



# Conservation agriculture

Louice Lejon

Handledare: Johan Arvidsson, avdelningen för jordbearbetning och hydroteknik

---

**SLU**  
**Institutionen för mark & miljö**  
**Seminariearbete i kursen Marken i odlingen**

---

**Uppsala 2013**

## **Abstract**

Conservation agriculture is a farming system developed to give as little disturbance as possible to the soil. It was first developed in North America to manage the erosion problems of the Great Plains, and today it is used on more than 127 million hectares worldwide, with the biggest part in North and South America. The main regime in conservation agriculture is reduced tillage which conserves water and decreases the risk for erosion to occur which will give increased yields in arid climates and areas with erosion problems. In humid climates it will instead give problems with doing field operations and establishing and overwintering crops. The lack of tillage does also make the system very dependent of pesticides, which is associated with several environmental risks.

## **Innehåll**

Conservation agriculture .....	1
Abstract .....	2
Introduktion .....	4
Litteraturgenomgång .....	4
Definitioner .....	4
Conservation agriculture i världen idag .....	4
Påverkan på markens fysikaliska egenskaper .....	5
Erosion.....	6
Ogräsreglering .....	7
Effekter på grödan.....	8
Ekonomi.....	9
Diskussion.....	9
Slutsatser .....	10
Tackord.....	10
Referenser .....	10
Litteratur .....	10
Personliga meddelanden.....	12

## Introduktion

Conservation agriculture, som på svenska fritt kan översättas till markvårdande jordbruk, är en odlingsform som syftar till att ge hög och jämn avkastning, god ekonomi och minimal miljöpåverkan (FAO, 2012a). Tekniken utvecklades under början av 1900-talet som en reaktion mot erosion och degradering av jordbruksmark (Friedrich & Kienzele, 2007). Ett av de första exemplen är den amerikanska prärien som under 1930-talet, som även kommit att kallas "the dirty thirties", drabbades av vinderosion. En kraftig befolkningsökning kring sekelskiftet 1900 ledde till uppodling av tidigare orörda gräsmarker, och efter en svår torka följt av starka vindar började jorden erodera. Följden blev en ekonomisk kris för lantbrukarna i området, och den amerikanska regeringen började efter detta ge bidrag till lantbrukare som vidtog olika odlingsåtgärder, bland annat reducerad bearbetning, för att scenariot inte skulle upprepas (Campbell, 2008).

Conservation agriculture bygger på tre grundprinciper: att hålla marken konstant bevuxen, reducerad bearbetning och att ha en varierad växtföljd. Alla tre åtgärderna syftar till att skapa ett odlingssystem där marken är så opåverkad som möjligt (FAO, 2012a). I följande litteraturgenomgång kommer en kort översikt av utbredningen av conservation agriculture, samt dess effekter på mark, gröda, miljö och ekonomi, att göras.

## Litteraturgenomgång

### Definitioner

Det finns flera olika bearbetningsformer knutna till conservation agriculture. Gemensamt för dem är att de syftar till att minska påverkan på marken och risken för erosion (Minnesota Department of Agriculture, 2013). Nedan listas de viktigaste formerna.

- No-tillage: System med direktsådd, det vill säga ingen bearbetning utförs (Minnesota Department of Agriculture, 2013).
- Strip-tillage: Bearbetning görs endast i raderna där sådden ska göras (Minnesota Department of Agriculture, 2013).
- Reduced tillage: Bearbetningssystem utan eller med reducerad bearbetning där minst 30% av växtresterna lämnas kvar på markytan (Minnesota Department of Agriculture, 2013).
- Conservation agriculture: System där reducerad bearbetning och god växtföljd kombineras för att få ett system som stör marken så lite som möjligt. Stor vikt läggs vid att växtrester från föregående år bevaras på markytan (FAO, 2012a).

