under en scanner för bestämning av totala rotlängden och rotvolymen per ruta.

3.7 Dragkraftsmätning

En dragkraftsmätning utfördes i L2-4049 i Väderstad den 23 augusti 2010 med hjälp av en kultivatorpinne (figur 6). Mätningen utfördes med hjälp av en traktor och en ombyggd kultivator från Väderstadverken. På kultivatorramen satt det en datorbox mellan traktorn och ramen och en mellan ramen och kultivatorpinnen. Traktorn drog kultivatorn med en jämn hastighet medan datorn registrerade hur mycket kraft som behövs för att dra pinnen genom jorden. Mätningar genomfördes på två olika djup i varje ruta, grund (10 cm) och djup (20 cm), och för varje djup utfördes det två mätningar i varje ruta. Samtidigt som dragkraftsmätningen utfördes så samlades all lös jord in på en sträcka av en halv meter, vilket gav mängden jord som pinnen bearbetade per meter.

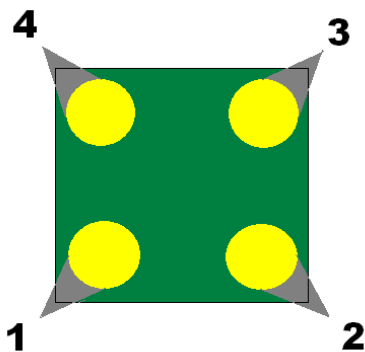
Med hjälp av data från mätningarna kunde sedan dragkraftsbehovet och det specifika dragkraftsbehovet för respektive jord beräknas.



Figur 5. Pinnriggen (swiftpinne även med på bilden)

3.8 Biomassa och beståndsutveckling

Beståndsutvecklingen mättes med en Yara N-sensor identifieringsnummer 1777 och 435, som mäter grödans reflektans vid olika våglängder. Fyra mätningar genomfördes diagonalt in från respektive hörn i varje ruta enligt figur 7. Biomassa klipptes från ett led vid de två första mätningarna och från alla led i den tredje mätningen för att få en kalibrering av sensorn. Biomassan torkades i ugn (50°C) och vägdes därefter. Index som användes var reflektans vid NIR/Green, d.v.s. reflektans i våglängdsområdet nära infrarött dividerat med reflektans i grönt, som kan korreleras till biomassa per ytenhet.



Figur 6. Tillvägagångssätt vid mätning med N-sensor i försöksruta.

3.9 Skörd

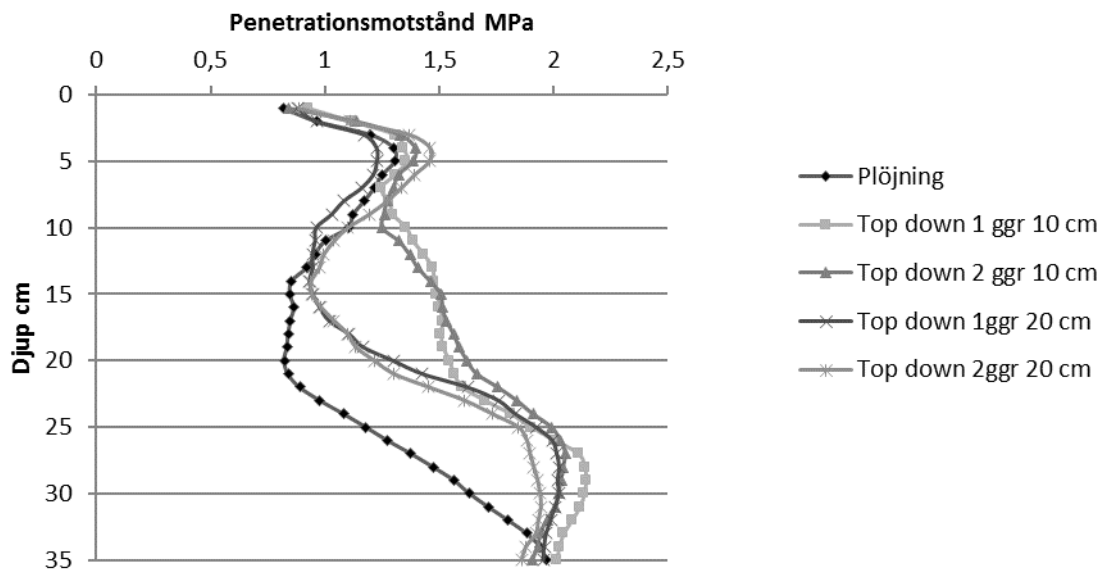
Försöken skördades rutvis, skördarna räknades om till en vattenhalt på 15% för spannmål och 9% för oljevaxter. Skörden utfördes av respektive försöksansvarig och resultaten erhöles via Fälthforsk (www.ffe.slu.se).

4 Resultat

4.1 Penetrationsmotstånd

Generellt för penetrationsmotståndet är att de översta 15 cm av matjorden, strax under bearbetningsdjupet, luckrades mindre vid en grund bearbetning jämfört med plöjning. De plöjda leden luckrade jorden på ett bättre sätt genom hela profilen jämfört med de reducerade bearbetningarna. Det direktsådda ledet hade generellt ett lägre penetrationsmotstånd jämfört med övriga reducerade bearbetningar i skiktet 10-35 cm. Högst motstånd i profilen hade det led som bearbetats grunt med tallriksredskap som t.ex. Carrier. I Tabell 6 visas motståndet för olika skikt samt om det i enskilda försök fanns några signifikanta skillnader mellan olika bearbetningar.

I försöksserie R2- 4127 undersöktes förutom plöjning, djup- och grund kultivering även effekten av antalet överfarter. Det fanns signifikanta skillnader i penetrationsmotstånd för djupen 0-35 cm. Den djupa bearbetningen, D och E, hade ett lägre penetrationsmotstånd än den grunda bearbetningen, B och C, för alla skikt förutom mellan 20-25 och 30-35 cm. Likt den generella bilden så hade det plöjda ledet, A, det lägsta penetrationsmotståndet genom största delen av profilen. Det fanns inga signifikanta skillnader mellan antalet överfarter (se figur 8).

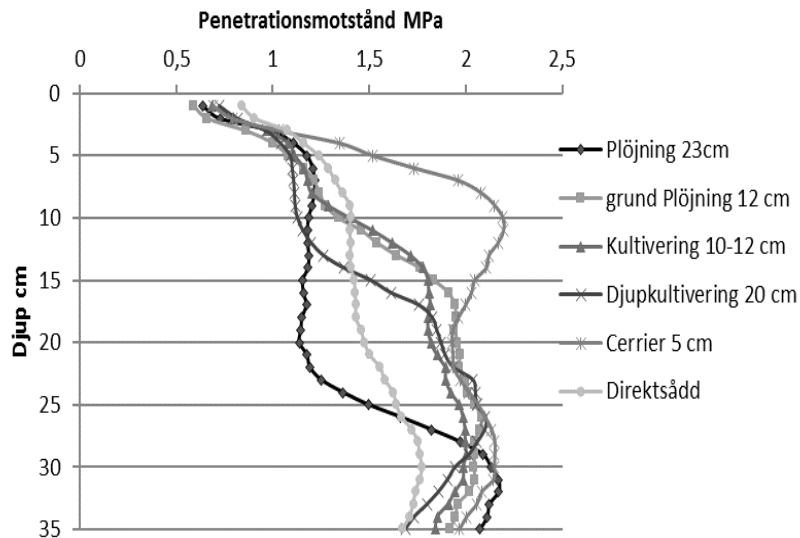


Figur 7. Penetrationsmotstånd för R2-4127 CX-517 på Säby, Ultuna.

