

Biologisk nedbrytning av plogsula

– Växtföljder, klimat och användningsområden

Biodegradation of plough pan

– Crop rotation, climate and applications

Björn Larsson



Biologisk nedbrytning av plogsulan -Växtföljder, klimat och användningsområden

Biodegradation of plough pan
– Crop rotation, climate and applications

Björn Larsson

Handledare: Linda-Maria Mårtensson, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Examinator: Erik Steen Jensén, Professor, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Examensarbete inom Växtbiologi

Kurskod: EX0740

Program/utbildning:

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2015

Omslagsbild: Björn Larsson

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

Nyckelord: bioporor, pålrot, reducerad bearbetning, direktsådd, plogsula, daggmask, miljö, växtnäring, biodiversitet



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-
och växtproduktionsvetenskap
Institutionen för biosystem och teknologi

FÖRORD

En kandidatutbildning är tre år och omfattar 180 högskolepoäng (hp). Ett av de obligatoriska momenten i universitetsutbildningen är att genomföra ett eget arbete som ska presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan t.ex. ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Arbetsinsatsen ska motsvara minst 10 veckors heltidsstudier (15 hp).

Idén till studien kom från Erik Steen Jensén professor vid Institutionen för biosystem och teknologi på SLU Alnarp. Jag var själv intresserad av vad som händer i marken under kursen: Hållbar markförvaltning i agroekosystem under hösten 2014: Det föll sig då naturligt att fråga Erik Sten Jensen om det fanns något intressant att skriva om.

Ett varmt tack riktas till Linda-Maria Mårtensson som varit min handledare som jobbat frenetiskt och givit mig snabba svar på alla de frågor som jag ställt under projektets gång. Tack till Erik Steen Jensen för hjälpen med idén och intressanta diskussioner. Jag vill också tacka min sårbo Karin Petruson för att hon stöttat mig i den galna idén att börja studera igen som 44-åring och för alla goda råd jag fått av henne under tiden jag skrivit mitt examensarbete. Ett tack till mina föräldrar, svärföräldrar och min syster med familj är också på sin plats för den stöttning jag fått av dem under den här resan. Sist men inte minst vill jag rikta ett tack till personalen på SLU Alnarp och Institutionen för biosystem och teknologi för att jag fått störa dem med jämna mellanrum.

Erik Sten Jensen professor vid Institutionen för biosystem och teknologi har varit examinator.

Alnarp maj 2015

Björn Larsson
(Student)

SAMMANFATTNING	4
SUMMARY	6
INLEDNING	8
Bakgrund	8
Mål	9
Syfte och forskningsfrågor	9
Avgränsning.....	9
LITTERATURSTUDIE.....	10
Den tidiga forskningen om bioporernas betydelse för åkermark och grödor	10
Bioporernas funktion	10
Ekosystemingenjörer och deras betydelse för bioporerna	11
Rötterna och dess betydelse för bioporerna	12
Växternas näringsupptag i bioporer	12
Grödor som är effektiva bioporförbättrare	13
Oljerättika (<i>Raphanus sativus</i> var <i>oleiformis</i>)	13
Rättika (<i>Raphanus sativus</i> var <i>longipinnatus</i>)	13
Vitsenap (<i>Sinapis alba</i> L.)	13
Cikoria (<i>Cichorium intybus</i> L.)	14
Honungsort (<i>Phacelia tanacetifolia</i>).....	14
Rödklöver (<i>Trifolium pratense</i>)	14
Blålusern (<i>Medicago Sativa</i> L.)	14
Grödornas förmåga att bryta ned plogsulan.....	15
Grödornas effekt på den efterföljande grödans rotsystem i växtföljden.....	15
Grödornas påverkan av den mikrobiella aktiviteten i marken	15
Samarbetet mellan mikroorganismer och växter.....	16
Hur kan grödorna användas i olika växtföljder	17
IPM integrerat växtskydd	17
Sjukdomsproblematik hos de olika grödorna	18
Hur påverkar reducerad bearbetning problematiken <i>Fusarium graminearum</i> och DON ...	19
MATERIAL OCH METOD	20
Introduktion	20
Litteratursökning	20
Infiltrationsmetoder	20
Metodbeskrivning.....	20
Metodval	20
Väderuppgifter	21
Beskrivning av försöksplatsen	21
Utrustning	21
Beskrivning av de försöksled som analyseras	22
Tillvägagångssätt.....	22
RESULTAT	25
Resultat av infiltrationsförsök.....	25
Statistisk behandling	25
Infiltrationer gjorda i markytan.....	26
Infiltrationer gjorda på 20 cm nivå	27
Påverkansfaktorer	27
DISKUSSION.....	29

Grödor som förbättrar markstrukturen	29
Att komma förbi växtföljdssjukdomsproblematiken och ändå vinna positiva effekter av grödor med bioporer	30
Daggmaskens förmåga att bryta ner fusariumsvamp	30
Bioporernas effekt på gröda och näringsupptag	30
Vallväxternas inverkan på det organiska materialet i marken	31
Bioporernas positiva effekt för daggmasken och daggmaskens inverkan på näringstransport i bioporer	31
Beräkning av växtnäringsbehovet	32
Infiltrationsförsöket	32
Reflektion över effekter av arbetet	34
Slutsats	34
Infiltrationsförsöket	34
Att odla grödor med pålrot för att skapa bioporer i Sverige	35
Daggmaskens inverkan på tillväxtfaktorerna	35
Miljövinster av en ökad biodiversitet	35
REFERENSER	36
Skriftliga	36
Muntliga	39
BILAGOR	40
Bilaga 1	40

SAMMANFATTNING

Strukturrationaliseringen i jordbruket påverkar i stor utsträckning lantbruksmaskinernas storlek vilket gör att vi går mot allt större och tyngre maskiner. Detta påverkar i stor utsträckning markpackningen. Ett sätt att komma förbi detta är att använda sig av fasta körspår (CTF). Andra sätt är att välja strukturförbättrande grödor och strukturförbättrande bearbetningsmetoder. Denna uppsats tar upp de två sistnämnda punkterna och deras effekt på biodiversiteten.

Arbetet har bestått av två delar: en litteraturstudie och ett infiltrationsförsök.

Infiltrationsförsöket har gjorts i ett befintligt försök på Alnarps Egendom.

Försöksresultaten ger vid hand att kunskapen om att grödor med pålrot kan penetrera plogsulan och öka markens infiltrationsförmåga kan stämma. De yttre påverkansfaktorerna har dock varit många vilket gör resultaten osäkra.

Litteraturstudien har givit vid hand att det finns stora möjligheter att påverka markstrukturen genom val av grödor med pålrot. Exempel på grödor som diskuteras i arbetet är lusern och rättika, vilka verkar vara de grödor som ger bäst effekt och verkar lättast att odla. Ett problem med rättikan är att den inte tål temperaturer under -4 grader Celsius. Även grödor som honungssört, rödklöver och cikoria diskuteras. Sammantaget har dessa grödor en god inverkan på plogsulan.

En sak som framkommit i arbetet är att dessa grödor har en positiv effekt på rikedomerna av mikroorganismer och att efterföljande gröda utnyttjar de porer som bildats. Detta bidrar till att förbättra rotmiljön då rotexudatet från dem är positivt för mikroberna som lever runt plantans rötter. Man kan också genom att rötterna får möjlighet att ta sig ner på ett större djup öka möjligheten till närings- och vattenupptag från de djupare marklagren. En effekt av detta är också att stor daggmask gynnas efter som den använder bioporerna som gångsystem och skydd. Detta ger en ökad infiltration och en gynnsammare rotmiljö då daggmaskexkrement är näringsrikt.

För att ytterligare gynna stor daggmask är det viktigt att man väljer rätt bearbetningsmetod. Här visar sig att reducerad bearbetning eller direktsådd är att föredra då dessa metoder inte påverkar stor daggmask i lika stor utsträckning som ett system med plöjning.

Under arbetets gång har det också visat sig att daggmask har en positiv inverkan på nedbrytningen av halm som är smittat av fusariumsvamp. Detta är dock bara bekräftat i laboratorieförsök, men känns väldigt intressant inför framtiden. Vid reducerad markbearbetning brukas inte alla växtrester ned vilket också det påverkar smittspridningen. Den gängse metoden för att hantera DON problematiken är att plöja ner växtresterna nogsamt efter som det idag inte finns några preparat som är godkända att använda. Ett annat dilemma i sammanhanget är att daggmasken inte är födogeneralist vilket gör att den kanske inte äter så mycket svampangripen halm som man skulle kunna önska.

Det finns en risk att man kan tvingas öka användningen av bekämpningsmedel då grödor som exempelvis oljerättika, rättika och raps och rybs är närbesläktade med varandra och därmed riskerar att föra smitta vidare mellan varandra. Här skulle daggmasken kanske kunna påverka halten av svampsporer i marken. Det har dock visat sig att daggmasken är känslig för många kemiska preparat, vilket skulle medföra att man genom att bekämpa svampsjukdomarna också minskar förekomsten av daggmask i jorden. Daggmaskens positiva effekt i marken är mycket intressant inför framtiden och här kan finnas väldigt

mycket att vinna i form av en förbättras ekonomi för brukaren och inte minst en ökad biodiversitet vilket på många sätt skulle kunna gynna mångfald och miljö.

SUMMARY

Rationalization in the agricultural systems has changed the size of the machinery used in the agriculture today and there are much more heavy machines used than 20 to 30 years ago. One way to avoid this problem is to use controlled traffic farming (CTF). Other ways are to use crops that could penetrate the plough pan or tillage practices that minimize compaction of the plough pan. Some examples of this are reduced tillage-, strip tillage- or no tillage systems. This essay addresses the two last of those examples and their effects on biodiversity.

The essay stands on two pillars, one study of literature and one field experiment. The field experiment was done in a running field experiment at the Alnarp estate.

The results from the field experiment could support the theory that tap rooted crops could penetrate the plough pan and increase the infiltration rate in the ground. But there are some factors that could have affected the results; due to this I am not sure the results are reliable.

The study of literature has resulted in some interesting knowledge. There are a lot of things to do to improve the soil structure by choosing the right crops, such as tap-rooted crops. As examples of those crops you could mention lucerne and radish. Those crops are among the best tap-rooted crops due to their ability to penetrate the plough pan and seem to be simple to cultivate. The radish has some problems with cold climate and do not like temperatures below -4 degree centigrade. Crops like lacy phacelia (blue tansy or purple tansy), red clover and chicory are other interesting crops to use for biodegradation of the plough pan.