### Conservation agriculture i världen idag

Att göra en trovärdig översikt över dagens användning av conservation agriculture är svårt. Metoderna att ta fram statistik över den brukade arealen varierar från land till land, och det finns heller ingen oberoende organisation som tar fram statistik från hela världen. FAO har tagit fram underlag för dagens användning vilken bygger på uppgifter från olika jordbruksorganisationer, personer speciellt insatta i ämnet och i vissa fall även försäljning av redskap anpassade för direktsådd (men som även kan användas till konventionell bearbetning). Resultaten som redovisas nedan är därför endast riktmärken för hur dagens användning ser ut (Derpsch & Friedrich, 2008).

Conservation agriculture har de senaste åren haft en stadig ökning världen över. 2010 uppskattades den totala arealen vara strax under 128 miljoner hektar varav största delen fanns i Syd- och Nordamerika (FAO, 2012b). Dessa två världsdelar står för ca 85 % av världens totala areal och de ledande länderna, sett till antalet hektar, är USA, Brasilien och Argentina

med ca 27, 26 respektive 20 miljoner hektar. Anledningen till detta är de relativt stora problem som finns med erosion i dessa världsdelar, men också att användningen av genmodifierade, GM, grödor, till skillnad från i Europa, är accepterade av allmänheten och är ett naturligt val i odlingen. Användningen av GM grödor gör det lättare att använda bekämpningsmedel vilket förenklar användningen av ett reducerat bearbetningssystem. Att odlingen i Sydamerika är störst i Brasilien och Argentina beror även på att maskinföretag i dessa länder tidigt tog upp trenden med reducerad bearbetning, vilket gjort att nödvändig utrustning har varit lätt att få tillgång till. Det land där störst ökning har skett de senaste åren är dock Uruguay som mellan säsongerna 2000/2001 och 2006/2007 gick från 119 000 hektar till 672 000 hektar (Derpsch & Friedrich, 2008).

I Oceanien har både Australien och Nya Zeeland betydande arealer som brukas under conservation agriculture, 12 miljoner respektive 160 000 hektar. I Australien är användandet störst i de västra, torra, regionerna och vattenanvändandet är tillsammans med sparad tid och sparade pengar de största anledningarna till användandet (Derpsch & Friedrich, 2008).

I Asien och Afrika är användandet av conservation agriculture svårt att estimeras. Detta beror till stor del på den höga andelen små familj jordbruk med endast ett fåtal hektar som brukas. I Asien kan dock en stor ökning ses i främst Kina och Kazakstan. Kazakstan är ett av de länder i världen som har haft störst ökning av sin areal under de senaste åren. Mellan 2007 och 2008 rapporterades en arealökning från 600 000 hektar till 1,3 miljoner hektar. I Afrika går utvecklingen långsammare (Derpsch & Friedrich, 2008), bland annat på grund av den låga andel organiskt material som lämnas på markytan. Produktionen av organiskt material är här ofta låg samtidigt som nedbrytningshastigheten är snabb. Dessutom har växtresterna även andra användningsområden vilket gör att de ofta förs bort från fälten (Pers. medd. Johan Arvidsson). En ökning av conservation agriculture sker dock, och då främst i de södra och östra delarna av kontinenten (Derpsch & Friedrich, 2008).

I Europa går utvecklingen inom conservation agriculture långsamt. Spanien har klart högst användning med 650 000 hektar, samt ytterligare 893 000 hektar trädodlingar som sköts under samma principer. Andra länder med relativt stora arealer under conservation agriculture är Frankrike och Finland med 200 000 hektar vardera (Derpsch & Friedrich, 2008). Även Schweiz har haft en ökning av användandet, på grund av problem med erosion i bergstrakterna, men den totala arealen är fortfarande liten med endast 17 000 hektar (Swiss no-till, 2013).