Tabell 6. Penetrometermotstånd i MPa för olika bearbetningsmetoder i olika försök i skikten 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20cm, 20-25 cm och 25-30 cm. Värderna inom respektive kolumn och skikt som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda (P<0,05)

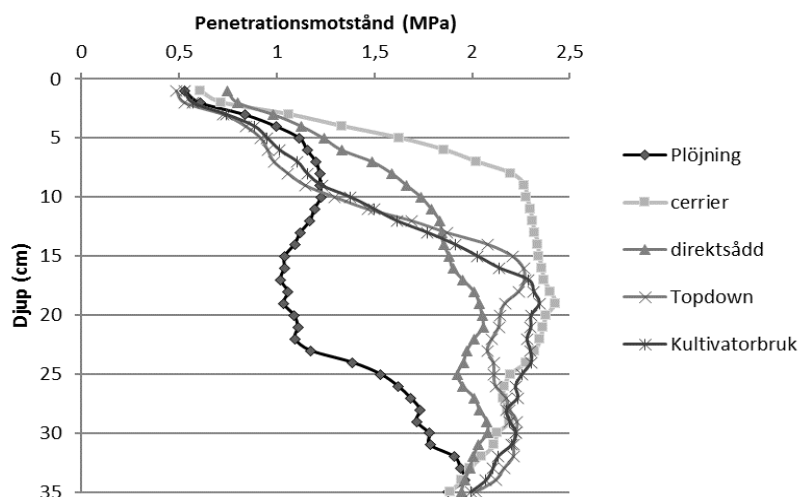
Djup	Bearbetning	L2-4049	R2-4140	R2-4140	R2-4140	R2-4127	R2-4127	R2-4027	R2-4027	R2-4008	R2-4007	R2-5077	R2-5077	R2-5077
		E-124	CX-738	E-137	U-127	CX-724	CX-723	CX-618	CX-517	MX-253	CX-141	CX-727	E-152	T-52
0-5 cm	Plöjning	0,82 bc	0,93 b	0,73	0,75 a	1,19	1,12 b	0,77 a	0,57 a	0,54 a	1,06 a	0,37 a	0,78 ba	0,86 b
	Djup kultivator	0,70 c	0,93 b	0,80	0,53 b	1,06	1,10 ba	0,67 a	0,59 a	0,76 a	0,78 b	0,44 a	0,68 b	1,19 a
	Grund kultivator	0,74 c	0,93 b	0,75	0,65 ba	0,95	1,21 a	0,70 a	0,59 a	0,88 a	0,85 ba	0,44 a	0,87 a	1,36 a
	Grund Tallrik	1,07 a	1,08 a	0,94	0,69 a			0,79 a	0,60 a					
	Direktsådd	0,98 ba	1,04 ba	1,20	0,69 ba									
5-10 cm	Plöjning	1,21 c	1,21 c	1,22	0,64 c	1,26	1,17 a	1,11 cb	0,92 c	0,90 a	0,85 a	0,49 c	0,92 c	1,02 b
	Djup kultivator	1,09 c	1,11 c	0,96	0,73 b	0,99	1,09 a	0,99 c	0,87 c	0,99 a	0,62 b	0,62 b	1,02 b	1,61 a
	Grund kultivator	1,18 c	1,25 bc	0,89	1,03 a	1,11	1,30 b	1,27 b	1,17 b	1,02 a	0,95 a	0,88 a	1,24 a	1,77 a
	Grund Tallrik	2,12 a	2,02 a	1,11	1,03 a			1,73 a	1,47 a					
	Direktsådd	1,56 b	1,36 b	1,33	1,07 a									
10-15 cm	Plöjning	1,12 c	1,18 d	0,99	0,71 c	0,97	0,92 a	1,09 c	0,97 b	0,92 b	0, 2 a	0,58 c	0,89 a	0,91 b
	Djup kultivator	1,86 b	1,30 cd	1,09	1,16 b	0,94	0,95 a	1,30 b	1,08 b	1,47 a	0,58 a	1,00 b	1,22 a	1,67 a
	Grund kultivator	1,77 b	1,69 b	1,00	1,30 a	1,30	1,45 b	1,91 c	1,96 a	1,68 a	1,6 b	1,22 a	1,28 a	1,63 a
	Grund Tallrik	2,32 a	2,13 a	1,26	1,29 a			2,47 a	2,12 a					
	Direktsådd	1,84 b	1,41 c	1,40	1,25 ba									
15-20 cm	Plöjning	1,05 c	1,15 d	0,91	0,78 b	0,83	0,84 a	1,01 d	1,02 c	1,03 b	1,07 a	0,74 b	0,91 b	0,96 b
	Djup kultivator	2,22 ba	1,78 b	1,15	1,31 a	1,13	1,11 a	1,97 c	1,60 b	1,97 a	0,86 a	1,24 a	1,36 a	1,75 a
	Grund kultivator	2,24 a	1,81 b	1,05	1,37 a	1,50	1,52 b	2,29 b	2,04 c	2,05 a	2,07 b	1,31 a	1,38 a	1,71 a
	Grund Tallrik	2,38 a	1,97 a	1,33	1,39 a			2,50 a	2,09 a					
	Direktsådd	1,97 b	1,44 c	1,42	1,37 a									
20-25 cm	Plöjning	1,68 c	1,30 c	1,02	0,98 b	0,99	0,99 b	1,55 b	1,33 b	1,35 b	1,09 a	0,79 b	1,08 b	1,44 b
	Djup kultivator	2,18 ba	1,99 a	1,17	1,50 a	1,54	1,71 a	2,43 a	2,22 a	2,10 a	1,45 a	1,29 a	1,56 a	2,01 a
	Grund kultivator	2,22 a	1,91 a	1,05	1,54 a	1,80	1,71 a	2,47 a	2,14 a	2,14 a	2,15 b	1,31 a	1,57 a	2,07 a
	Grund Tallrik	2,17 a	1,98 a	1,37	1,55 a			2,63 a	2,31 a					
	Direktsådd	2,01 b	1,58 b	1,41	1,52 a									
25-30 cm	Plöjning	1,71 a	1,93 b	1,34	1,38 b	1,55	1,46 b	2,37 a	1,98 b	1,75 a	1,27 b	0,92 b	1,30 b	1,85 b
	Djup kultivator	2,19 b	1,96 ba	1,17	1,69 a	1,96	2,02 a	2,47 a	2,17 ba	1,94 a	1,69 ba	1,49 a	1,64 a	2,07 ba
	Grund kultivator	2,21 b	2,08 ba	1,03	1,73 a	2,06	2,10 a	2,60 a	2,13 b	1,97 a	2,10 a	1,61 a	1,69 a	2,16 a
	Grund Tallrik	2,16 b	2,13 a	1,38	1,83 a			2,63 a	2,37 a					
	Direktsådd	2,03 b	1,74 c	1,39	1,71 a									

I försöket 4140 CX-738 på Säby, Ultuna undersöktes förutom de motstånd som presenteras ovan (Figur 7) även grund plöjning. I försöket fanns det signifikanta skillnader för djupen 0-35 cm. Det plöjda ledet hade ett lägsta motstånd i skiktet 15-25 cm jämfört med alla andra behandlingar vilket tydligt syns i figur 9. Den grunda plöjningen går inte att skilja från den djupa plöjningen ner till 13 cm där den grunda plöjningen får ett högre penetrationsmotstånd och följer de reducerade bearbetningarna. Den djupa och grunda kultivering följer varandra väl förutom i skiktet 10-15 cm där den djupa kultiveringens motstånd är lägre jämfört med den grunda kultiveringens.



Figur 8. Penetrationsmotstånd för R2-4140 CX-738 på Säby, Ultuna.

Mätningarna av penetrationsmotståndet för L2-4049 Nybble, Väderstad visade på signifikanta skillnader för djupen 0-30 cm. Led A, bearbetning djupt med plog, gav ett lägre penetrationsmotstånd än övriga led i hela djupet förutom mellan 0 och 10 cm (figur 10). Precis som för R2-4140 CX-738 som presenteras ovan så hade det led som var bearbetat grunt med tallrik det högsta penetrationsmotståndet.



Figur 9. Penetrationsmotstånd för L2-4049 E-124 Nybble Väderstad.

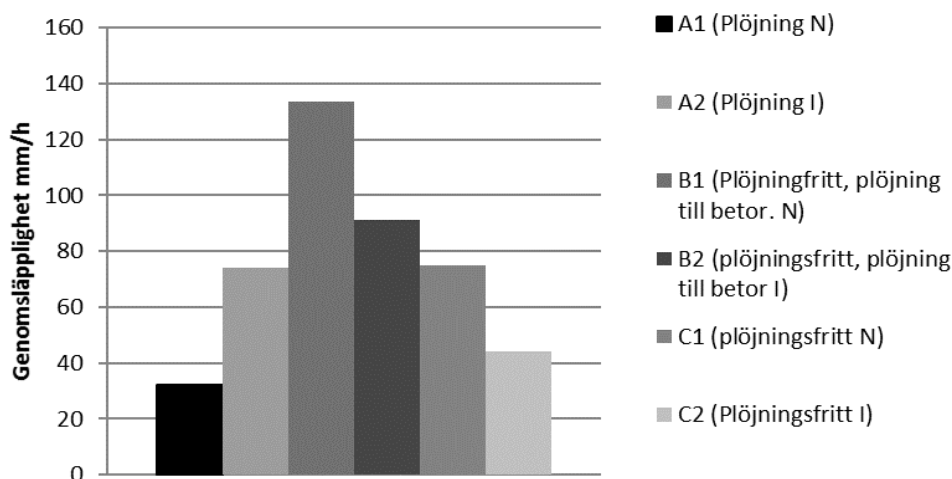
4.2 Genomsläpplighet

Generellt för vattengenomsläppligheten mellan 7 och 12 cm är att de led som var bearbetade grunt med tallriksredskap hade den lägsta genomsläpplighet. De plöjda leden hade den största genomsläppligheten (se Tabell 8).