One result of the study is that these crops have a positive effect on the microorganisms that lives among the roots and have positive effects for the next crop. Crops use the pre crop biopores to grow in. When the roots grow in the biopores there already are microorganisms in the biopores. Root exudates are important as a food source for the bacteria living on the root tips. Amoebae and protozoa then grazing the bacteria and emit nutrients available to plants. The earthworms use the biopores in their work in the ground and increase the microorganisms that help the crop to get nutrients. When the roots are given the possibilities to grow deeper in to the ground, it also gives the plant possibilities to get nutrients and water from the deeper layers in the ground.

To enhance the effect) of earthworms it is really important to choose the right tillage systems. The reduced tillage system or no tillage systems are preferred. Those systems do not affect large earthworms to such large extent as compared to systems where ploughing is integrated.

During the work I have learnt that earthworms has another positive impact on residues that are infected with *fusarium* spores. It has been shown that earthworms in laboratory environments grow better when they get *fusarium*-infected straw than non-infected straw. If you have hundred earthworms per square meter of *L. terrestris* they eat approximately 850 kilos of straw per hectare and year. This could be a possibility when it comes to minimize the usage of pesticides, but there is a need of more field experiments to ensure that this is possible.

One of my concerns is that the need of fungicides should increase when crops as radish or other close relatives to radish as rapeseed or other relatives were used. But it seems that earthworms could be a solution to this problem. The study has shown that earthworms are quite sensitive to herbicides and pesticides. One example is the use of

glyphosates that has been shown to have negative impact on *L. Terrestris*. There is still a need to do more field experiment to look at this too.

INLEDNING

Bakgrund

Allt större och tyngre redskap har gjort att problem med markpackning har ökat i jordbruket. Det finns flera olika anledningar till markpackning. Den ena typen av markpackning uppstår som en följd av maskinens vikt, däckutrustning och ringtryck. Den andra typen är den markpackning skapas av plogens vändskiva då den komprimerar jorden. Plogsulan blidas på det bearbetningsdjup som normalt används vid plöjning. Markpackning som konsekvens av plöjning skapar problem för rötterna att tränga ner i de nedre jordlagren (alv/djup matjord). Därmed kan växten inte dra nytta av den näring och det vatten som finns tillgängligt där samtidigt som jorden dräneras sämre. Den markpackning som sker som en följd av lufttryck och däckutrustning skapar problem på större djup än vad plogsulan gör. Detta påverkar också rot-utvecklingen och markens dräneras också i detta fall sämre. Markpackning kan också ge upphov till problem med denitrifikation förorsakad av den syrebrist som uppstår då jorden packas och vattenmättas. Ett sätt bryta plogsulan på är att använda sig av grödor med kraftiga pålrötter. Dessa grödor ska också ha en rot som klarar att ta sig igenom plogsulan. Det finns ett antal grödor som är lämpliga för detta som exempel på lämpliga grödor kan rättika, oljerättika, lusern, rödklöver och honungsört nämnas (Löfkvist 2005; Chen & Weil 2010), dessa grödor är generellt sett bra på att skapa bioporer. Dessa bioporer fyller några viktiga funktioner där bland annat dränering och porer som används av stor daggmask kan omnämnas. Stor daggmask gynnar också halten av växttillgänglig näring för växterna (Blouin *et al.* 2013).

Då Sverige är ett land med olika klimatförutsättningar så är det viktigt att titta på de olika grödor som finns och utvärdera var de passar i landet. Grödorna ska också passa in i olika växtföljder då det är viktigt att inte öka användningen av bekämpningsmedel. Jordens förmåga att lagra kol är viktig för att på så sätt kunna kompensera för de växthusgasutsläpp som sker i världen idag. Därför är det av yttersta vikt att hitta grödor som är så effektiva som möjligt. Begreppet kolinlagring i marken är väldigt stort, i begreppet så ingår växtrester, mikroorganismer, rotexudat med mera (Eriksson *et al.* 2013; Kautz *et al.* 2010; Riley *et al.* 2008). Allt detta samverkar och är det som också påverkar jordens förmåga att lagra kol. Allt som finns i jorden som innehåller kolföreningar bidrar till att påverka markens kolinlagring. Detta ger inte bara in ökad biodiversitet i marken den fångar också kol ifrån luften som i sin tur minskar effekten av koldioxidutsläppen. Här är det viktigt att kunna mixa en rad olika åtgärder för att kunna maximera effekten av kolinlagringen. Biodiversiteten i jorden är av vikt detta för att öka resiliens och på så vis kunna minska användningen av bekämpningsmedel men också för att bryta ner eventuella bekämpningsmedelsrester. För att gynna biodiversiteten i marken är det viktigt att ha tillgång till organiskt material eller bundet kol om man föredrar detta uttryck.

Mål

Målet med arbetet är att utreda de fördelar som finns med att gynna mikroorganismer och insekter för att på så sätt skapa ekosystemtjänster som såväl brukaren som samhället kan dra nytta av. På grund av den strukturomvandling som varit i jordbruket så har jordbruket hamnat i en situation där inte vallodling är en del av växtföljden på så många gårdar i landet. Detta har i sin tur gjort att biodiversiteten i jorden sjunkit (Reidsma *et al.* 2006). Då dessa delar är viktiga för lantbrukets framtid och väldigt intressanta känner jag att det är viktigt att lära mer om detta. Jag vill också se om man kan öka biodiversiteten i marken och på det vis vinna friskare grödor och på detta vis kunna minska kostnaderna för lantbrukarna.

Syfte och forskningsfrågor

Syftet är att: undersöka hur de problem som uppstått på grund av tunga lantbruksmaskiner skulle kunna hanteras. En av de lösningar som diskuteras är användningen av grödor med pålrot för att kunna penetrera plogsulan och skapa bioporor. Jag vill med detta arbete se om det är möjligt. För att belysa det har jag valt att göra ett infiltrationsförsök och en litteraturstudie. I min litteraturstudie har jag valt att 1) titta på vilka förutsättningar finns för att odla dessa typer av grödor i landet och 2) studera de miljö- och brukningsfördelar som användningen av dessa grödor kan innebära. Dessa frågor intresserar mig och jag upplever att de är av vikt för framtiden. Förståelse för hur de olika systemen agerar tillsammans och bildar en enhet är också det någonting som är fundamentalt inför framtiden.

Avgränsning

De avgränsningar som valts är en litteraturgenomgång som belyser olika grödors förmåga att bryta plogsulan. Grödornas effekt på markens infiltrationsförmåga, kolinlagring och biodiversitet studeras. Grödornas användbarhet i olika växtföljder är en viktig aspekt som kommer att belysas. Då jordbearbetningen är en viktig del i att kunna upprätthålla en god fysisk och biologisk status i jorden kommer också detta att belysas kort i texten.

I arbetet har också infiltrationen mätts i ett befintligt försök som heter ”Grass Margins”, där man tittar på hur man kan effektivisera grönmasseutbytet i renbestånd och i samodling. I försöket har man valt att titta på vallgräs i renbestånd och blandning av olika typer av baljväxter (inklusive lusern) och vallgräs, samt eventuella samodlingseffekter och effekter av kvävegödsling. Infiltrationsmätningarna som genomförts kan användas som ett mått på lusernens förmåga att bryta plogsulan och därmed förbättra markens struktur och infiltrationsförmåga.

LITTERATURSTUDIE

Den tidiga forskningen om bioporernas betydelse för åkermark och grödor

Forskning om bioporernas betydelse för växtodling är inte något nytt, mellan 1870 och 1890 bedrevs den första forskningen som visade betydelsen av bioporerna. Den som först studerade rottillväxt var en forskare som hette Hugo Thiel och han kunde konstatera att rötterna använde gångar som var gjorda av rötter eller marklevande organismer. Victor Hensen bedrev forskning om daggmascens betydelse för växterna. Han konstaterade att daggmascen gräver gångar som sammanbinder ythorisonten med de nedre jordlagren. Han konstaterade också att daggmascarna klär väggarna i gångarna med sina ekskrementer. Under tidigt 1900-tal föll kunskapen nästan i glömska då jordbruksmekaniseringen inträdde. Innovationer så som möjligheten att kunna framställa kväve med hjälp av Haber-Bosch metoden drev skördeutvecklingen starkt framåt. Under 1940-talet kom framställningen av kemiska bekämpningsmedel som nästa stora innovation. Under 1960-talet började dock intresset för bioporerna vakna igen. Detta då man började fundera på vad användningen av kemiska bekämpningsmedel egentligen betydde för jordbruket. I samband med detta tog forskningen om jordens och jordens levande organismer fart igen. Under 1960- och 1970-talet började man förstå hur markkemin fungerade runt bioporerna. Man fick svar på hur mycket kväve, fosfor, kalium och kalcium som fanns i porväggarna (Kautz 2013a).

Bioporernas funktion

Definitionen av biopor är: hålrum och kanaler som är skapade av växtrötter och levande organismer i jorden eller beror på jordens textur. Skillnaden mellan biopor skapade av exempelvis daggmascar och rötter är den att biopor av rötter inte förändrar jordens densitet då rötterna packar samman jorden i väggarna på de hålrum som de bildar. Daggmascarna däremot de kan antingen öka jordens densitet eller minska den beroende på art.

Man delar in porerna i tre olika grupper: makroporer $>0,03$ mm, mellanporer $0,03-0,00015$ mm och mikroporer $<0,00015$ mm. Makroporernas funktion är dränering och syresättning av jorden. De töms vid ett tryck på 1 m vattenpelare eller lägre.

Mellanporerna är de som håller växttillgängligt vatten, de behöver ett tryck på mellan 1 m vattenpelare och 150 m vattenpelare för att tömmas. Mikroporerna har ett för hårt bundet vatten för att det ska vara tillgängligt för växterna. Mikroporernas funktion är att hålla ihop jordpartiklarna. Vattnet är bundet hårdare än 150 m vattenpelare i mikroporerna. (Ernfors 2014, (Holm 2014)

Vattentransporten i makroporerna kan delas in i tre steg. Under det första steget, när jorden börjar fuktas upp, är makroporerna fortfarande luftfyllda. Därefter tar det andra steget vid och de makroporer som finns i ytan fylls med vatten. När makroporerna är fyllda med vatten så går man in i det tredje skedet och då börjar vattnet strömma genom porerna. För att makroporerna ska kunna transportera vatten behöver de ha en diameter större än 0,3 mm (Jarvis 2007).