### **Påverkan på markens fysikaliska egenskaper**

Markens egenskaper påverkas kraftigt av conservation agriculture, vilket främst beror på den reducerade bearbetningen. En av jordbearbetningens viktigaste effekter är luckring av matjorden (Håkansson, 1994). Vissa jordar går att odla utan denna luckring medan andra är mindre lämpade för det, och en av de mest avgörande faktorerna för detta är textur. Sandjordar har få mellanrum mellan partiklarna som är tillräckligt stora för rötter att penetrera, och de ger därför ett högt mekaniskt motstånd (Heinonen, 1979). Rotsystem på dessa jordar begränsas ofta av bearbetningsdjupet, och utan jordbearbetningens årliga luckring kan rotsystemet komma att hämmas kraftigt. Jordar med inblandning av ler har större förmåga att klara sig utan årlig luckring. På grund av lerens aggregatbildning bildas fler stora porer stora nog för rötter att penetrera vilket resulterar i lägre mekaniskt motstånd, och rotutvecklingen är inte beroende av bearbetningsdjupet. Lerjordar är även självluckrande genom sin egenskap att krympa och svälla vid omväxlande torra och blöta (Heinonen, 1979; Willcocks, 1984).

Reducerad bearbetning ger kompaktion av det översta lagret, 0-10 cm, av matjorden (Tebrügge & Düring, 1999). Denna kompaktion kan komma att minska, men detta tar lång tid, ett tiotal år eller mer, och det är inte heller alltid som det sker (Rasmussen, 1993). Kompaktionen ger marken mindre andel makroporer och större andel mikroporer (Rasmussen, 1993; Tebrügge & Düring, 1999) och det är fördelningen av de olika porstorlekarna som avgör hur lätt en jord dräneras. Ju mindre porerna är desto större blir friktionen när vattnet ska förflyttas, så ökad andel mikroporer leder till minskad hydraulisk konduktivitet och ökad vattenhållande förmåga (Rasmussen, 1993). Kompaktionen ger även ökad aggregatstabilitet vilket i sin tur leder till ökad bärförmåga. En god bärförmåga är positivt då det minskar risken för packskador vid körning. Bärförmågan korrelerar dock negativt med vattenhalten, och eftersom vattenhalten ökar vid reducerad bearbetning kan bärförmågan istället komma att minska. Bärförmågan i system där conservation agriculture tillämpas kan därför bli ett problem i tempererade, humida klimat som till exempel i norra Europa. Problemen blir störst under blöta år samt vid odling av grödor som skördas sent under säsongen när vattenförråden har börjat fyllas på (Koch *et al.*, 2008).

Trots kompaktionen av marken i system med reducerad bearbetning kan infiltrationen ändå komma att öka. Minskad bearbetning ger ökad andel maskar, och dessa hjälper till att bygga upp ett vertikalt makroporsystem i marken (Tebrügge & Düring, 1999). Den reducerade bearbetningen tillsammans med konstant bevuxen mark leder även till en ackumulation av organiskt material på markytan. Det organiska materialet, tillsammans med den ökade biologiska aktivitet som detta ger, bidrar till en ökad aggregatbildning och aggregatstabilisering i ytskiktet. Detta minskar risken för slamning och ökar därmed infiltrationen (Rasmussen, 1993).

### **Erosion**

I världen sker årligen en förlust av 2,5 Gt jord genom erosion (Tebrügge, 2001). Risken för erosion påverkas av många parametrar såsom jordart och infiltrationshastighet, klimat och vindförhållanden och topografi (Nationalencyklopedin, 2013). Stora problem med erosion upplevs bland annat på stora slätter såsom i Mongoliet (Hoffman *et al.*, 2011) eller prärien i USA (Campbell & Campbell, 2008) och i länder med varierande topografi såsom Schweiz (Swiss no-till, 2013). Även i länder som Sverige kan problem förekomma på lokal nivå, och då främst i de södra delarna av landet på sandjordar (Åvall, 1986).