Tabell 7. Genomsläpplighet (mm/h) för sju olika försök. Värden inom respektive kolumn som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda ($P < 0,05$)

Bearbetning	Försök								Medel (n=7)	Medel (n=3)
	4049 E- 124	4008 MX- 134	4140 CX- 738	4140 E- 138	4027 CX- 517	4027 CX- 618	4127 CX- 723	4127 CX- 724		
Plöjning	42.8 a	32.2 a	317.5 a	45.8a	433.9a	636.7a	29.2a	55,7a	199,2	135.4
Dj.Kult.	23.8 ba	44.3 a	223.8 ba	13.9a	248.5a	479.1a	5.2a	14,9a	131,7	87.2
Gr. Kult.	7.4 bc	74.8 a	156.0 ba	24.3 a	347.0a	213.3a	22.9a	0,5a	105,8	62.5
Gr. Tallrik	4.4 c		45.4 c	27.3a						25.7
Direktsådd	17.3 bac		83.0 bc	59.1a						53.1

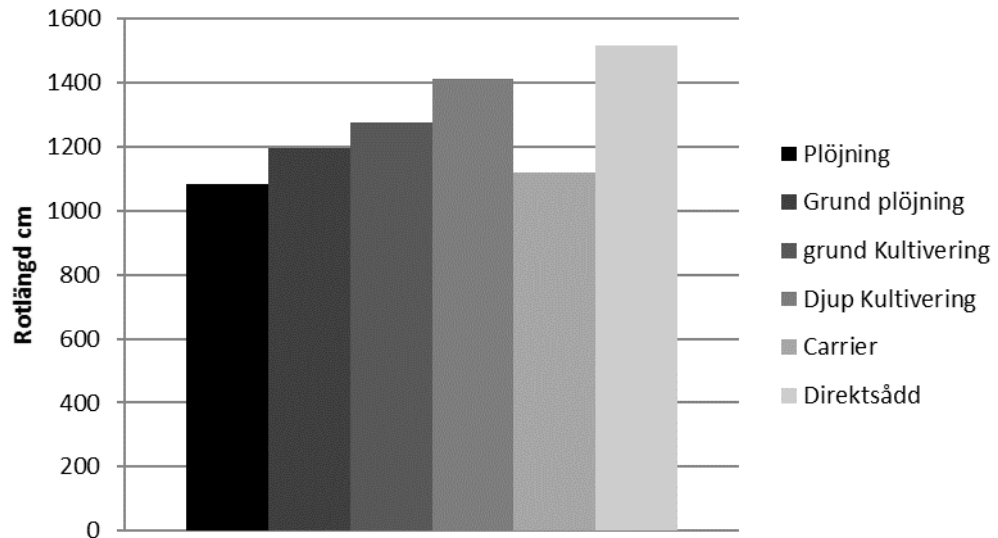
Vid mätningarna på Lönnstorp, R2-4008, undersöktes även återkommande plöjning vart femte år i ett plöjningsfritt system. I detta försök infaller det plöjda året då betor infaller i växtföljden, vilket var fallet 2010. Resultatet visade att det plöjda ledet, A1, hade sämst genomsläpplighet i hela försöket (figur 11). Den grunda bearbetningen som plöjs det år som betor infaller i växtföljden, B1, hade den högsta genomsläppligheten i försöket. Det fanns en tendens till att de grunda kultiveringarna, B1 och C1, hade en bättre genomsläpplighet jämfört med de djupa kultiveringarna, B2 och C2. Av de reducerade bearbetningarna så hade de led som plöjs när betor infaller i växtföljden, B1 och B2, en bättre genomsläpplighet jämfört med de system som aldrig plöjs, C1 och C2.



Figur 10. Infiltration R2-4008 MX-134 på 7-12 cm djup för sex olika bearbetningssystem. Bokstavsbe-teckningen efter bearbetningen betyder Normal eller Intensiv. Intensiv innebär att för det plöjda ledet, A, sker en kultivering före plöjningen och för de reducerade systemen betyder intensiv att stubbearbetningen är djup.

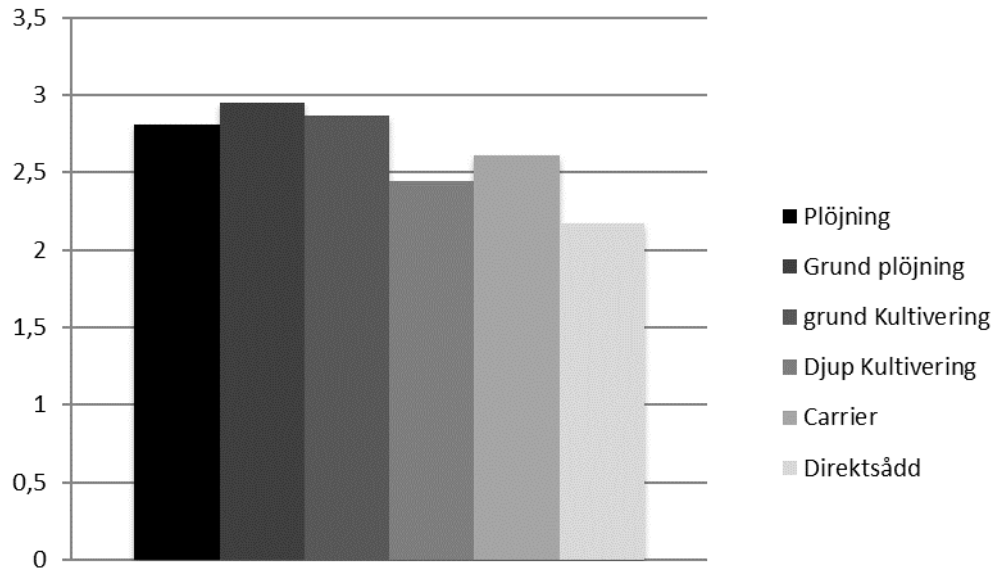
4.3 Rotanalys

Rotanalysen i försök R2-4140 CX-738 visade att det fanns en tendens till skillnader i rotlängd, rot diameter, förgrening och antal rötter mellan de olika bearbetningarna. De reducerade bearbetningarna hade tendens till en längre medelrotlängd än det led som var plöjt djupt, led A (Figur 12).



Figur 11. Totala rotlängden per m³ jord för R2-4140 CX-738 på Ultuna.

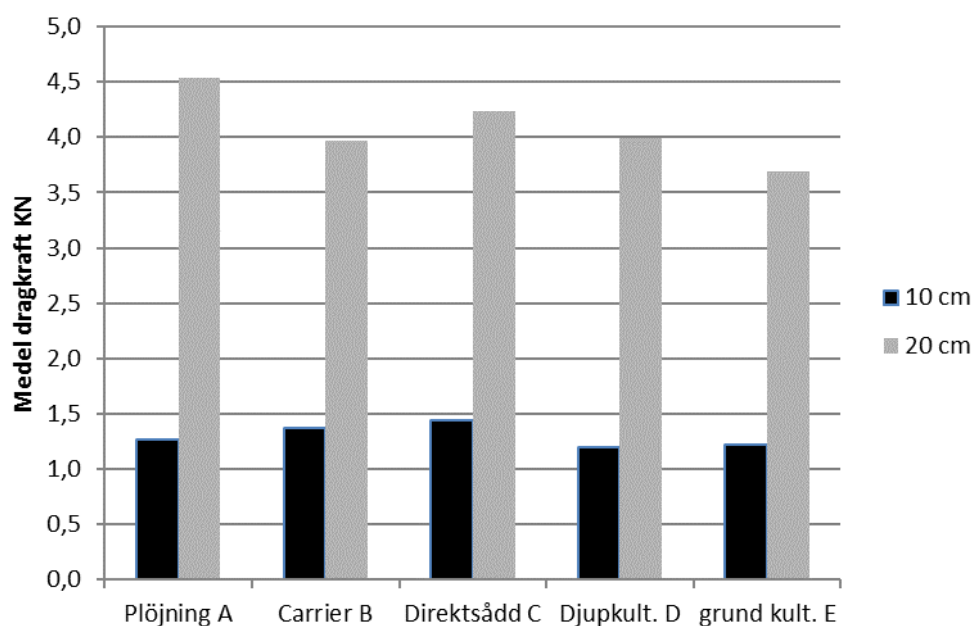
Det fanns även en tendens till skillnader i rot diameter. De två plöjda leden och den grunda bearbetningen hade de tjockaste rot diametererna i hela försöket (figur 13).