Ekosystemingenjörer och deras betydelse för bioporerna

Det finns många organismer i marken som bidrar till olika funktioner. Några av dessa organismer är daggmaskar, nematoder, bakterier och svampar. De fyller alla viktiga funktioner i marken, men den som oftast nämns som ekosystemingenjör är daggmasken. Det finns tre huvudtyper av daggmaskar epigeiska arter, anektiska arter och endogeiska arter. Indelningen bygger på deras levnadssätt. De epigeiska arterna kallas för även för kompostmaskar, de lever i komposter, lövhögar och i humusskiktet. De anektiska arterna lever i vertikala gångar där de drar ner humus i marken. Dessa arter hämtar material i markytan. De endogeiska arterna lever i horisontellt grävda gångar i de djupa jordlagren. De positiva effekter som daggmasken har är: de ökar växtnäringstillgången då de ökar mineraliseringen av organiskt material, de påverkar markens porositet och aggregatbildning, de minskar sjukdoms- och parasitförekomsten, de stimulerar den biologiska aktiviteten i marken och de stimulerar effekten av symbiotiska relationer. Som tidigare nämnts är den ökade växtnäringstillgången något man anger som en fördel. Det finns bevis för att daggmasken ökar halten av mineraliserat kväve, lösligt fosfor, kalium, kalcium och magnesium. Vissa försök visar att 10-12 % av en växts kvävebehov kan tillgodogöras av det växttillgängliga kväve som daggmaskar producerar. Andra försök visar på ett kväveupptag på 11-30 % beroende på väderförhållanden. Man har sett att den fosfor som blir växttillgänglig motsvarar cirka 50 %.

Det är bevisat att daggmaskarna förbättrar markens förmåga att infiltrera vatten. I långliggande försök har man kunnat påvisa en ökning av infiltrationen från 15 till 27 mm/timme. De kan också öka läckaget av kväve och fosfor tack vare de kanaler som de anektiska arterna gräver. Detta påverkar som tidigare nämnts markens förmåga att infiltrera vatten men samtidigt för detta flöde med sig näringsämnen så som kväve (N) och fosfor (P) (Blouin *et al.* 2013). Det finns forskning som visar att trots intensiva sommarregn så skulle bara daggmaskgångarna stå för 0,7 % av kväveläckaget (vilken kväveform det handlar om framgår inte av Jarvis (2007) denna del i artikeln), samma artikel påvisar exempel på ammoniumläckage motsvarande 29 % i daggmaskgångar (Jarvis 2007) Man har också kunnat bevisa den förbättrade infiltrationsförmågan har kunnat minska jorderosionen med 50 % (Blouin *et al.* 2013).

Relativt ny forskning visar att daggmasken också påverkar växthuseffekten.

Koldioxidutsläpp (CO_2) orsakade av daggmask kan vara så stora som 33 %. Vidare menar man utsläppen av lustgas (N_2O) kan öka med upp till 37 %. Det finns i dagsläget för få undersökningar för att det ska vara möjligt att uppskatta utsläppen av metan (CH_4) (Blouin *et al.* 2013). Bertrand *et al.* (2015) menar i sin artikel att kan finnas tre till sju gånger fler epigeiska och anektiska daggmaskar i ett system med direktsådd än i ett system med plöjning. Den grupp som lider mest av plöjning är den anektiska gruppen då de är stora och lätt skadas av mekanisk bearbetning de använder sig dessutom av permanenta gångar i marken som skydd. Den epigeiska gruppen verkar klara bearbetning bättre och i vissa fall kan det vara en fördel för dem. Bertrand *et al.* (2015) menar också att det finns vissa problem för daggmasken med kemiska preparat. Det har visat sig att fungicider och insekticider kan vara direkt giftiga för daggmaskarna. Även kopparbaserade preparat som används i den ekologiska produktionen har visat sig giftiga för daggmask. I många fall så krävs det dock att de blir direkt utsatta för preparaten. I ett försök där man använt sig av glyfosat har man sett att daggmaskgångarna blivit färre även med en låg dos.

Rötterna och dess betydelse för bioporerna

Rötterna påverkar markens förmåga att infiltrera vatten och är en viktig del av funktionen i marken. Effekten av rötternas påverkan av infiltrationen sitter i några år efter att grödan är skördad. Ett exempel på detta är lusern där effekten kan kvarstå upp till två år i växtföljden. Långliggande vallodling med klöver- och gräsfröblandningar har också visat sig ha en bra effekt när det gäller bioporor (Kautz 2013b).

Det visar sig att arter med adventivrötter inte tar sig ner djupare än vad förfruktens rötter gjorde. Odlar man en art med pålrot så kan de ta sig ner på ett större maximalt djup. Detta gör att den efterföljande grödan kan ta sig ner på ett större djup och får bättre tillgång till växtnäring och vatten. När rötterna sedan förmultnat använder sig nästa generation av plantor dessa bioporor att växa i, det konstaterades att efter ett år hade rötterna i en vallfodergröda minskat och bioporerna framträdde. Det finns en artskillnad i hur växternas rötter växer i bioporerna (Perkons *et al.* 2013). Athman *et al.* (2013) använde sig av ett endoskop för att undersöka rötternas tillväxt i bioporerna. Endoskop används normalt av läkare för att undersöka människor invärtes. I detta fall tittade man på raps och korn, det visade sig att kornet växer i en spiralform utmed porväggen och rapsens rötter växte rakt ner i bioporen. Forskarna upptäckte att rapsplantan i högre utsträckning producerade laterala rötter som gick in i porväggen medan kornet inte har så många laterala rötter. Detta beror förmodligen på att rothåren har kontakt med porväggen hela tiden. Man kunde också konstatera att mykorrhizahyfer hade kontakt med kornets rot i större utsträckning men det beror förmodligen på att raps inte bildar mykorrhiza (bilderna i artikeln är fantastiskt tydliga och väl värda att titta på). Mer om mykorrhiza finns under rubriken "Grödornas påverkan av den mikrobiella aktiviteten i marken" För att växtrötterna ska kunna ta sig ner i alven krävs att man inte har problem med plogsulebildning. McKenzie *et al.* (2009) odlade under ett försök korn för att simulera en svår genomtränglig plogsula lades en nylonväv ut och täcktes med matjord, därefter gjordes hål i nylonväven som skulle motsvara olika mängder bioporor i plogsulan. Det visade sig att ju fler hål som fanns i väven ju större växte sig plantorna. Detta indikerar vikten av att ha bioporor som penetrerat plogsulan.

Växternas näringsupptag i bioporor

De forskningsresultat som finns när det gäller näringsupptag i alven visar på en stor variation. Resultaten varierar från 10 % upp till 70 % av plantans totala behov. Man har kunnat påvisa att plantor tar upp olika mängd kväve och fosfor från alven beroende på hur mycket handelsgödsel plantan har fått. Tillför man fosfor och kalium till plantan så minskar upptaget av dessa näringsämnen från alven. Man har gjort andra försök som är gjorda på jordar med ett lågt innehåll av kalium i matjorden och trots detta har man inte kunnat påvisa någon skördesänkning. Det ska dock påpekas att resultaten varierat stort, mellan 9 % och 70 %, vilket enligt artikelförfattaren kan bero på en varierande mängd tillgängligt kalium (Kautz 2013b). Edwards & Loftley (1980) kunde påvisa genom försök att kornplantorna växer bättre i bioporor gjorda av anektiska daggmaskar, i detta fall stor daggmask *L. Terrestris* än i artificiellt gjorda bioporor. Bertrand *et al.* (2015) menar att daggmaskan ökar den mikrobiella verksamheten i maskgångarna då den tar med sig mikroorganismer på kroppen eller i fodersmältningsapparaten.

Grödor som är effektiva bioporförbättrare

Grödor som har en stabil pårot vilken kan ta sig igenom plogsulan, är bra på att skapa biopor. Viktigt att tänka på är grödans plats i växtföljden eftersom vissa grödor inte fungerar i vissa växtföljder. Andra saker att ta hänsyn till är under vilka klimatförhållande grödan fungerar. Flertalet av följande grödor har återfunnits i de artiklar som har lästs. Resterande är grödor som jag funnit av intresse.

Oljerättika (Raphanus sativus var oleiformis)

Oljerättika eller *Raphanus sativus oleiformis* tillhör *brassica* familjen. Oljerättikan och dess släkting rättika (se nedan) har en sak gemensamt och det är deras kraftiga pårot. Oljerättikan har visat sig utveckla en kraftig pårot med en snabb tillväxt vilket gynnar markstrukturen. Oljerättikan är en växt som man bedriver en rad olika försök på för att se hur den fungerar som fånggröda, vilket visat sig positivt. Den nackdel som finns med oljerättikan är att det finns en risk att den uppförökar klumprotsjuka. Detta gör att man bör tänka sig för då den används i växtföljder med oljeväxter. Den anses lämplig att odla som mellangröda i potatisproduktion. Den fungerar bra som mellangröda efter vall, potatis, grönsaker, vårkorn och höstvet. När det gäller potatisproduktion så är den bra att odla före potatis då den anses sanerande för vissa skadegörare i potatis (Aronsson *et al.* 2012). Man har också sett positiva effekter rörande Betcystnematoder (Pålsson uå). Oljerättikan är känslig för frost vilket gör att den fungerar bäst kustnära från norska gränsen upp till Stockholmsregionen. I Skåne och på Öland och Gotland bör den sås 20 augusti och i övriga kustområden runt 14 augusti och runt Väneren, Vättern och Mälaren bör den sås 1 augusti. Oljerättikan dör vid temperaturer understigande -6 grader. (Aronsson *et al.* 2012).

Rättika (Raphanus sativus var longipinnatus)

Rättika är en annan intressant gröda i sammanhanget, de arter som importeras idag går under namnet Structurator. Ett problem med rättikan är att den inte klarar temperaturer under -4 grader vilket gör den ännu känsligare än oljerättikan. Rättikan har för övrigt samma problematik som oljerättikan när det gäller växtföljdssjukdomar (Aronsson *et al.* 2012). Man har också sett positiva effekter rörande betcystnematoder (Pålsson uå).

Vitsenap (Sinapis alba L.)