Vattenerosion kan delas in i tre olika typer, yt-, rännils- och groperosion. Vid yt- och rännilserosion är infiltrationshastigheten lägre än regnets intensitet och vattnet börjar förflytta sig horisontellt över markytan, lösgör markpartiklar och för dessa med sig. Rör sig vattnet över hela markytan sker yterosion medan rännilserosion sker när vattnet koncentreras till vissa delar av markytan och bildar rännor i marken. Groperosion sker när vatten med stor hastighet rör sig neråt i markprofilen (Tjell, 1995). Yt- och rännilserosion är vanligast i sluttningar, på kohesionsjordar och på jordar med stor andel mo och mjåla vilka har lätt att bilda skorpa vilken minskar infiltrationshastigheten (Heinonen, 1979). Reducerad bearbetning kombinerat med ständigt bevuxen mark ger en ackumulation av organiskt material vid markytan och ökad biologisk aktivitet. Mikroorganismerna utsöndrar polysackarider vilka hjälper till att stabilisera aggregaten i markytan, och risken för slamning minskar (Heynes, 1990). Den minskade slammingsrisken och den ökade andelen vertikala porer påverkar infiltrationen positivt (Tebrügge & Düring, 1999) och risken för ytavrinning, och därmed även fosforläckage, minskar därför vid conservation agriculture (Rasmussen, 1993; Tebrügge & Düring, 1999; Soane, 2010).

Vinderosion är vanligast på friktionsjordar och i arida klimat (Heinonen, 1979), men problem förekommer även i Sverige där klimatet är relativt humitt (Åvall, 1986). Vinden får enstaka sandkorn att lösgöras från marken och låta upp i luften. Den energi som överförs till marken när partiklarna landar får fler och större partiklar att lösgöras och detta fortgår sedan tills vind och partiklar stöter på ett hinder som minskar deras energi (Nationalencyklopedin, 2013). Ett av de bästa sätten att minska denna typ av erosion är att hålla marken bevuxen så att markpartiklarna skyddas från att lösgöras av vinden. Även ökad vattenhalt minskar risken, eftersom vattnet ökar sammanhållningen av markpartiklarna. Plöjning, eller annan bearbetning, är ett effektivt sätt att lufta och avvattna det övre marklagret (Willcocks, 1984), men vid reducerad bearbetning sparas detta vatten samtidigt som kompaktionen av marken ger ökad vattenhållande förmåga (Tebrügge & Düring, 1999).

### **Ogräsreglering**

Ett av de problem som uppstår vid användning av conservation agriculture är hur ogräsregleringen skall skötas. Jordbearbetning är en mycket effektiv metod för att reglera ogräsbeståndet (Håkansson, 1994), och den påverkar både fröbanken och växande plantor. Vid ökad bearbetning ökas groningen av ogräsfrön. Bearbetningen ökar dock även den biologiska aktiviteten i marken vilket leder till att en större andel frön bryts ner och att fröbanken minskar. Åruller och groddplantor täcks av jord och förbrukar sin reservenergi vilket försvagar dem. Perenner bearbetas mekaniskt och genom att dela upp rotsystem och rhizom i mindre delar minskas deras reservenergiförråd och deras överlevnadschanser. Jordbearbetningen leder även till att frön och växtdelar förs ner till lägre marklager vilket minskar deras chans till groning eller återväxt. Hur stor effekt bearbetningen har beror dock till stor del på när den utförs. Optimalt bör bearbetningen utföras när ogräsen är vid sin kompensationspunkt och när det är torra förhållanden. Vid kompensationspunkten har ogräsen som minst energi lagrad och är därför som mest sårbara. Utförs bearbetningen även när det är torrt har plantorna sämre tillväxtförhållanden och mindre chans att återhämta sig. Utan jordbearbetning kommer fröbanken i marken att öka samtidigt som problem med främst perenna ogräs kan uppstå vilket gör att andra bekämpningsmetoder än jordbearbetning måste användas. Användningen av kemiska bekämpningsmedel i system med reducerad bearbetning är därför högre än i konventionellt bearbetade system. Det uppstår här därför en konflikt mellan att reducera bearbetningen och att minska användningen av bekämpningsmedel (Håkansson, 1995) I Sverige ingår minskad användning av bekämpningsmedel både i miljömålen "ett rikt odlingslandskap" och "giftfri miljö" (Lind & Peterson, 1998) och regeringen har även haft som mål att öka andelen ekologiskt odlad mark (Jordbruksverket, 2011).