Figur 12. Rot diameter i R2-4140 CX-738, Ultuna.

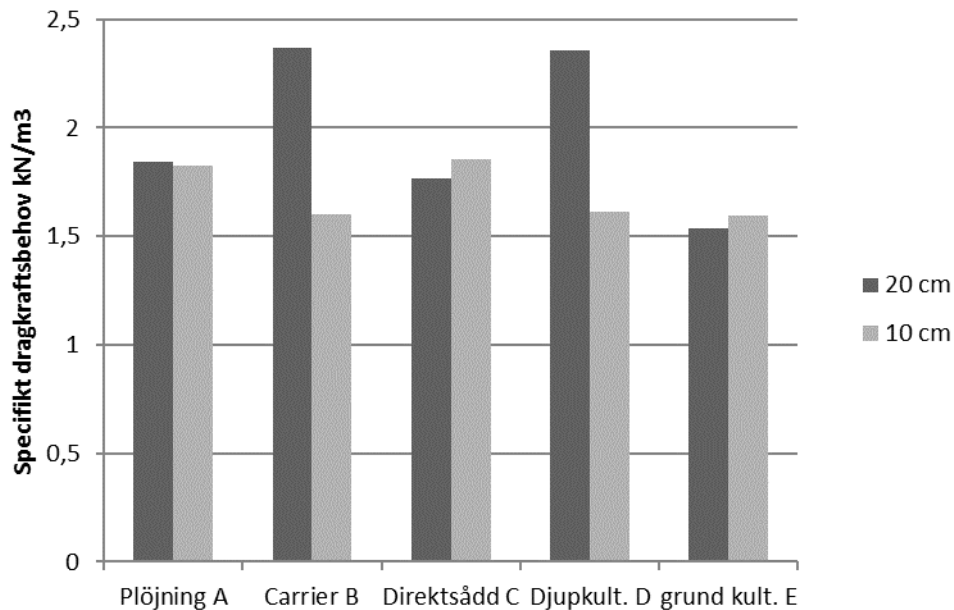
4.4 Dragkraft Väderstad

Resultatet från dragkraftsmätningen visade att dragkraftsbehovet för en Väderstad Cultuspinne ökades kraftigt när kultivatordjupet ökades (figur 14). Vid mätning på 10 cm fanns inga signifikanta skillnader mellan försöksrutor med olika bearbetningsdjup, dock hade det direktsådda ledet högre dragkraftsbehov jämfört med övriga bearbetningar. Vid mätning på 20 cm hade det plöjda systemet det högsta dragkraftsbehovet och bearbetningen med lägst dragkraft var den grunda kultivering som låg en halv kilonewton lägre.



Figur 13. Dragkraftsbehov för en CS pinne med 80 mm spets som är dragen på 10 respektive 20 cm djup genom olika bearbetningssystem.

Det specifika dragkraftsbehovet visade på större skillnader och då speciellt vid kultivering till 20 cm djup (figur 15). Vid 10 cm djup var skillnaderna små och det var främst det direktsådda och plöjda ledet som hade det högsta dragkraftsbehovet. Vid 20 cm djup hade den djupa kultivering samt det led som bearbetas grunt med tallriksredskap det högsta specifika dragkraftsbehovet.



Figur 14. Specifikt dragkraftsbehov i försök L2-4049, Väderstad.

4.5 Såbäddsegenskaper

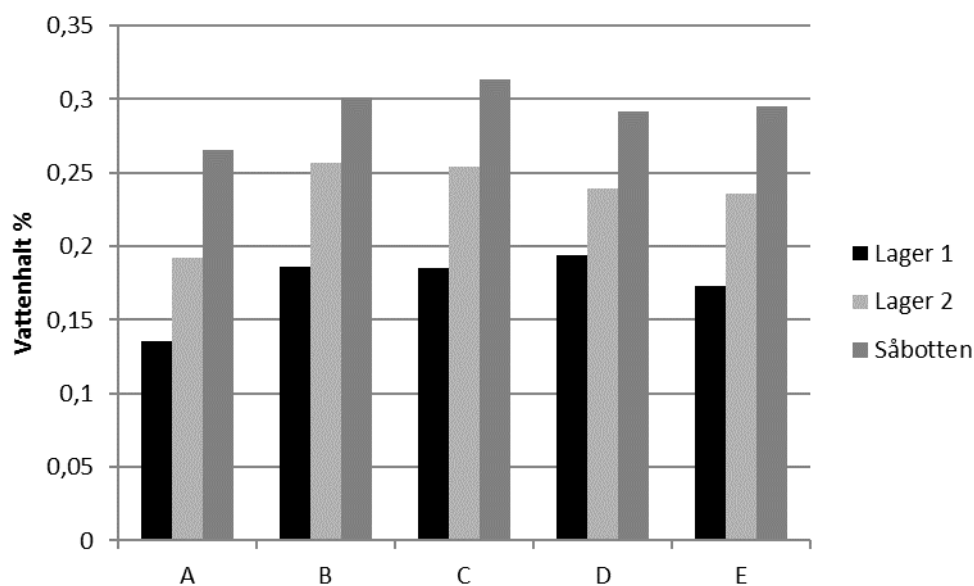
4.5.1 Vattenhalt

Vattenhaltsanalysen i det övre skiktet av såbädden visade att det generellt inte fanns några skillnader mellan reducerad bearbetning och plöjning, det var endast i ett av försöken, R2-4027 CX-517, som det plöjda ledet hade en lägre vattenhalt än övriga bearbetningar (tabell 9). Någon signifikant skillnad mellan olika djup vid kultivering eller användning av tallriksredskap fanns inte i någon av nivåerna av såbädden. I såbotten finns det underlag från ett större antal försök eftersom det tagits fler prov i såbotten. Generellt hade de plöjda leden en lägre vattenhalt än de reducerade bearbetningarna och även i såbotten så visade de direktsådda leden en högre vattenhalt än alla andra bearbetningar. Någon skillnad i vattenhalt i såbotten mellan djup och grund kultivering fanns inte.

Tabell 8. Vattenhalten i olika lager i såbädden från försök gjorda i Skåne, Ultuna, Väderstad och Vreta kloster. Värden inom respektive kolumn och skikt som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda (P<0,05)

	4049	Försök						Medel	Medel	Medel
		4008	4140	4140	4027	4027	4127			
	E-	MX-	CX-	E-	CX-	CX-	CX-			
	124	134	738	138	517	618	724			
Bearbetning										
Övre såbädden										
Plöjning	-	7.5a	8.5 b	-	13.6 b	15.2a	14.7a	11.9	12.4	-
Djup kultivering	-	6.5a	9.4 b	-	19.4 a	14.1a	10.6a	12.0	14.3	-
Grund kultivering	-	6.8a	11.6 b	-	18.6 a	15.6a	12.7a	13.1	15.3	-
Grund Tallrik	-	-	10.0 b	-	17.3 a	15.8a	-	-	14.3	-
Direktsådd	-	-	23.3 a	-	-	-	-	-	-	-
Nedre såbädden										
Plöjning	-	11.7a	12.8 c	-	19.2 c	18.2a	19.3a	16.2	16.7	-
Djup kultivering	-	12.8a	15.3 cb	-	23.9 b	18.6a	15.5a	17.2	19.3	-
Grund kultivering	-	11.5a	18.0 b	-	25.7 a	19.4a	16.1a	18.1	21.0	-
Grund Tallrik	-	-	16.6 b	-	23.6 b	19.1a	-	-	19.7	-
Direktsådd	-	-	25.6 b	-	-	-	-	-	-	-
Såbotten										
Plöjning	16.9 c	18.4a	20.0c	23.7c	26.5 b	23.3a	34.5a	23.3	22.1	20.2
Djup kultivering	20.3 b	19.7a	24.6b	28.0ab	29.1 a	23.3a	32.5a	25.4	25.1	24.3
Grund kultivering	19.8 b	19.3a	25.8ba	26.6cb	30.1 a	25.3a	35.3a	26.0	25.5	24.1
Grund Tallrik	20.1 b	-	24.7b	27.4ab	29.5 a	24.4a	-	-	25.2	24.1
Direktsådd	22.7 a	-	28.5a	30.2a	-	-	-	-	-	27.2

I R2-4027 på Ultuna togs förutom de vattenhalter som presenteras ovan även vattenhalt för kultivering till 15 cm. Det fanns en tydlig skillnad i samtliga tre skikt mellan plöjt och reducerat led, där det plöjda ledet hade en signifikant lägre vattenhalt (P<0,05) genom alla tre skikt (figur 16). I det undre lagret hade den grunda kultiveringen en signifikant högre vattenhalt jämfört med den djupa kultiveringen.