Vitsenap är snabbväxande, den har dock en låg köldtålighet -2 grader vilket gör att den bör sås tidigt, redan i början på augusti. Vitsenapen har också den en pårot men inte lika kraftig som rättikorna. Den är mottaglig för klumprotsjuka och är därmed olämplig i växtföljder med oljeväxter. Den är dock mindre känslig för torka än oljerättika (Aronsson *et al.* 2012).

Cikoria (Cichorium intybus L.)

Cikoria är en gröda som är intressant som alvluckrare. Den har en förmåga att växa länge under säsongen. Den är att jämföra med lusern i sin förmåga att luckra alven. Cikoria är en gröda som är svår att etablera. Den etableras bäst som insåningsgröda men etableringen tycks misslyckas två av tre år. Det finns indikationer som pekar på att cikoria som dör på grund av utvintring riskerar att läcka lättlöslig fosfor. Det finns dock resultat som pekar på att cikorian läcker mindre än exempelvis hundäxing, rajgräs och oljerättika (Aronsson *et al.* 2012).

Honungsört (Phacelia tanacetifolia)

Honungsört, som tillhör familjen *Boraginaceae*, är en gröda som är intressant pga. att den inte är släkt med de vanliga grödor som odlas i lantbruket. Detta gör att den kan anses som lämplig då den inte riskerar att uppföröka några skadegörare. Den är dock otroligt känslig för kyla, den dör redan vid första frostnatten. Den har ett stort kväveupptag, växer fort och har ett stort bladverk. Honungsörten kan inte odlas som insåningsgröda då den inte tål avslagning, den behöver mörker för att gro och går därmed inte att bredså. Honungsörten används ofta som en grüngödslingsgröda internationellt (Aronsson *et al.* 2012).

Rödklöver (Trifolium pratense)

Rödklöver är en art som odlats under väldigt lång tid i Sverige. Den odlas framförallt som en vallfoderväxt då den är känd för att ha ett högt proteininnehåll, proteininnehållet varierar dock beroende på skördetidpunkt och antal skördar. Den har en pålrot som fungerar bra, dock inte så bra som exempelvis cikoria och lusern (Löfkvist 2005). Man har sett att vallar med rödklöver har en god struktureffekt. Ska man använda rödklöver som fånggröda är det rekommendabelt att odla den tillsammans med något gräs då rödklöver inte har någon bra fånggrödeegenskap utan är en kvävefixerare som binder sitt kväve från luftens kvävgas. Det finns en risk att klöver infekteras av klöverrottröta, framför allt i äldre klövervallar (SLU 2004; Aronsson *et al.* 2012). Sorter som blommar tidigt har en bra återväxt men dålig långsiktig överlevnad medan sent blommande sorter har en sämre återväxt men bättre överlevnad. (Statens Jordbruksverk 2015a).

Blålusern (Medicago Sativa L.)

Blålusern är en av de grödor som rekommenderas till vallfoderproduktion i områden med risk för torka då den har en djup pålrot. Den trivs bäst i ett pH mellan 6 – 6,5. Den är långsam att etablera men när den väl är etablerad tål den att skördas tre gånger per år. Har man inte odlat lusern tidigare på den jord där den är tänkt att sås bör man ympa den med baljväxtbakterier för att den ska kunna etableras. (Statens Jordbruksverk 2015a).

Grödornas förmåga att bryta ned plogsulan

Det har gjorts en del svenska försök när det gäller rötters förmåga att tränga ner i kompakterad jord. I ett försök jämfördes lupin, lusern, rödklöver, rödsvingel, cikoria och korn (Löfkvist 2005). Detta försök visar att lusern och cikoria har rotsystem som har förmågan att penetrera plogsulan. Chen & Weil (2010) har också gjort ett försök där de tittade på olika grödors förmåga att penetrera kompakterad jord. I deras försök jämfördes raps, råg och rättika. Rättikan var den som hade bäst förmåga att penetrera den kompakterade jorden följt av raps och sist kom rågen. Kautz *et al.* (2010) gjorde ett försök där man odlade en klövergräsvall och en lucernvall under fyra år för att se på effekterna som de hade på vårmete. Man kunde konstatera att dessa grödor hade en positiv effekt på aggregatbildning i jorden. McCallum *et al.* (2004) har påvisat att det finns en skillnad i luserns påverkan av stora porer i jorden. De jämförde lusern och rörflen, rörflen hade odlats i tio år medan lusern hade odlats i fyra år. Det visade sig att de stora porerna (>4 mm) ökade kraftigt i det led som bestod av lusern. Men lusernen ökade inte den totala volymen makroporer (<2 mm). Riley *et al.* (2008) har också kunnat konstatera att markens porositet och mullhalt minskar med en minskad vallproduktion.

Grödornas effekt på den efterföljande grödans rotsystem i växtföljden

Chen *et al.* (2011) har kunnat påvisa att rättika och raps har en positiv inverkan på majsens rotutbredning då de används som fånggröda i föregående gröda. Kautz *et al.* (2010) kunde inte i sitt försök med fyraåriga klövergräsvall och lucernvall se någon effekt på växternas rotlängdsdensitet men man kunde se andra positiva effekter så som en ökad dagmaskbiomassa. Kirkegaard *et al.* (2008) menar att 50 % av vetets rötter har direktkontakt med rötter från föregående gröda.

Grödornas påverkan av den mikrobiella aktiviteten i marken

Mikroorganismernas funktion i marken är viktig och deras andel av kol i marken är stor. De motsvarar 1-3 % av den totala mängden kol i en jord oavsett jordart. De bidrar på många sätt till jordens kvalitet. De påverkar jordens aggregationsförmåga positivt, eftersom de ger ifrån sig polysackarider som klistrar ihop mineral och humus, svamparnas hyfer fyller samma funktion.

Många av markens organismer lever under svält stora delar av året och får ett överflöd av organiskt material vid markbearbetningen. Den största koncentrationen av organiskt material hittas på aggregatytter i rhizosfären och där det finns färsk förna. På dessa platser är födotillgången stor för mikroorganismerna. Det finns en stor mångfald av mikroorganismer i marken och många av dem utför samma arbetsuppgifter. Bland kvävefixerarna finns dock inte detta överflöd då många av dem är artspecifika. I många fall krävs det att man ympar utsädet med den bakterie som den specifika arten behöver i sin symbios. I vissa fall händer det att ympningen misslyckas. Det finns två ympmetoder som används idag och den ena är torrympning och den andra är blötympning. Vid

torrympning används bakteriepulvret torrt och blandas med utsädet och vid blötympning blandas preparatet ut med vatten och vattnas på utsädet.

Många av de marklevande organismerna är heterotrofa, vilket betyder att de är beroende av markens kol för att kunna bedriva sin ämnesomsättning. Autotrofa mikroorganismer, som använder koldioxid som kolkälla, är betydligt färre.

Mikroorganismerna bryter ned växtresterna olika fort beroende på vilken typ av kolhydrater som växtresterna innehåller. Lättlösliga kolhydrater som mono- och disackarider bryts ned fort medan polysackariderna bryts ned långsammare.

Hemicellulosa och cellulosa och lignin är de kolhydrater som bryts ned långsammast, där ligninet bryts ned i särklass långsammast. Halveringstiden för den organiska substansen är ungefär 100 år på åkermarksjordar.

De abiotiska faktorer som påverkar nedbrytningshastigheten är temperatur och markfuktighet. Markfuktigheten påverkas till stor del av temperaturens påverkan på evaporationen, men också genom nederbörden. Den höga nederbörden i Västsverige gör att halten av humus är högre här än i de östra delarna. Anledningen till detta är att den högre markfuktigheten gynnar växternas tillväxt. En annan anledning till detta är också att en högre markfuktighet ofta också påverkar mikroorganismernas aktivitet. Den sänkta aktiviteten hos mikroorganismerna höjer halten av organiskt material men den kan också öka avgången av lustgas vilket kan ske om det blir för blött. Det norrländska klimatet gör att organiskt material ackumuleras i marken. Det finns två anledningar till detta och den ena är att den låga temperaturen gör att mikroorganismernas aktivitet minskar.

Temperaturen påverkar också avdunstningen vilket i sin tur gör att markfuktigheten ökar till en nivå som gör att mikroorganismernas aktivitet minskar. Här finns samma risker som redan tagits upp när det gäller den höjda halten av organisk substans i Västsverige. När jorden är i balans mellan tillfört organiskt material i marken och det material som bryts ner inträder något som kallas ”steady state”. Ju mer organiskt material som tillförs ju längre tid tar det innan ”steady state” uppnås. Huvuddelen av det organiska materialet finns från markytan och ned till ca 30-50 cm.

För att ytterligare förstå vikten av det organiska materialet i jorden så måste det organiska materialets som katjonbytare tas upp. I många fall så diskuteras lerpartiklarnas förmåga som katjonbytare som positiv. Vid pH 6 är det organiska materialet nästan fem gånger bättre katjonbytare än lerpartiklarna. Detta påverkas av pH då ett lägre pH ger en mindre skillnad och ett högre pH ger en större skillnad.

Den organiska substansen påverkar olika jordar på olika sätt. På sandjordar förbättrar det organiska materialet ofta jordens förmåga att hålla vatten och minska det mekaniska motståndet för rötterna. På siltjordarna påverkas jordens förmåga att bilda aggregat av det organiska materialet, en högre halt av organiskt material är positivt för aggregatbildningen vilket i sin tur leder till en mindre risk för att de slammar igen.

På lerjordarna så är effekten en annan. Där motverkar det organiska materialet lerjordens normalt starka förmåga att bilda aggregat vilket gör den lättare att bruka då aggregaten blir mindre. Detta gör också att jordens förmåga att hålla växttillgängligt vatten ökar (Eriksson *et al* 2013).