De tre länder i världen som har största användning av conservation agriculture; USA, Argentina och Brasilien, är även de tre länder som har störst odlad areal av GM grödor med 55, 18 och 12 miljoner hektar vardera. 70 % av de GM grödor som finns idag är herbicidresistenta vilket gör att de passar bra inom conservation agriculture. Resistens har tagits fram mot de två aktiva substanserna glyfosat och glufosinat, vilka båda är ickeselektiva herbicider. De genmodifierade grödorna har tillförts gener som gör dem kapabla att bryta ner den aktiva substansen. Detta leder till att ogräsbekämpningen kan göras när som helst under odlingssäsongen samt till att jordbruket blir mindre beroende av jordbearbetning. De vanligaste GM grödor som odlas idag är soja, majs, raps och bomull, grödor som är vanliga i de Nord- och Sydamerikanska odlingsystemen (GMO Compass, 2006).

En ökad användning av bekämpningsmedel kan ha flera olika effekter. En av dessa är den ökade risken för resistensutveckling hos ogräsen (Rasmussen, 1993). Ett exempel på detta är resistens mot glyfosat som bland annat hittats i USA, Canada och Australien (International survey of herbicide resistant weeds, 2013). I framtiden kan problemen med ogräsregleringen därför öka ytterligare om andelen fungerande preparat minskar. En annan risk är ett ökat läckage av bekämpningsmedel till grundvattnet. Detta bör i största möjliga mån motverkas eftersom uppehållstiden i grundvatten jämfört med ytvatten är mycket högre på grund av mindre biologisk aktivitet (Rasmussen, 1993). Konstant bevuxen mark tillsammans med reducerad bearbetning resulterar i en ackumulation av organiskt material på markytan vilket ger en ökad biologisk aktivitet. Detta beror dels på att mikroorganismerna har en större och jämnare tillgång på substrat, men det beror troligen även på de, i jämförelse med längre ner i marken, bättre förhållanden som råder vid markytan med högre temperatur och mer solljus. Detta kan öka nedbrytningen av kemikalier och minska risken för läckage av bekämpningsmedel (Kainiemi *et al.*, 2013). Den ökade andelen vertikala porer, och då framför allt makroporer, gör dock att risken för läckage ökar kraftigt. För att minska risken för läckage är det därför extra viktigt att välja rätt bekämpningstidpunkt i reducerade bearbetningssystem. Precis som för konventionella system gäller här att bekämpning inte skall göras innan regn samt helst under sommarmånaderna när den biologiska aktiviteten är som högst (Soane *et al.*, 2010). Ytterligare ett problem kopplat till ogräsregleringen är den ojämna tillgången på herbicider i utvecklingsländerna. Detta är något som FAO tar upp som en av huvudfaktorerna till varför conservation agriculture har haft en långsam ökning i bland annat Afrika (Derpsch & Friedrich, 2008).