Figur 15. Vattenhalt i såbotten i försök R2-4027 CX-517 på Ultuna. Vattenhalten presenteras som procent av den torra jordvikten. A = plöjning, B = kultivering 10 cm, C = kultivering 15 cm, D = kultivering 20 cm och E = tallriksredskap.

4.5.2 Sådjup

Sådjupet var generellt större för det plöjda ledet jämfört med övriga bearbetningar och någon skillnad mellan olika kultiveringsdjup syntes inte (tabell 10). Det led som bearbetades grunt med tallriksredskap hade generellt ett lägre sådjup än kultiveringen och plöjningen. Eftersom det direktsådda ledet inte bearbetades vid sådd så var ”såbäddsdjupet” markant mindre i dessa led.

Tabell 9. Sådjup för sju försök från Skåne, Ultuna, Vreta kloster och Väderstad. Djupet i cm från markytan till såbotten. Värden inom respektive kolumn som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda ($P < 0,05$)

Bearbetning	Försök								Medel (n=8)	Medel (n=5)
	4049 E-124	4008 MX-134	4140 CX-738	4140 E-137	4027 CX-517	4027 CX-618	4127 CX-723	4127 CX-724		
Plöjning	5,92 b	4,83a	4,58 a	2,88 a	6,63a	5,81a	4,50a	3,92a	4,88	5,16
Djup kultivering	4,08 ab	4,33a	3,79 b	2,75 a	5,81a	4,63a	3,71a	3,50a	4,08	4,21
Grund kultivering	4,83 b	4,75a	3,63 b	2,75 a	5,88a	4,13a	3,33a	3,17a	4,06	4,24
Grund Tallrik	3,50 b		4,17 ba	2,08 c	5,69a	5,19a				4,13
Direktsådd	1,33 a		1,96 c	0,71 b						

4.5.3 Aggregatstorlek

I sju av försöken gjordes en mätning av storleksfördelningen av aggregaten i såbädden. I det övre lagret av såbädden var andelen fina aggregat lägre än för den undre delen av såbotten (se Tabell 10). I alla försök utom R2-4027 CX-618 hade de plöjda leden störst andel fina aggregat i det övre lagret (se tabell 12).

Tabell 10. Andelen aggregat mindre än 5 millimeter i det övre lagret av såbädden angivet i %. Resultatet som visas kommer från de åtta försök där sällning av aggregaten gjorts. Två olika medeltal presenteras, ett för samtliga försök och ett för de försök där grund tallrik finns med i leden. Värden inom respektive kolumn som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda ($P < 0,05$)

	Försök								Medel (n=8)	Medel (n=5)
	4049 E- 24	4008 MX- 134	4140 CX- 738	4140 E- 137	4027 CX- 517	4027 CX- 618	4127 CX- 723	4127 CX- 724		
Bearbetning										
Plöjning	56,8a	73,5 c	65,5 a	73,2 d	38,7a	31,6a	56,2 b	44,3a	55,0	53,1
Djup										
kultivering	39,4a	51,6 b	58,1 a	53,3 c	43,3a	20,3a	41,3 a	30,2a	42,2	42,9
Grund										
kultivering	46,5a	61,9 a	58,9 a	56,2 c	30,8a	26,7a	36,8 a	27,5a	43,1	43,8
Grund Tallrik	40,3a		53,9 a	38,2 b	32,9a	22,4a				37,5
Direktsådd	12,3a		36,9 b	13,2 a						

Tabell 11. Andelen aggregat mindre än 5 millimeter i det undre lagret av såbädden angivet i %. Resultatet som visas kommer från de åtta försök där sällning av aggregaten gjorts. Två olika medeltal presenteras, ett för samtliga försök och ett för de försök där grund tallrik finns med bland leden. Värden inom respektive kolumn som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda ($P < 0,05$)

	Försök								Medel (n=8)	Medel (n=5)
	4049 E- 124	4008 MX- 134	4140 CX- 738	4140 E- 137	4027 CX- 517	4027 CX- 618	4127 CX- 723	4127 CX- 724		
Bearbetning										
Plöjning	73,5a	81,2a	76,1 a	80,2 a	64,3a	53,0a	70,9a	74,3a	71,7	69,4
Djup										
kultivering	60,0a	71,8a	74,0 a	74,5 a	65,8a	59,1a	76,8a	68,3a	68,8	66,7
Grund										
kultivering	60,8a	72,6a	75,5 a	74,6 a	57,6a	56,1a	73,7a	60,8a	66,5	64,9
Grund Tallrik	59,1a		71,5 a	71,1 a	66,2a	56,7a				64,9
Direktsådd	28,5a		56,1 b	27,5 b						

4.6 Temperatur och växtrester

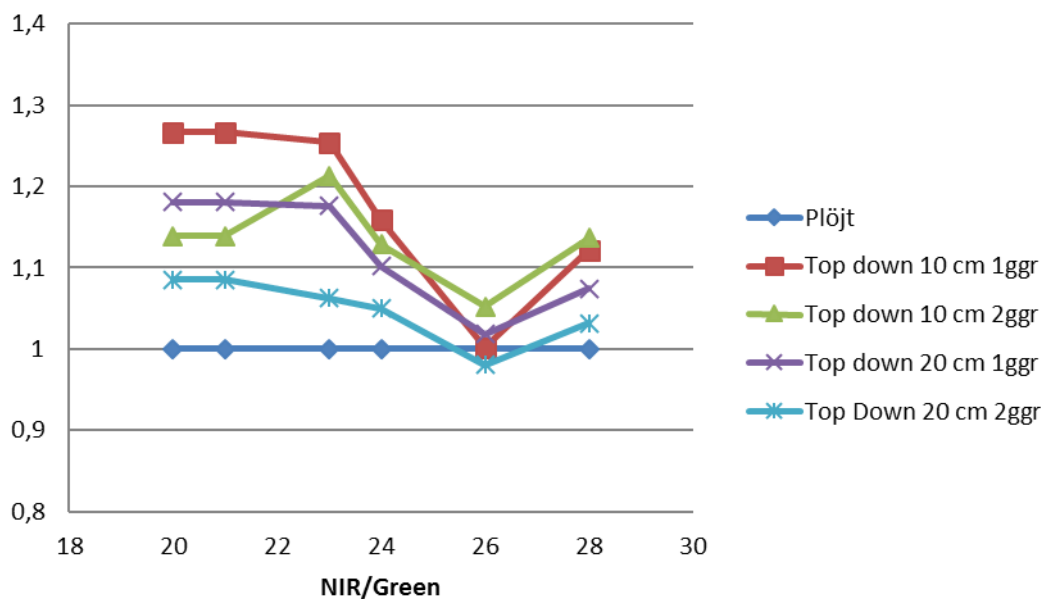
Undersökningen av växtrester på ytan i R2-4140 CX-738 visade att det plöjda ledet hade lägst mängd halm på ytan (tabell 13). Någon skillnad mellan grund kultivering, djup kultivering och grund tallrik fanns inte, dock hade det direktsådda ledet den högsta andelen halm i ytan. Antalet daggrader hade ett omvänt förhållande mot halm-mängden.

Tabell 12. Daggrader och halmmängd för R2-4140 CX-738 på Ultuna

Bearbetning	Daggrader	Halmmängd (%)
Plöjning	316.98	0.4
Grund kultivering	.	11.8
Djup kultivering	310.8	8.5
Grund tallrik	302.64	10.9
Direktsådd	277.62	64.2

4.7 Biomassa och N-sensor

I R2-4127 där det odlades vårvete genomfördes en N-sensormätning som visade att de skillnader i biomassa som syns tidigt på säsongen stämmer överens med skillnaderna mellan leden vid kärnskörd (figur 17). T.ex. så var indexet vid vecka 21 25 % högre för grund bearbetning med Topdown jämfört med plöjning, samma bearbetning låg mer än 10 % över det plöjda ledet i skörd.



Figur 16. Relativtal för biomassa i försöket R2-4127 CX-723, vårvete. Indexet heter NIR/Green och är framtaget med hjälp av en N-sensor som är kalibrerad med klippning av biomassan. Mätningarna är gjorda från vecka 20 fram till kärnskörd vecka 28. Det plöjda ledet =1.