Samarbetet mellan mikroorganismer och växter

Grödorna samarbetar med mikroorganismer på många olika sätt. Växterna utsöndrar rotexudat (i rotspetsarna), som föder bakterier som lever där. Dessa bakterier angriper

också en del av den organiska substans som finns i direkt anslutning till rötterna i form av växtrester. Bakterierna betas sedan av amöbor och protozoer. Överskottet från amöborna och protozoerna avsöndras sedan i form av växttillgänglig näring. Mykorrhiza är ett symbiotiskt förhållande mellan mykorrhizabildande svampar och växter. Det finns olika typer av mykorrhiza. Endomykorrhiza och ektomykorrhiza är de vanligaste. Ektomykorrhiza-svamparna bildar symbios med träd och endomykorrhiza-svampar inkluderar arbuskulär mykorrhizasvamp, som bildar symbios med örtartade växter, däribland jordbruksväxterna. Arbuskulär mykorrhiza (AM) bildas på de flesta lantbruksväxter utom de korsblomstriga växterna (*Cruciferae*) och mållväxterna (*Chenopodiaceae*). Svamparna infekterar växterna för att komma åt kol och energi. Växten får då tillgång till ett rotsystem som kan vara upp till tio gånger sitt eget rotsystem och tillgång till bland annat svårtillgänglig fosfor som normalt växten inte haft tillgång till. Mykorrhiza kan flytta växtnäring mellan både tre och fyra olika växter. För att mykorrhiza ska kunna fungera så är bearbetningsmetoden väldigt viktig då upprepad jordbearbetning förstör dess trådar. Mängden tillförd växtnäring påverkar mykorrhizas betydelse. I system med en låg tillförsel av växtnäring verkar betydelsen vara störst. Det finns ett antal olika bakterier som lever i symbios med olika baljväxter. Dessa bakterier infekterar baljväxten och tar kol och energi från värdväxten men den ger den positiva effekten att den levererar växttillgängligt kväve till växten som den får från den kvävgas som växten tar upp. Dessa bakterier är arts specifika vilket gör att de ibland kan behöva ympas då man sår en baljväxt som aldrig odlats på marken tidigare. De arter som är aktuella är *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium* med flera (Eriksson *et al.* 2013). Långliggande baljväxtvallar har också visat sig ha en positiv inverkan på dagmaskbiomassan, då de ökar halten av kväverik organisk substans i marken (Kautz *et al.* 2010; Riley *et al.* 2008).

Hur kan grödorna användas i olika växtföljder

IPM integrerat växtskydd

Integrerat växtskydd IPM (Integrated Pest Management) började gälla den 1 januari 2014. Integrerat växtskydd bygger på fyra pelare: Förebygg, Bevaka, Behovsanpassa och följ upp.

De förebyggande åtgärder som man ska jobba med är att välja en gröda som är lämplig att odla på den plats som är aktuell. Ett exempel skulle kunna vara att man inte ska odla raps i skogskanter, då skogskanter verkar ge en ökad förekomst av rapsbagge (Statens Jordbruksverk 2004). Det är också viktigt att man väljer en växtföljd som fungerar för de grödor man tänker sig att odla så att man inte uppfödskadegörare på detta vis. Här skulle man kunna tänka sig att nämna vete följt av vete för enkelhetens skull. När vi kommer till val av utsäde så finns det några saker som är viktiga att tänka på: Vikten av att välja sorter med god sjukdomsresistens och att välja friskt utsäde. När man bestämmer sig för sin bevattnings och gödslingsstrategi måste man ta med i beräkningarna att en stressad planta är känsligare än en planta som inte är utsatt för stress. God maskinhygien är också något att tänka på så att man inte flyttar sjukdomar från ett fält till ett annat. Här gäller det att välja i vilken ordning man ska köra på fälten eller tvätta maskinerna i mellan. Sist men inte minst är det viktigt att gynna nyttodjuret så att de får möjligheten att dra sitt strå till stacken när det gäller skadedjursbekämpning.

När odlingssäsongen sedan kommit igång är det viktigt att spendera mycket tid i fält för att bevaka fälten och kunna sätta in rätt åtgärd vid rätt tillfälle. Till sin hjälp här har man de olika prognoser och prognosmodeller som finns tillhandahålls av Jordbruksverket eller de rådgivande företagen och organisationerna.

När det sedan blir dags för bekämpning är det viktigt att man behovsanpassar de åtgärder som genomförs och följer de bekämpningströsklar som finns och använder sig av preparat som är skonsamma för den biologiska mångfalden. Det finns också en rad icke-kemiska lösningar som man bör beakta.

Uppföljningen av bekämpningen är viktig, detta gör att man kan optimera varje bekämpningsåtgärd. För denna uppföljning är nollrutor en användbar modell för att man ska kunna se skillnaden (Statens Jordbruksverk 2015b).

Sjukdomsproblematik hos de olika grödorna

De sjukdomar som finns angivna i tabell 1 är de sjukdomar som kan drabba rättika, oljerättika och vitsenap. De sjukdomar som finns angivna i tabell 2 är sådana som kan angripa baljväxterna.

Tabell 1. Exempel på sjukdomar som kan drabba korsblomstriga växter och deras värdväxter.

Sjukdom	Värdväxter
Betcystnematod ¹	<i>Kulturväxter</i> : sockerbetor, rödbetor, spenat, oljeväxter, kålrötter <i>Ogräs</i> : målla, åkersenap, åkerkål, våtarv, lomme, penningört, pilört, olika arter av dân.
Bomullsmögel ²	<i>Kulturväxter</i> : oljeväxter, bönor, potatis, vallmo, kålväxter, sallat, morötter, lusern, klöver <i>Ogräs</i> : maskros, tistel, åkermolke, lomme, penningört, våtarv, svinmålla, plister, viol
Klumprotsjuka ³	<i>Kulturväxter</i> : raps, rybs, rovor, kålrötter, kål, rädisa, rättika (totalt kan över 300 <i>Brassica</i> arter drabbas) <i>Ogräs</i> : åkerkål, åkersenap, lomme, penningört
Kransmögel ⁴	<i>Kulturväxter</i> : Potatis, sockerbeta, lin, oljeväxter, solros, lusern, tomat, bomull <i>Ogräs</i> : målla, våtarv, baldersbrå, lomme, åkertistel, kamomill
Svartfläcksjuka ⁵	Övervintrar på korsblomstriga växter, skörderester och på utsäde

¹(SLU 2005), ²(SLU 1999), ³(SLU 1997), ⁴(SLU 1994a), ⁵(SLU 1996)

Tabell 2. Exempel på sjukdomar som kan drabba baljväxterna

Sjukdom	Värdväxter
Bomullsmögel ¹	<i>Kulturväxter</i> : oljeväxter, bönor, potatis, vallmo, kålväxter, sallat, morötter, lusern, klöver <i>Ogräs</i> : maskros, tistel, åkermolke, lomme, penningört, våtarv, svinmålla, plister, viol
Klöverröta ²	<i>Kulturväxter</i> : rödklöver, vitklöver, alsikeklöver, lusern, esparsett, getärt, kärringtand <i>Ogräs</i> : Ogräs som tillhör baljväxtfamiljen
Rotröta ³	<i>Kulturväxter</i> : Kulturväxter som tillhör baljväxtfamiljen

¹(SLU 1999), ²(SLU 2004), ³(SLU 1994b))

Hur påverkar reducerad bearbetning problematiken *Fusarium graminearum* och DON

Det finns en sjukdom som man ofta tar upp som ett problem i samband med växtrester i markytan och det är *fusarium graminearum* som är den svamp som orsakar problem med deoxynivalenol (DON) som är ett mögelgift. Man är ganska tydlig när det gäller rekommendationer om hur man ska hantera fusariumproblematiken. Det är viktigt att ha så lite växtrester som möjligt och att inte använda sig av en växtföljd som missgynnar tillväxten av fusariumsvamparna (Statens Jordbruksverket 2014). Vikten av plöjning diskuteras också när det gäller de svampsjukdomar som finns angivna under rubriken ”Sjukdomsproblematik hos de olika grödorna”. Motsvarande fanns också att läsa i Leplat *et al* (2013).

Oldenburg *et al.* (2008) menar att halm infekterad av fusariumsporer är smakligare för *L. Terrestris* stor daggmask än halm som inte är infekterad. De kunde påvisa i laboratorieförsök att daggmask med infekterad halm hade en större tillväxt än daggmask som hade haft tillgång till oinfekterad halm. Man kunde också påvisa att sporena bröts ned i jorden men man kunde inte säkerställa varför. Teorierna är att antingen bryts sporena ned av daggmasken eller av de mikroorganismer som lever i daggmaskgångarna. Schrader *et al.* (2009) gjorde ett liknade laboratorieförsök och kunde också konstatera att halterna av fusarium orsakade gifter minskade i marken. Man upptäckte också att halterna av dessa gifter ökade i daggmaskens vävnad. Dessa halter minskade efter hand. Man är dock osäker på hur det påverkar daggmaskens förmåga till fortplantning. Bertrand *et al.* (2015) bekräftar teorin att daggmask har en positiv effekt på nedbrytningen av svampinfekterade växtrester.

MATERIAL OCH METOD

Introduktion

De metoder jag valt att använda mig av i arbetet är en litteraturstudie och ett fältförsök. Litteraturstudien undersöker vilka för och eventuella nackdelar det finns med bioporer i marken. Litteraturstudien är det jag valt att lägga störst vikt vid. Fältförsöket gjordes för att undersöka hur och om lusern kan skapa bioporer som är gynnsamma för den gröda som odlas.

Litteratursökning

I min litteratursökning har jag utgått från en artikel som heter: "Research on subsoil biopores and their function in organically managed soils: A review", Kautz (2013a). Med denna artikel som startpunkt har jag sedan sökt mig vidare för att fördjupa mina kunskaper. I mina litteratursökningar har jag framför allt använt mig av sökmotorn Web of Science men också Google Scholar.

Infiltrationsmetoder

Två av de metoder som används när man gör infiltrationsförsök idag är infiltrometermetoden och en metod där man använder infiltrationsramar. Det som skiljer metoderna åt är framförallt att infiltrometern får man justera så att vattnet droppar ut i den takt som marken infiltrerar vattnet (McCallum *et al.* 2004). När man använder infiltrationsramarna så håller man en förutbestämd mängd vatten i ramen och sedan mäter man tiden det tar för vattnet att filtreras ner genom markprofilen (Berglund & Gustafson Bjuréus 2008). Båda metoderna kräver att man vattenmättar markprofilen före infiltrationsförsöket.

Metodbeskrivning

Metodval

Den metod som valdes för arbetet var metoden med infiltrationsringarna då det var den metod som fanns tillgänglig på SLU Alnarp.

Väderuppgifter

Vädret vid tidpunkten för försöket var växlande molnighet med en temperatur som varierade mellan fem och tolv grader. Vinden var varierande och följde morgon- och kvällsbrisen till stora delar. Vindhastigheten varierade mellan noll och sex till åtta meter per sekund.