### **Effekter på grödan**

Att inte vända jorden har många positiva effekter, men det kan ha negativ påverkan på växtskyddet. Skörderester som lämnas på markytan utgör en bra övervintringsplats för svamp vilka sedan kan infektera nästa års plantor i ett tidigt stadium. Växtföljden blir här extra viktig för att minska risken för infektioner (Mikkola, 2005). Nedbrytningen av organiskt material kan även leda till bildning av toxiska substanser som, om de kommer i kontakt med kärnor eller rötter, kan hämma utvecklingen och tillväxten av grödan. Vid bearbetning av jorden kan dessa substanser, tack vare luftningen av marken, oxideras (Carter, 1994). Blandningen av jorden leder även till att substanserna sprids ut i en större jordvolym och koncentrationen av dem sänks (Rothrock, 1992). Kontakt mellan kärna och skörderester minskar även kontakten mellan kärna och jord vilket, i arida klimat, kan komma att minska groningenfrekvensen (Soane *et al.*, 2010) En annan effekt av en ackumulation av skörderester på markytan är minskad marktemperatur under våren och ökad under hösten. Detta beror på att växtresterna fungerar som ett isolerande lager. De har, i förhållande till en naken markyta, en relativt ljus färg vilket gör att mer ljus reflekteras. Färre ljusstrålar når därför marken för att värma upp denna under våren. På grund av detta kan det bli svårt att åstadkomma en god etablering på våren, vilket gör att en hög andel höstsådda grödor i växtföljden ändå är att föredra (Rasmussen, 1993).



## **Ekonomi**

Conservation agriculture kan ge en viss reduktion av utgifter, främst på grund av den reducerade bearbetningen. Reducerad bearbetning gör att kostnader för bensin, maskiner och tid kan sparas (Soane *et al.*, 2010). Tiden som sparas in kan istället användas för annat arbete, till exempel förädling av de råvaror som odlas, vilket kan öka varornas värde, eller annat arbete som kan ge en extra inkomst. Detta anses vara extra viktigt i länder med små familj jordbruk, till exempel i Asien och Afrika (FAO, 2012b). De kortsiktiga besparingarna är dock ofta anledningen till att Europeiska lantbrukare väljer att använda sig av conservation agriculture (Holland, 2003).

## **Diskussion**

Conservation agriculture har många både positiva och negativa effekter, och dessa beror till stor del på var systemet används och vilket klimat som råder. Mest positiva effekter upplevs i arida klimat där problemen med erosion är stora. Den reducerade bearbetningen leder där till minskad risk för erosion, bättre vattenhållande förmåga och ökad möjlighet till god skörd. Att Nord- och Sydamerika har störst arealer med conservation agriculture, samt att vissa delar av Asien har störst ökning av arealen, kan ses som ett tecken på detta. Genom den reducerade bearbetningen kan matjord, mull och näringsämnen bevaras i marken och ge ökad potential för hög avkastning.

Negativa effekter av conservation agriculture ses främst i tempererade, humida klimat. Kompaktionen och den ökade vattenhållande förmågan i marken ger minskad chans till etablering av vårgöror vilket gynnar sådd av höstsådda grödor. Den minskande möjligheten att ha en god växtföljd, pga höstsådd, samt rikligt med växtrester på markytan ger dock problem med övervintring av höstgrödorna, främst på grund av svampangrepp under vintern.

Användningen av conservation agriculture påverkas inte bara av klimatet, utan även av jordmånen. Friktionsjordar som är beroende av årlig luckring för att kunna ge god avkastning passar inte för reducerade bearbetningssystem. Detta bör tas i beaktande vid beslutet om hur marken ska brukas.

Ett av de största problemen, och möjligheterna, inom conservation agriculture är användandet av pesticider och GM grödor. Minskad bearbetning ger ökade problem med ogräsregleringen, och system med reducerad bearbetning är beroende av att det finns fungerande herbicider, något som går emot de miljömål som finns i bland annat Sverige samt lagen om att alla länder i EU ska använda sig av IPM senast 2014 (European Union, 2009). Framtagandet, och användandet, av GM grödor i Nord- och Sydamerika ger ökad möjlighet till att använda reducerad bearbetning och att därmed minska problemen med erosion, men det för även med sig flera nackdelar. Potentiellt sett skulle användningen av herbicidresistenta grödor kunna minska användningen av bekämpningsmedel, men för att detta ska vara möjligt krävs dock goda kunskaper hos användarna om hur och när herbicider ska användas. Den monokultur som användningen av GM grödor medför skulle även kunna resultera i ett högre insekts- och patogentryck, och på så vis öka behovet av insekticider och fungicider. Här är växtföljden ett oerhört viktigt hjälpmedel för att minimera riskerna, men en god växtföljd kräver mer planering av odlaren samtidigt som den inte alltid ger bäst ekonomisk vinst och därför riskerar att väljas bort i utbyte mot användning av pesticider. Utöver detta tillkommer de mer uppenbara riskerna som risk för förorening av grundvatten och ökad risk för resistensutveckling vilka båda påverkar livsmedelssäkerheten.