4.8 Planträkning

I medeltal så hade det plöjda ledet flest antal plantor, det fanns dock ett högre plantantal för de reducerade systemen i R2-4140 CX-738, R2-4127 CX-724, R2-4027-517 och R2-5077 CX, samtliga försök placerade på Ultuna (tabell 14). Generellt så var skillnaden mellan olika bearbetningsdjup mycket liten, dock fanns det enskilda försök som visade att en grund bearbetning gav ett signifikant högre plantantal jämfört med en djup kultivering.

Tabell 13. Antal plantor/m² år 2010. Värden inom respektive rad som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda (P<0,05)

	Plöjning	Djup kultivering	Grund kultivering	Grund Tallrik	Direktsådd
L2-4049	199a	237a	209a	199a	211a
R2-4140-CX "Varierad"	122a	135ba	129a	130a	91a
R2-4140-CX "Ensidig"	326a	332a	346a	348a	341a
R2-4140-E	359 a	272 b	368 a	207 bc	161 c
R2-4140-U	657 a	571 b	564 b	611 ab	385 c
R2-4127-724	418a	497a	497a	-	-
R2-4127-723	139a	114a	118a	-	-
R2-4027-618	251a	217a	238a	235a	-
R2-4027-517	294a	312a	320a	288a	-
R2-4008-MX	94a	91a	90a	-	-
R2-5077-CX	187 b	211 a	224 a	-	-
R2-5077-E	369 b	256 a	207 a	-	-
R2-5077-T	382 b	247 a	298 a	-	-
Medel (n =13)	300	271	283		
Medel (n = 6)	335	307	328	303	
Medel (n = 4)	366	328	352	324	245

4.9 Skörd

Den största skillnaden i skörd mellan leden var att direktsådd hade den lägsta medel-skörden och även uppvisade sämst skörd i enskilda försök (tabell 15). Det var endast i R2-4140 CX-738 som det direktsådda ledet gav högre skörd än det plöjda ledet. Någon skillnad mellan medeltalen för djup och grund kultivering finns inte, dock går det att i enskilda försök se att den grunda kultiveringen hade en något högre skörd jämfört med den djupa kultiveringen och då främst i de försök där de reducerade systemen hade en högre skörd än det plöjda ledet.

Tabell 14. Relativ skörd i relativtal från samtliga undersökta försök (plöjning=100). Ett medel av alla försök presenteras i understa raden. Värden inom respektive rad som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda (P<0,05)

Försök	Bearbetning				
	Plöjning	Djup kultivering	Grund kultivering	Grund Tallrik	Direktsådd
L2-4049	100 a	104 a	99 a	92 a	68 b
R2-4140-CX Bra	100a	96a	111a	100a	107ba
R2-4140-CX Dålig	100a	111a	111a	115a	112a
R2-4140-E Dålig	100 a	99 a	97 a	97 a	81 b
R2-4140-U	100a	97a	91a	95a	51a
R2-4127-724	100 a	107 b	112 c	-	-
R2-4127-723	100a	111a	109a	-	-
R2-4027-618	100a	94a	96a	92a	-
R2-4027-517	100a	97a	81a	74a	-
R2-4008-MX	100a	93a	99a	-	-
R2-4007-141	100a	92a	84a	-	-
R2-5077-CX	100 a	103 ba	108 b	-	-
R2-5077-E	100 b	95 a	93 a	-	-
R2-5077-T	100a	69a	84a		
Medel	100	98.1	98.2	.	.
Medel (n=6)	100	99.7	98.0	95.0	.
Medel (n=4)	100	101.4	101.8	99.8	83.8

5 Samband

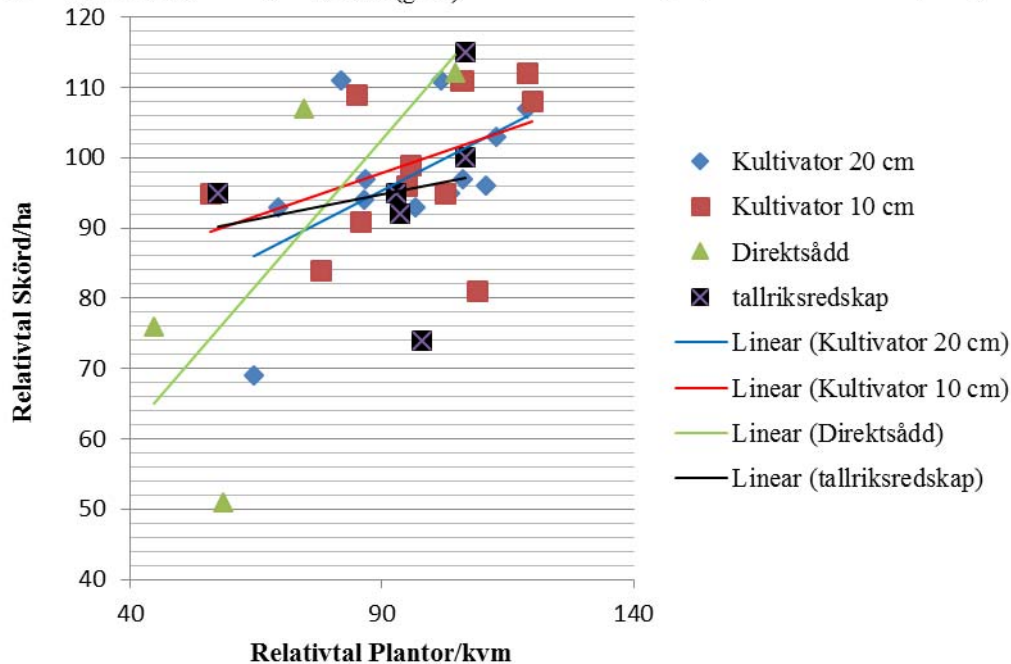
Relativtal, där plöjt led är lika med 100, användes för att studera samband mellan olika parametrar. För sambandet mellan plantantal och skörd så hade det direktsådda ledet högst förklaringsgrad med $R^2 = 0,56$. Kurvorna för samtliga bearbetningar visade att ett högt plantantal gav en hög skörd (se figur 18). För vattengenomsläppligheten så var sambandet det omvända. När genomsläppligheten var hög så blev skörden låg och bäst förklaringsgrad hade den djupa kultiveringens med $R^2 = 0,58$ (se figur 19).

$$y = 0.246x + 75.612 \quad R^2 = 0.1704 \text{ (röd)}$$

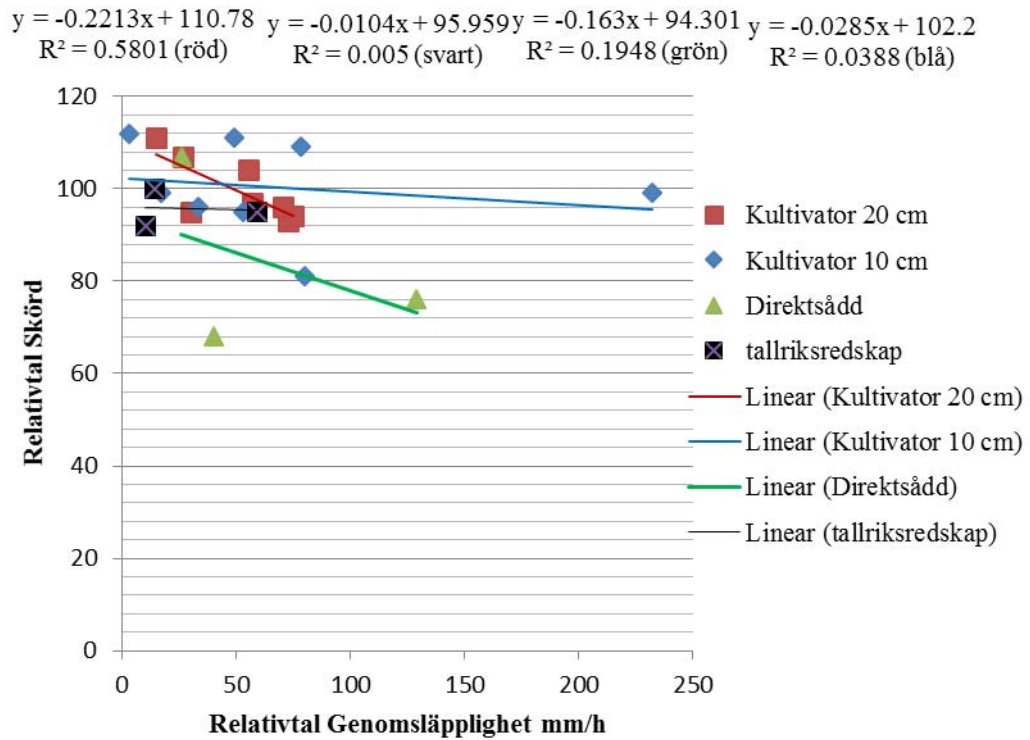
$$y = 0.8313x + 27.764 \quad R^2 = 0.5603 \text{ (grön)}$$