Beskrivning av försöksplatsen

Försöksplatsen är belägen sydsydväst om Alnarp på Alnarps Egendom. Där Malmövägen och västkustvägen skär varandra.

Försöket är gjort i ett redan befintligt försök där man undersöker grönmasseutbytet i olika blandningar av gräs- och gräs/baljväxtblandningar med olika kvävenivåer för biogasproduktion.

Försöksplatsen är ursprungligen ett nötkreatursbete med långliggande bete. Arealen har ändrat produktionsform sedan mjölkproduktionen på Alnarps Egendom upphörde efter ett salmonellautbrott under 2005. Jordarten är en mullrik lerfattig sandjord se tabell 4.

Tabell 4. Jordartsbeskrivning 0-20 cm (Mårtensson *et al.* 2015)

Vattenhållande förmåga (%)*	40,0
Organisk substans (%)*	8,89
pH (H ₂ O)*	6,19
Organisk substans (%)**	6,77
Ler (%)**	0,20
Mjåla (%)**	17,3
Sand (%)**	75,7
pH**	6,30
Total P (mg/g)**	1,52
Tillgänglig P (mg/g)**	0,92

* sållad jord

** osållad jord

Utrustning

Den utrustning som användes under försöket var infiltrationsringarna som bestod av ett metallrör med en innerdiameter på 177 mm som har en fasad kant i ena ändan för att lättare kunna tryckas ned i marken, litermått, tidtagarur, spade och slägghammare se figur 1.



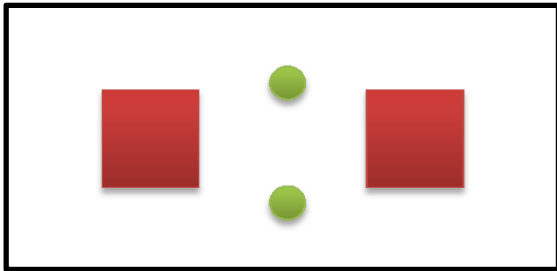
Figur 1. Delar av utrustningen för infiltrationsförsöket.
Foto: Björn Larsson

Beskrivning av de försöksled som analyseras

Det finns sex led i försöket fördelade enligt följande: En gräsblandning med rörflen ”Bamse” *Phalaris arundinaceae*, rajsvingel ”hykor” *Festulolium* och hundäxing ”Donata” *Dactylis glomerata*. Denna blandning är gödslad med tre olika kvävegivor: 0, 60 och 120 Kg N/ha. Den andra blandningen består av samma gräsblandning och till 50 % bestående av en blandning av blåusern *Medicago sativa*, alsikeklöver *Trifolium hybridum*, fodergetruta *Galega orientalis* och vitklöver *Trifolium repens*. Denna blandning har också den fått tre olika kvävegivor: 0, 60 och 120 Kg N/ha. De sex olika leden finns representerade i fyra olika block som är orienterade i östvästlig riktning med block ett i längst i väster därefter är de orienterade i kronologisk ordning mot öster.

Tillvägagångssätt

Varje parcell har blivit analyserad enligt följande modell. Två infiltrationsramar har blivit utplacerade mitt i parcellen se figur 2. Detta för att inte störa det befintliga försöket där man skördar två ytor om en kvadratmeter en meter in i parcellens kortsidor under vid ett eller två tillfällen beroende på antal skördar.



Figur 2. Illustration av orienteringen av infiltrationsramarna. De röda ytorna markerar det liggande försökets skördeytor och de gröna ytorna markerar plats för infiltrationsramarna.
Illustration: Björn Larsson

Platsen som valdes för infiltrationsramarna valdes för att representera parcellens grödtäthet för att ge ett så rättvisande resultat som möjligt. Detta då vissa av parcellerna var luckiga. Därefter trycktes ringarna ner i marken ca två centimeter för att inget vatten skulle kunna tränga ut vid sidan av ramen och en liter vatten hälldes i infiltrationsramen för att vattenmätta markprofilen innan försöket startade. När vattenmättnaden var genomförd startades klockan och när klockan visade 10 sekunder hälldes en liter vatten ned i infiltrationsramen vilket motsvarar 58,9 mm. Den tidigare nämnda omräkningen gjordes för att mätvärdena skulle bli rätt då grödan inte klipptes ned. När infiltrationsringen var tom på vatten mättes tiden och tio sekunder drogs av på den tid som visades på klockan.

När infiltrationsmätning gjorts vid markytan grävdes en 20 centimeter djup grop där ovan nämnda process startades om från början. Anledningen till att jag valde 20 cm var för att det skulle representera ett normalt plogdjup.

För att kunna centrera infiltrationsramen mättes ramens X och Y koordinater ut genom att mäta 30 centimeter från infiltrationsramen i X och Y led. Därefter centrerades ramen i det grävda hålet se figur 3.



Figur 3. Illustrerar inmätningen av infiltrationsramen vid infiltration på 20 centimeters djup.
Foto: Björn Larsson

Resultatet av samtliga mätningar antecknades parcells- och blockvis med den tid det tog för en liter vatten att infiltreras i minuter och sekunder. Infiltrationsramen som användes hade en innerdiameter på 177 millimeter. En liter vatten motsvarar en infiltrationsmängd på 58,9 millimeter vatten. Resultaten analyserades med hjälp av Microsoft Excel.

RESULTAT

Resultat av infiltrationsförsök

I försöket har jag valt att räkna på två sätt, dels har jag räknat på hur stor infiltrationsförmågan är med utgångspunkt i den medeltid som det tog för vattnet att infiltreras. Jag har också valt att räknat ut den infiltrerade mängden vatten i varje enskild parcell och sedan räknat medel- och medianvärde på detta. Resultaten ser dock lite olika ut beroende på vilket sätt jag räknat och om man använder sig av medel- eller medianvärdet. Båda resultaten redovisas.

Statistisk behandling

För den statistiska behandlingen av de data som samlats in har jag beräknat medelvärde efter råd från Jan-Eric Englund som är universitetslektor på institutionen för biosystem och teknologi på SLU Alnarp och jobbar med statistik.

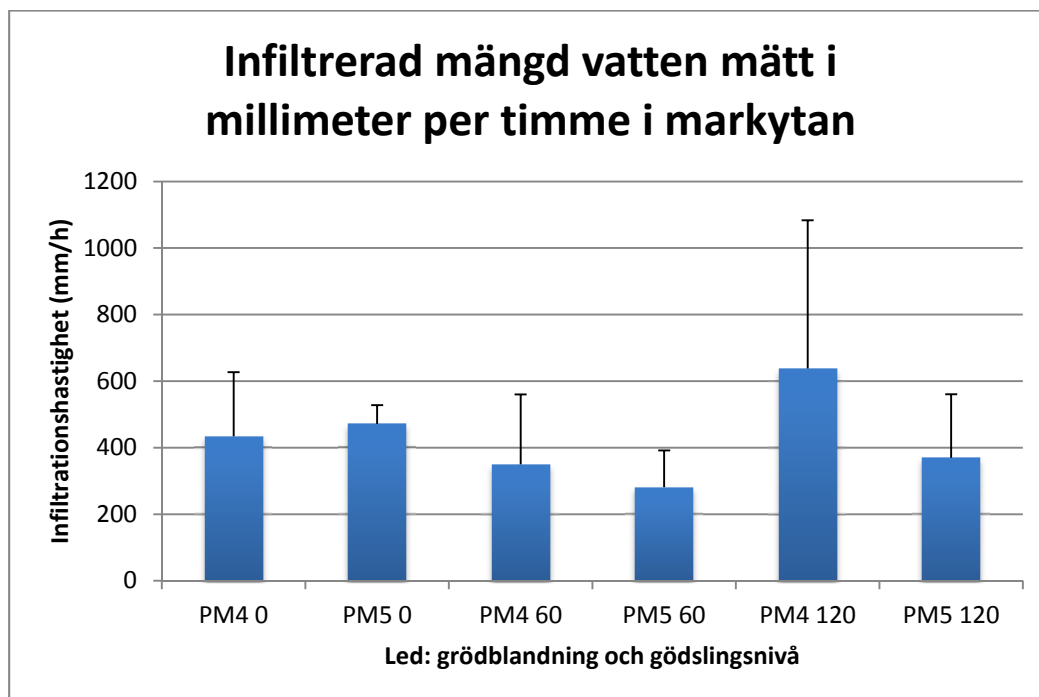
Figur 4 visar medelvärden och standardavvikelse stickprov för infiltrationen räknat på mängd infiltrerat vatten per timme i markytan och figur 5 visar medelvärden och standardavvikelsen stickprov för 20 cm nivån, standardavvikelsen i tabellerna visar standardavvikelsen per led som ett plusvärde. Bilaga 1 visar den rådata som använts vid beräkningarna.

Infiltrationer gjorda i markytan

De infiltrationer som är gjorda i markytan (figur 4) visar att i de led som inte fått någon kvävegödsling PM4 0 och PM5 0 visar att det led som innehåller baljväxter har en något bättre infiltrationsförmåga än det led som inte innehåller baljväxter. Här kan man dock se att standardavvikelsen är större i PM4 0.

För de led som fått 60 kg N PM4 60 och PM5 60 har förhållandet vänt och de led som inte innehåller baljväxter har en något högre infiltration. Här är standardavvikelsen större för de led som inte innehåller baljväxter.

För de led som fått 120 kg N PM4 120 och PM5 120 är skillnaderna större till fördel för det led som inte innehåller baljväxter. Standardavvikelsen är dock större för de led som inte innehåller några baljväxter.