## Slutsatser

Conservation agriculture är en odlingsform som passar i varma klimat där problem med erosion förekommer. Dock bör reducerad bearbetning inte användas på friktionsjordar på grund av packningen som sker av jorden. I tempererade humida klimat passar conservation agriculture sämre eftersom växtrester på markytan skapar problem med etableringen av höstsådda grödor. Även den ökade vattenhållande förmågan blir ett problem, och inte en fördel, i ett klimat där vatten från början inte är den begränsande faktorn.

Den största nackdelen med conservation agriculture är beroendet av pesticider, och främst herbicider. Systemet är helt beroende av att det finns fungerande pesticider att tillgå, något som gör det något opålitligt. För att minska beroendet är växtföljden därför oerhört viktig och måste vara en del i odlingsystemet för att skapa stabilitet.

Användandet av conservation agriculture under de kommande åren kommer troligen att hållas på en stabil nivå i Nord- och Sydamerika samt fortsätta att öka i Asien. Även användandet i Afrika bör öka, dock i mindre grad än i Asien på grund av begränsad tillgång på resurser. Användandet i Europa kommer troligen inte att öka, alternativt att öka mycket lite. Detta beror dels på att problemen med erosion här inte är lika stora som i andra delar av världen, men också på att en ökad användning av bekämpningsmedel, samt användandet av GM grödor, går emot den politik som idag bedrivs här.

## Tackord

Jag vill tacka min handledare, Johan Arvidsson, som har gett mig tips och stöd i mitt skrivande. Jag vill även tacka Veera Kainiemi för hjälp med fakta till delen ogräsreglering.

## Referenser

### Litteratur

- GMO Compass*. (2006, 09 11). Retrieved 04 21, 2013, from Herbicide resistant crops: [http://www.gmo-compass.org/eng/agri\\_biotechnology/breeding\\_aims/146.herbicide\\_resistant\\_crops.html](http://www.gmo-compass.org/eng/agri_biotechnology/breeding_aims/146.herbicide_resistant_crops.html)
- Minnesota Department of Agriculture*. (2013). Retrieved 04 21, 13, from Conservation Practices : <http://www.mda.state.mn.us/protecting/conservation/practices/constillage.aspx#Similar>
- Campbell, B. C., & Campbell, B. C. (2008). 1935 Dust Bowl. In B. C. Campbell, *disasters, Accidents and Crises in American History. A Reference Guide to the Nation's Most Catastrophic Events* (pp. 261-264). New York: Facts on File Inc.
- Carter, M. R. (1994). A review of conservation tillage strategies for humid temperate regions . *Soil & Tillage Research* 31, 289-301.
- Derpsch, R., & Friedrich, T. (2008). *Global Overview of Conservation Agriculture Adoption*. FAO.
- European Union. (2009). DIRECTIVE 2009/128/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides. *Official Journal of the European Union*.
- FAO. (2012a). *FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS* . Retrieved 02 12, 2013, from What is Conservation Agriculture?: <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>