$$y = 0.3666x + 62.336 \quad R^2 = 0.3233 \text{ (blå)}$$

$$y = 0.1441x + 81.824 \quad R^2 = 0.0391 \text{ (svart)}$$

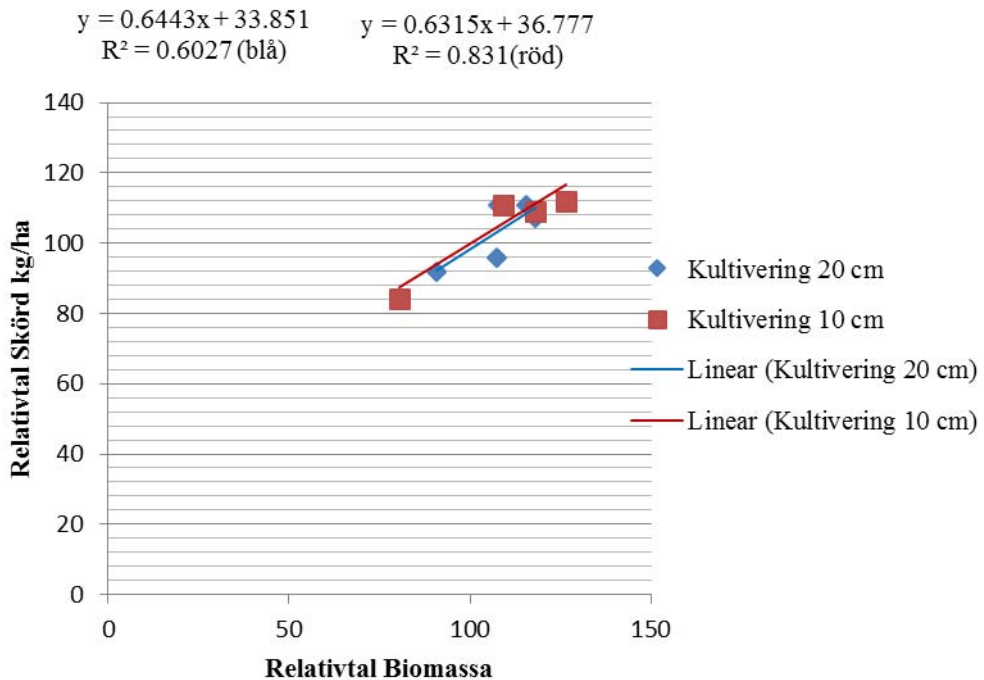


Figur 17. Samband mellan relativ skörd och antal plantor per kvadratmeter efter uppkomst, plöjt led=100.



Figur 18. Samband mellan relativ skörd/ha och vattengenomsläpplighet, plöjt led=100.

Sambandet mellan biomassa och skörd är visade att ett högre index för biomassan efter etableringen tidigt på säsongen ger en högre skörd på hösten.



Figur 19. Samband mellan index för biomassa vecka 21 och skörd vecka 28. Plöjt led=100.

6 Diskussion

6.1 Penetrationsmotstånd

Plöjd jord hade ett lägre penetrationsmotstånd än de reducerade systemen i samtliga 13 försök. Detta beror på att plogen luckrar jorden genom hela profilen. Trafiksulan syntes tydligt i lagret 25-30 cm för de plöjda leden och precis som Arvidsson (2004) visat så försvinner inte trafiksulan vid övergång till ett reducerat system.

Den grunda kultiveringen uppvisade en kraftigare förtätning strax under bearbetningsdjupen jämfört den djupa, vilket stämmer överrens med tidigare studier gjorda av Arvidsson (1998) och Etana et al. (2000). Vid ett minskat bearbetningsdjup, vilket sker vid reducerad bearbetning, ökar således packningsgraden i den nedre delen av matjorden.

6.2 Rotutveckling

Generellt sett fanns det inga skillnader i rotutveckling mellan ett plöjt och reducerat system. Detta motsäger tidigare studier av Comia et al. (1994) och Rydberg (1987) som visade att reducerade system kan påverka rötternas utveckling. De konstaterade att de reducerade systemen kan ge en förtätning som stör rotutvecklingen. Dock har de också visat att ett reducerat system medför en ökad porkontinuitet.

6.3 Genomsläpplighet

Generellt sett hade de plöjda leden en bättre genomsläpplighet än leden som var behandlade grunt med tallrik, vilket överensstämmer med studier gjorda av Riley et al. (1994) och Comia et al. (1994). Detta kan bero på att plogen har en större luckrande effekt i matjorden, till skillnad från grund tallrik som skapar en kompakt zon. Några skillnader i genomsläpplighet mellan olika bearbetningsdjup erhöles inte, till skillnad från studier gjorda av Comia (1994) där genomsläppligheten sjönk vid en grundare bearbetning. Medelgenomsläppligheten i samtliga försök varierade från medelgod till extremt hög. Inom ett försök kunde också enstaka mätningar ligga inom området låg eller mycket låg. Anledningen till den stora variationen i genomsläppligheten kan vara det låga antalet provtagningar i varje ruta. Fler provtagningar skulle således kunna ha minskat variationen och medfört fler signifikanta resultat.

6.4 Såbädd

Vattenhalten var högst i det direktsådda ledet, Detta resultat var förväntat eftersom etablering utan bearbetning skyddar mot avdunstning. Växtrester som lämnas på ytan bibehåller markfukten. Således uppvisade det plöjda ledet den lägsta vattenhalten på grund av att störst mängd jord bearbetas och minst skörderester lämnas på ytan.

Den enda bearbetningen som inte uppfyllde kravet för en god såbädd, som enligt Håkansson (2000) definieras som att mer än 50 % av aggregaten i en såbädd är mindre än 5 mm, var det direktsådda systemet. Detta led hade också lägst andel finjord, vilket främst beror på att jorden inte bearbetas. Finjorden bestämmer i stor grad groningen och etableringen av grödan (Håkansson, 2000). Det förekom inga skillnader i såbäddsegenskaper mellan de olika bearbetningsdjupen samt grund tallrik, vilket tyder på att harven skapade en lagom fin och djup såbädd i dessa bearbetningssystem.

6.5 Skörd

Inom enskilda försök så förekommer signifikanta skillnader mellan plöjda och plöjningsfria system. Det intressanta med dessa försök är att de har en lerhalt från 15 % till 50 %, vilket betyder att det inte är lerhalten som varit avgörande för skörden i de reducerade systemen. Mellan djup och grund kultivering förekom det endast signifikanta skillnader i ett försök, R2-4127 CX-724.

Skörden för bearbetning grunt med tallrik låg något lägre jämfört med de kultiverade leden och ca 5 % under det plöjda ledet vilket är anmärkningsvärt med tanke på de försämrade markfysikaliska egenskaper som finns i dessa bearbetningar. I L2-4049 Nybble, var matjorden kompakt och det ställde sig vatten i de led som bearbetats grunt med tallrik, grödan gulnade och såg plågad ut under en längre tid och trots detta gav detta system 92% skörd jämfört med det plöjda systemet.

De direktsådda försöken hade generellt sett en lägre skörd, medelskörden låg på 83,8 % av det plöjda ledet och i ett enskilt försök så lågt som 51 % av det plöjda ledet. Detta beror troligen på den sämre etableringen. Vädret vid sådd var ofta regnigt och direktsådd fungerar bättre vid torra förhållanden då fokus ligger på att förhindra avdunstning. Den höga halmmängden och den låga andelen finjord sänkte troligtvis också groningenprocenten. För övrigt så hade det direktsådda ledet en god genomsläpplighet, bra med fukt i såbotten och bra strukturuppbyggnad på grund av att jorden inte störs.