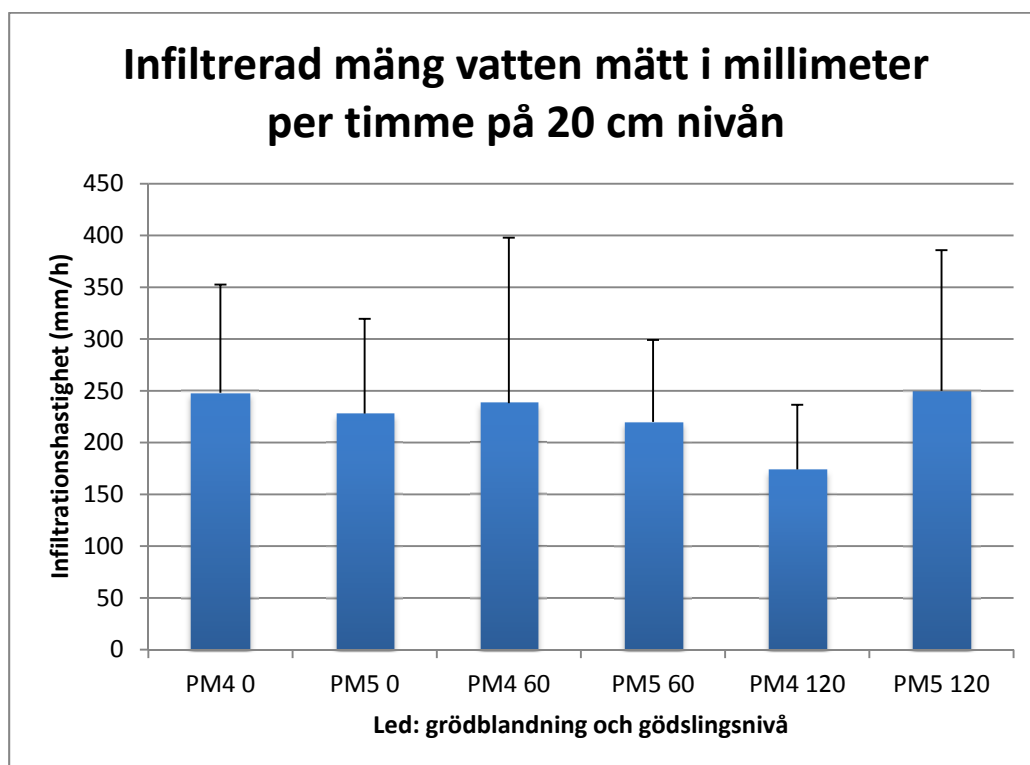
Figur 4. Infiltrerad mängd vatten i markytan mätt i millimeter per timme (medelvärde och standardavvikelse stickprov visas i tabellen). PM 4 representerar grödblandning och utan lucern och PM 5 med lucern, siffrorna 0, 60 och 120 indikerar på gödslingsnivå (kg N/ha).

Infiltrationer gjorda på 20 cm nivån

På 20 cm nivån är inte skillnaderna lika stora. I leden PM4 0 och PM5 0 som är de led som inte fått någon kvävegödsel har de led som inte innehåller några baljväxter en något högre infiltrationsförmåga och standardavvikelse är ungefär lika stora.

I de led som fått 60 kg N PM4 60 och PM5 60 är fortfarande infiltrationsförmågan större för de led som inte innehåller några baljväxter. Här är dock standardavvikelsen större för de led som inte innehåller några baljväxter.

I de led som fått 120 kg N PM4 120 och PM5 120 har baljväxtledet PM5 en högre infiltrationsförmåga än de led som inte innehöll baljväxter. De led som innehöll baljväxter har dock en högre standardavvikelse än de led som inte innehåller baljväxter.



Figur 5. Infiltrerad mängd vatten på 20 cm nivån mätt i millimeter infiltrerat vatten per timme (medelvärde och standardavvikelse stickprov visas i tabellen). PM 4 representerar grödblandning och utan lucern och PM 5 med lucern, siffrorna 0, 60 och 120 indikerar på gödslingsnivå (kg N/ha).

Påverkansfaktorer

Ett antal saker värda att nämna som påverkans faktorer i sammanhanget är att marken som försöket var förlagt till tidigare har använts som betesmark för nötkreatur med betesvall på åkermark. I fältet återfanns endast två dagmaskar i de 48 hål som grävdes

för infiltrationen på 20 cm nivån. Plogsulan gick inte att identifiera. Endast tre pålrötter av Lusern återfanns vid grävning. Enligt (Dexter 1991) fyller friska rötter ut de porerna de skapar och det tar ett år innan rötterna förmultnat. Inga rödklöverplantor återfanns i försöket. Det syntes stor påverkan av vattensork och mullvad. Jorden bestod av 75.6 % sand.

DISKUSSION

Grödor som förbättrar markstrukturen

Det finns ett antal tvåhjärtbladiga växter som har en effektiv pålrot. Gemensamt för några av dem är att de tillhör *brassica* familjen vilket gör att de kan sprida och uppföröka en rad av de sjukdomar (se tabell 1) som de vanligen odlade arterna i samma familj höstraps, vårraps och rybs har. Detta gör att de ur ett IPM (Integrated Pest Management) perspektiv kan anses som direkt olämpliga att odla. Något som kan komma att påverka detta är hur myndigheten väljer att tolka de förordningstexter som är skrivna rörande IPM. Enligt IPM ska man välja bästa tänkbara växtföljd och med utgångspunkten att lantbruksföretagen vill tjäna pengar på sin produktion kan en effekt bli att man väljer bort dessa grödor till förmån för de grödor som bringar en intäkt till företaget. En annan nackdel som oljerättika, rättika och vitsenap har är deras frostkänslighet. Detta begränsar användningsområdet till de kustnära regionerna söder om Stockholm i landet. Här behöver ett omfattande förädlingsarbete inledas för att få fram arter som är mindre frostkänsliga. Detta skulle då kunna medföra att man kan använda dessa grödor i områden och på fastigheter där man normalt inte odlar raps och rybs. En gröda som får ses som intressant på de ställen där det är man inte på grund av de växter som ingår i den ordinarie växtföljden kan odla oljerättika, rättika och vitsenap är honungsört. Honungsörten är inte släkt med någon av de grödor som vanligen odlas i Sverige. Den är dock svåretablerad då den inte går att så in och den måste myllas ned för att gro. Honungsörten är positiv då den attraherar pollinatörer. Honungsörten är dock frostkänslig och dör vid första frostnatten. En gröda som påminner om honungsörten är cikoria, denna gröda är om möjligt ännu mer svåretablerad. Den får en lyckad etablering en av tre gånger. Andra grödor som skulle kunna vara intressanta för de spannmålsodlande områdena i landet är lusern och rödklöver. Dessa har dock en nackdel och det är att de riskerar att uppföröka en rad växtföljdssjukdomar (se tabell 2). Dessa grödor ses som intressanta ur ett biogasproduktionsperspektiv. Här återkommer då IPM problematiken, här finns andra saker som kan komma att påverka produktionen av biogasgrödor. De är dels hur man ska använda jordbruksmarken i det perspektiv att man spår att det kommer att finnas drygt nio miljarder människor i världen 2050 och eventuella politiska beslut om beskattning med mera. Det finns alltså en rad olika politiska perspektiv på detta som måste tas i beaktande då man tar ut kursen mot framtiden. En slutsats jag dragit av detta är att det finns ett urval av grödor som är användbara för att förbättra markstrukturen och gynna ekosystemingenjörerna. Dessa grödor ger ett positivt resultat på markstrukturen. Ett Men som finns i sammanhanget är dock att det krävs att det fattas ett stort antal strategiska beslut av myndigheter och politiker som kommer att påverka miljöarbetet. Verktynen finns i verktyglådan men hur de kommer att användas påverkas av de beslut som makthavarna kommer att fatta. Det saknas dock sammanställningar av alla de grödor som är tänkbara att använda i dessa sammanhang. Det behövs antingen en statistisk jämförelse av de försök som är gjorda eller att man gör en serie jämförande försök under olika förutsättningar för att få ett bättre underlag inför framtiden.

Att komma förbi växtföljdssjukdomsproblematiken och ändå vinna positiva effekter av grödor med biopor

En lösning för att komma förbi växtföljdssjukdomsproblematiken skulle kunna vara att odla grödor som ger positiva effekter på bioporerna på vändtegarna samtidigt som man odlar andra grödor. Som exempel här skulle kunna nämnas att odla rättika eller oljerättika på vändtegarna samtidigt som man odlar raps. En idé i detta sammanhang är att man skulle kunna skörda den rättika som odlas på vändtegarna. Rättikan kallas även för maträttika. Denna rättika växer sig sakta men säkert populär då man ser fler och fler matlagningsprogram som tillagar olika rätter på denna typ av rättika. Ett annat alternativ för lantbruksföretagare med intensiv vallfoderproduktion skulle kunna vara att odla luserngräsblandning på vändtegarna samtidigt som man odlar en klövergräsblandning på övriga delar av åkern.

Daggmaskens förmåga att bryta ner fusariumsvamp

En sak som måste beaktas i samband med att man diskuterar växtföljdssjukdomar och de problem som dessa kan orsaka är problematiken med fusariumsvamp i odlingsystem med reducerad bearbetning. Jag har vid några tillfällen diskuterat fördelarna med reducerad bearbetning och innebörden av det. En motfråga som man får då är nästan alltid hur det fungerar med fusarium och DON. En av de vanligaste åtgärder som framförs för att undvika problem med fusariumsvamp är att plöja åkermarken väl för att förhindra spridningen av svampen en annan lösning är växtföljden. I detta sammanhang så måste än en gång stor daggmask *L. Terrestris* tas upp. Schrader *et al.* (2009) och Oldenburg *et al.* (2008) har gjort laboratorieförsök som visar att Stor daggmask kan bryta ner de gifter som orsakas av fusariumsvamparna. Det hade varit mycket intressant att titta på detta under fältnässiga förhållanden. En annan tanke som dyker upp i detta sammanhang är hur stor daggmask skulle fungera på andra typer av svampsmittade växtrester. Oldenburg *et al.* (2008) menar att stor daggmask inte är någon födogeneralist. Det ger en hypotes om att man genom att välja en jordbearbetningsmetod som gynnar stor daggmask skulle kunna minimera behovet av svampbehandlingar oavsett svampart och därmed kunna minska växtföljdens påverkan på grödvalet. Ett dilemma i sammanhanget är att stor daggmask inte är generalist men jag tycker ändå att det skulle vara intressant att titta på detta i ett storskaligt försök.