- FAO. (2012b). *FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS*. Retrieved 03 16, 2012, from CA adoption worldwide: <http://www.fao.org/ag/ca/6c.html>
- Heinonen, R. (1979). *Jordarterna och deras brukningsegenskaper*. Östervåla: Tofters Tryckeri AB.
- Heynes, R. S. (1990). Stability of soil aggregates in relation to organic constituents and soil water content. *Journal of science* 41, 73-83.
- Hoffman, C., Funk, R., Reiche, M., & Li, Y. (2011, 12). Assessment of extreme wind erosion and its impacts in Inner Mongolia, China. *Aeolian research*, pp. 343-351.
- Holland, J. M. (2003). The environmental consequences of adapting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *agriculture, Ecosystem and Environment* 103, pp. 1-25.
- Håkansson, I. (1994). Soil tillage for crop production and for protection of soil and environmental quality: a Scandinavian viewpoint. *Soil and Tillage Research* 30, pp. 109-124.
- Håkansson, S. (1995). *Ogräs och odling på åker*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet. Aktuellt från Lantbruksuniversitetet 437/438.
- International survey of herbicide resistant weeds. (2013, 05 14). *Weeds Resistant to ACCase inhibitors (A/1)*. Retrieved from <http://www.weedscience.org/summary/MOA.aspx>
- Jordbruksverket. (2011, 01 21). Retrieved 04 25, 2013, from Vad är ekologisk produktion?: <https://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/ekologiskodling/vadarekologiskproduktion.106.510b667f12d3729f91d80008069.html>
- Kainiemi, V., Arvidsson, J., & Kätterer, T. (2013). Short-term organic matter mineralisation following different types of tillage on a Swedish clay soil. *Biology and Fertility of Soils*.
- Koch, H.-J., Heuer, H., Tomanová, O., & Märlander, B. (2008). Cumulative effect of annually repeated passes of heavy agricultural machinery on soil structural properties and sugar beet yield under two tillage systems. *Soil Tillage Research*. 101, 69-77.
- Lind, A., & Peterson, T. G. (1998, 05 07). Regeringens proposition 1997/98:145.
- Mikkola, H. A.-V. (2005). Direct drilling in Finland: A review. In: *proc 4th Intern. scientific and Practical Conference, Ecology and Agricultural Machinery, May 25-26*, (pp. 141-151). St. Petersburg Vol. 2.
- Nationalencyklopedin. (2013, 04 02). *NE*. Retrieved 04 02, 2013, from Erosion: <http://www.ne.se/lang/erosion/164124>
- Rasmussen, K. J. (1993). Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A scandinavian review. *Soil and Tillage research* 53, 3-14.
- Rothroek, C. (1992). Tillage systems and plant disease. *Soil Science* 154, 308-315.
- Soane, B. B.-E. (2010). No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil and Tillage Research*, 66-87.
- Swiss no-till. (2013, 02 17). Retrieved 02 25, 2013, from <http://www.no-till.ch/>
- Tebrügge, F. (2001). No-tillage visions – protection of soil, water and climate and influence on management and farm income. *Proceedings of the First World Congress on Conservation Agriculture of FAO-ECAF, vol. I, 1–5 October*, (pp. 303-316). Madrid, Spain.
- Tebrügge, F., & Düring, R.-A. (1999). Reducing tillage intensity- a review of results from a long term study in Germany. *Soil and tillage research* 53, pp. 15-28.
- Tjell, D. (1995). *Fosforförluster från åkermark via yterrosion och inre erosion. Seminarie och examensarbeten nr. 23*. Uppsala: Avdelningen för vattenvårdslära, SLU.

Willcocks, T. J. (1984). *Tillage requirements in Relation to Soil Type in Semi-arid Rainfed Agriculture*. Bedford: The British Society for Research in Agricultural Engineering.

Åvall, H. (1986). *Läplanteringar- vindskydd*. Alnarp: Konsulentavdelningens rapporter. Trädgård. 310.

**Personliga meddelanden**

Johan Arvidsson, SLU, Institutionen för mark och miljö, avdelningen för jordbearbetning och hydroteknik, 2013-04-15.