7 Slutsatser

Mätningarna i försöken har visat att en grund bearbetning i plöjningsfri odling medförde en mer kompakt matjord strax under bearbetningsdjupet, på 10-15 cm djup. Den kraftigaste trafikulan och därmed det högsta motståndet i matjorden uppstod vid användning av tallriksredskap. Penetrationsmotståndet var lägst för de led där jorden bearbetades djupt med plog. Skillnaderna mellan olika bearbetningsdjup i såbäddsegenskaper, vattenhalt och etablering var generellt små. Däremot hade de plöjda systemen en högre andel finjord jämfört med de reducerade systemen vilket kan förbättra etableringen. De plöjda systemen hade dock en lägre vattenhalt vilket har motsatt effekt och kan försämra etableringen. En grund bearbetning i de reducerade systemen gav en lika hög eller högre skörd jämfört med en djup bearbetning. Det fanns var små skillnader i skörd mellan ett plöjt och ett kultiverat system, dock hade det direktsådda ledet i genomsnitt 16 % lägre skörd och led bearbetade med tallriksredskap 5 % lägre skörd jämfört med ett plöjt system. Det visade sig att direktsådd är i behov av en hög andel finjord för att en god etablering ska kunna säkerställas.

De samband som studerades mellan olika parametrar och skörd visade på att det finns ett samband mellan plantantal vid full uppkomst och skörd samt mellan biomassa tidigt på säsongen och skörd.

8 Referenser

- Arvidsson, J. 1998. Effects of cultivation depth in reduced tillage on soil physical properties, crop yield and plant pathogens. *European Journal of Agronomy*. 9(2/3), 79-85.
- Arvidsson, J. 2004. Plöjningsfri odling – luckringsbehov, bearbetningstidpunkt, växtpatologiska effekter och dragkraftsbehov. Stencil: Institutionen för markvetenskap. SLU. Ultuna.
- Arvidsson, J. 2010. Bearbetningsdjup vid plöjningsfri odling. *Rapporter från jordbearbetningen*. 116, 14-15.
- Arvidsson, J., Keller, T. & Gustafsson, K. 2004. Specific draught for mouldboard plough, chisel plough and disc harrow at different water contents. *Soil & Tillage Research*. 79(2), 221-231.
- Arvidsson, J., Trautner, A. & Sjöberg, E. 2001. Alvpäckning av tunga betupptagare. Slutrapport från försök. 1995-2000. *Rapporter från jordbearbetningen*, 102.
- Atwell, B.J. 1993. Response of roots to mechanical impedance. *Environmental and Experimental Botany*. 33(1), 27-40.
- Bengough, A.G. & Mullins, C. E. 1990. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. *Journal of soil science*. 41, 341-358.
- Bennie, A.T.P. 1991. Growth and mechanical impedance. In *Plant roots the hidden half*. 2nd ed. New York. Marcel Dekker. pp. 453-470
- Berglund, K. & Bjurén, A. Odlingsystemets effekt på markstrukturen. Rapport 15. Hysroteknik. SLU.
- Comia, R.A., Håkansson, I., Nelson, P., Rydberg, T. & Stenberg, M. 1994. Soil and crop responses to different tillage systems. *Soil Tillage Res.*
- Danfors, B. 1988. Bränsleförbrukning och avverkning vid olika system för jordbearbetning och sådd. *Jordbrukstekniska institutet. Meddelande nr 420*. Uppsala.
- Dexter, A.R. 1988. Advances in Characterization of Soil Structure. *Soil & Tillage Research*. 11, 199-238.
- Dexter, A.R. 2004. Soil physical quality - Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma* 120(3-4), 201-214.
- Eriksson, J., Nilsson, I. och Simonsson, M. 2005. *Wiklanders marklära*. Studentlitteratur. Lund.

Etana, A., Hakansson, I., Zagal, E. & Bucas, S. 1999. Effects of tillage depth on organic carbon content and physical properties in five Swedish soils. *Soil & Tillage Research*. 52(3-4), 129-139.

Etana, A., Hakansson, I. och Rydberg, T. 2000. Studies of soil physical properties in long-term experiments with reduced tillage. *Rapporter från jordbearbetningsavdelningen*. 97.

Håkansson, I. 2000. Packning av åkermark vid maskindrift. *Rapporter från jordbearbetningsavdelningen*. nr 99. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.

Håkansson, I., Myrbeck, Å. & Etana, A. 2002. A review of research on seedbed preparation for small grains in Sweden. *Soil Tillage Res.* 64, 23-40.

Håkansson, I. & Von Polgar, J. 1976 Modeller med såbäddens funktion. Såbädden som skydd mot avdunstning. *Rapporter från jordbearbetningsavdelningen*, 42 .

Jordbruksverket. 2008. Vad är reducerad jordbearbetning? *Jordbruksinformation* nr. 28.

Koch, H.J., Dieckmann, J., Buchse, A. and Marlander, B. 2009. Yield decrease in sugar beet caused by reduced tillage and direct drilling. *European Journal of Agronomy*. 30(2), 101-109.

Kritz, G. 1983. Såbäddar för vårstråsäd. Sveriges lantbruksuniversitet. *Rapporter från jordbearbetningsavdelningen*. Uppsala. Nr 14.

Pettersson, C. G., Soderstrom, M. & Eckersten, H. 2006. Canopy reflectance, thermal stress, and apparent soil electrical conductivity as prediction of within-field variability in grain yield and grain protein of malting barley. *Precision agriculture*. 7, 343-359

Rasmussen, K. J. 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil & Tillage Research*. 53(1), 3-14.

Riley, H., Børresen, T., Ekeberg, E. & Rydberg, T. 1994. Trends in reduced tillage research and practice in Scandinavia. I: Carter, M. R. *Conservation tillage in temperate agroecosystems*. Lewis publishers, Boca Raton. Florida, USA. pp. 23-45.

Russell, R.S. & Goss, M.J. 1974. Physical aspects of soil fertility the response of roots to mechanical impedance. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 22(4), 305-318.

Rydberg, T. 1990. Effects of ploughless tillage and straw incorporation on evaporation. *Soil & Tillage Research*. 17(3-4), 304-314.

Rydberg, T. 1992. Ploughless tillage in Sweden. Results and experiences from 15 years of field trials. *Soil & Tillage Research*. 22, 253-264.

Rydberg, T. 2010. Olika bearbetningssystem-luckringsbehov. Rapporter från jordbearbetningen. 116, 5.

Rydberg, T. & Öckerman, T. 1987. Plöjningsfri odling – Dess inverkan på rotutveckling och evaporation.

9. Populärvetenskaplig sammanfattning

Reducerad jordbearbetning är alltid aktuellt i det svenska jordbruket, framförallt för att minska kostnader och spara tid. Ofta menas med reducerad bearbetning plöjningsfri odling, d.v.s. bearbetning med icke vändande redskap i första hand tallriksredskap eller kultivator. Hur ska man då bearbeta i ett plöjningsfritt system? Hur påverkar t.ex. bearbetningsdjup markens egenskaper och i slutändan skörden? Dessa frågor studerades i ett studentarbete.

Markegenskaper och grödans etablering och tillväxt studerades i ett stort antal fältförsök placerade i Skåne, Väderstad, Uppsala, Örebro och Västerås. I försöken odlades vårraps, vårvete, höstvetete och vårkorn för att på så vis få en spridning av plats, jordart och gröda. I försöken ingick olika behandlingar, främst plöjning, djup kultivering och grund kultivering. I vissa försök fanns även behandlingarna tallriksredskap, direktsådd och grund plöjning. Under våren gjordes mätningar av aggregatstorlek i såbädden, bearbetningsdjup, vattenhalt, markens genomsläpplighet för vatten, penetrationsmotstånd (markens hårdhet på olika djup) och plantantal. Senare under växtsäsongen genomfördes också mätningar av rotutveckling och dragkraftbehov, och till slut skörd.

Det fanns inga skillnader mellan grund och djup bearbetning i såbäddsegenskaper, plantantal och rotutveckling. Penetrationsmotståndet och genomsläppligheten i matjorden visade på att en grundare bearbetning medför en förtätning med en lägre genomsläpplighet i den övre delen av matjorden. Mellan plöjda och reducerade system var skillnaderna större. Vid plöjning luckras matjorden bättre och därmed ökar genomsläppligheten. Med avseende på såbäddsegenskaper gav det plöjda systemet en högre andel finjord (mindre kokor) och en lägre vattenhalt.

När det gäller skörd gav en grund kultivering lika hög eller högre skörd jämfört med en djup kultivering, och 2 % lägre än för plöjning. Bearbetning med tallriksredskap och direktsådd gav en skördeminskning på 5 respektive 16 %.

Försöken pekar på att ökning av bearbetningsdjupet med kultivator i regel inte höjer skörden, medan grund bearbetning med tallriksredskap kan försämra markens egenskaper och sänka skörden. Den lägre skörden för direktsådd kan främst kopplas till en sämre etablering. Det kan därför vara svårt att klara sig helt utan bearbetning. Men man ska generellt inte tro att en djupare bearbetning leder till högre skörd!