Bioporernas effekt på gröda och näringsupptag

Det står klart att bioporernas betydelse för näringsupptaget från de djupare jordlagren är avgörande. Det finns också ett samband mellan den tillförda mängden växtnäring och grödornas växtnäringsupptag från de djupare jordlagren, detta påvisade Kautz (2013b) näringsupptaget varierade stort. Detta är mycket positivt det kommer att leda till att vi kan minska tillförseln av växtnäringsämnen under en period. Dock har jag en hypotes om att denna effekt kommer att vara större initialt för att sedan minska med dock inte

komma upp till dagens behov att tillföra växtnäring. Detta gör att vi köper mer tid och skjuter peak fosfor framåt. Peak fosfor är den tidpunkt där fosforföryndigheterna kommer att vara så få att de kommer att vara för dyrt för att använda. I detta sammanhang finns det ytterligare två saker som bör tas upp till diskussion. Det är att kunna skapa ett riktigt kretslopp mellan stad och land. Detta är förbundet med enorma kostnader för att kunna kvalitetssäkra rötslammet från reningsverken. Det råder idag en oenighet om vilka effekter det ger på grödorna och vilka konsekvenser långsiktig odling med rötresterna från avloppsreningsverk får för livsmedelskvaliteten. Även här kommer makthavare i form av företagsledare, myndigheter och politikernas beslut och vilja att fatta beslut spela en mycket stor roll i framtiden.

Vallväxternas inverkan på det organiska materialet i marken

För att återknyta lite till de resultat som mitt infiltrationsförsök gett mig och den jord som infiltrationsförsöket genomfördes på så vill jag återkoppla till lantbrukets historia och hagmarken i åkerlandskapet. Hagmarken var tidigt viktig för slätter och bete för lantbrukarna. Dessa marker får ses som marker som användes till slätter och bete då de inte gick att odla med plogen för att det inte växte något om man plöjde. I skogs och mellanbygder där denna typ av mark återkommer frekvent är de ofta belägna på jordar med en mycket hög andel sand och det enda man kunde etablera antingen genom sådd eller genom självföryngring på dessa marktyper var vall. Den kunskap som fanns för tvåhundra år sedan i bondesamhället bekräftas av Kautz *et al.* (2010) och Riley *et al.* (2008). De menar att långliggande baljväxtvallar har en positiv inverkan på mullhalten i marken. Dessa marker gödslades aldrig med stallgödsel då gödseln var för dyrbar och användes till den åkermark som såddes. Tyvärr har många av dessa marker med mycket hög biologisk mångfald idag blivit planterade med granskog då de varit olönsamma i jordbruket.

Bioporernas positiva effekt för dagmasken och dagmaskens inverkan på näringstransport i biopor

Vallodlingen är viktig för de lantbrukare som bedriver produktion i skogs- och mellanbygder då det i stor utsträckning förekommer sand- och mojordar i dessa områden, vilket gör att en ensidig odling av spannmål på sikt skulle leda till att jordarna blir mycket svårödlade. I detta perspektiv hade det varit mycket intressant att låta en del av det skifte som försöket låg på att ligga i vall för att bruka den andra delen med plog och se hur lång tid det tar innan mullhalten är förbrukad och vinderosionen tar vid och parallellt bruka en del med reducerad bearbetning och en med direktsådd. Min hypotes är att den del som plöjs kommer relativt fort lida av vinderosionen.

Vallodlingens positiva effekt på jorden stärks på många sätt då den ökar halten av organisk substans i marken enligt Riley *et al.* (2008). Vallodlingen ökar också halten av biopor i marken enligt Kautz *et al.* (2010). Riley *et al.* (2008) kunde också påvisa en förbättrad markstruktur. De system där man odlar vall har visat sig positiva för dagmasken. Bertrand *et al.* (2015) menar att dagmaskförekomsten är positiv för den

mikrobiella verksamheten i jorden. Edwards & Loftley (1980) kunde påvisa att grödor växer bättre i bioporer skapade av dagmask än artificiellt skapade bioporer.

Beräkning av växtnäringsbehovet

Då det finns en stor mängd faktorer som påverkar hur effektivt näringsupptaget från de djupare jordlagren så skulle en tänkbar lösning kunna vara att man samlar den forskning som finns idag och skapar en programvara som kan simulera effekterna av jordart, dagmaskarts förekomst med mera för att kunna få en så rättvisande bild som möjligt och kunna använda detta verktyg som ett underlag för att kunna beräkna behov av mängd tillförd växtnäring, typ av växtnäring och sätt att tillföra växtnäringen. Detta för att kunna minimera läckaget och optimera inlagring av kol i marken med mera. Det finns ett bra exempel från mjölkproduktionen att jämföra med det heter ”NORFOR”. ”NORFOR” är ett foderstatsberäkningsprogram där man har taget hänsyn till de fysiska faktorer som påverkar kons förmåga att konsumera foder och fodrets kvalitet i form av näringsvärde och fiberkvalitet med mera. Detta program tar i större utsträckning hänsyn till de aspekter som fysiskt påverkar djuret.

Detta ihop med tekniker som NIR, röntgenfluorecens även kallat PXRF och andra moderna tekniker kan vara nyckel till ett framgångsrikt och hållbart lantbruk.

Infiltrationsförsöket

Tydliga tendenser pekar på att de ogödslade leden med baljväxter (främst lusern) har en högre infiltrationsförmåga än de ogödslade leden utan baljväxter. Förhållandet förändras sedan med den ökade kvävegivan. De infiltrationsförsök som gjordes i markytan stödjer de teorier som finns om att baljväxter konkurrerar dåligt om gräsen kvävegödslas.

Den dominerande gräsarten var hundäxing denna art är känd för att ha ett djupgående rotsystem vilket ger den en hög torktålighet och att vara oerhört konkurrerande.

Antagande att det var hundäxing som var den dominerande arten bygger jag på att det fanns mycket tuvor och hundäxingen är känd för att vara tuvbildande. Detta skulle också kunna vara en av de anledningar som gör att PM 4 leden hade en högre infiltrationsförmåga än PM 5 i vissa led.

De infiltrationer som gjordes på 20 cm nivån visar att de ogödslade leden utan baljväxter har en högre infiltrationsförmåga än de led som hade baljväxter. I de led där det lagts 60- respektive 120- kg N per ha har baljväxtleden en högre infiltration.

Jag har lagt mycket tid på att försöka förstå varför infiltrationsförmågan skiljer sig mellan markytan och 20 cm nivån. Jag har dock inte kunnat hitta någon trolig orsak till de skillnader som förekommer.

Man kan fundera på vad infiltrationsförmågan har störst effekt någon stans. Är man ute efter att titta på infiltrationsförmågan som ett mått på rötternas förmåga att tränga ned i marken så får man säga att infiltrationsförmågan på 20 cm nivån är den som är viktigast. Tittar man på markens infiltrationsförmåga i markytan så är det framförallt med avseende på att kunna minimera risken för isbränna och att grödan drunknar. Isbränna kan dock även uppstå om man får nederbörd på tjalad mark som sedan återfryser.

Nedan följer ytterligare ett antal olika påverkansfaktorer som jag hittat men ingen av dem kan direkt förklara skillnaderna i infiltrationsförmåga mellan de olika nivåerna.

Metodvalet gjordes med utgångspunkt i den kunskap jag haft sedan tidigare. Den modell jag använde är den som anges för i "Markstrukturtest i fält" (Berglund. & Gustafson Bjureus 2008). I efterhand inser jag att denna metod kanske inte är den bästa. Det fanns en tanke om att använda sig av en infiltrometer men någon sådan fanns inte att tillgå på Alnarp. En annan lösning som kanske hade varit bättre är att använda sig av genomsläpplighet som mätmetod. Denna metod har rekommenderats av Johan Arvidsson, professor i Markmekanik och Jordbearbetning på institutionen för mark och miljö vid SLU Uppsala, vid ett liknande försök som genomförts på Lydinge gård. Andra påverkansfaktorer som nämnts i resultatredovisningen är att marken använts som betesvall tidigare. Riley *et al.* (2008) kunde påvisa att mark som legat i vall har en god struktur och en ökad halt av organisk substans. Detta bevisar också den jordartsbeskrivning som gjordes. Halten av organisk substans i marken är hög 8,89 % i sorterad jord och 6,77 % i osorterad jord, se tabell 4. I sammanhanget är det intressant att fundera lite över dagmaskförekomsten i marken. De dagmaskobservationer som gjordes var få, endast två dagmaskar observerades vid grävning av de 48 infiltrationsgroparna. Denna metod är inte tillförlitlig men den ger ändå en fingervisning om hur det står till. Kautz *et al.* (2010) och Riley *et al.* (2008) menar att långvarig vallproduktion ska leda till en signifikant ökning av dagmask förekomsten i markprofilen. En fråga man kan ställa sig här är om också jordarten påverkar dagmaskförekomsten eller om det är det faktum att försöksfältet är närbeläget Öresund och att måsfåglarna helt enkelt förser sig med föda i fältet.

Jorden har en hög förekomst av sand 75,6 %, se tabell 4 detta i sin tur borgar för en bra infiltrationsförmåga. Motsvarande fenomen kan ses på fler ställen ut med Skåne- och Hallandskusten.

Plogsulan var svår att identifiera. En anledning till detta kan vara att det eventuellt inte finns någon tydlig plogsula, eftersom fältet har legat i vall under en längre tid och endast blivit plöjd ett fåtal gånger efter det.

Dexter (1991) menar att färskas rötter fyller ut porerna och att man först ett år efter kan mäta och se effekter av grödornas porbildning i markprofilen då de förmultnat. Efter som lusern- och hundäxingrötterna inte är avdödade då försöket fortfarande pågår skulle detta kunna göra att lusern- och hundäxingrötterna fortfarande upptar porerna vilket gör att det inte påverkar infiltrationsförmågan. Detta gör att vi inte kommer att kunna se eventuellt positiva effekter förrän försöket är avdödat och rötterna förmultnat

Vi såg endast pårötter av lusern i tre av de infiltrationsgropar som grävdes. Om lusernen ympats med baljväxtbakterier innan sådd eller inte framgår inte eller om lusernen skördats för tidigt under etableringsåret kan jag inte svara på men det skulle kunna var två orsaker till den låga förekomsten av lusern i försöket.

Försöket var också starkt påverkat av mullvad och/eller vattensork och när marken skulle vattenmättas inför själva mätningen, så försvann vattnet orimligt fort på några av försöksplatserna. Detta har självklart haft stor negativ inverkan på mätningarnas precision.

Ovan nämnda faktorer gör därför att jag inte litar på de resultat som framkommit i försöket. Min slutsats är därför att man i ett läge där man ska genomföra motsvarande försök bör välja en jordart där det vanligtvis förekommer problem med genomsläpplighet eller en jord som varit utsatt för stark påverkan av plöjning. Processen från start till mål har dock varit intressant och givande då den fört in ett nytt tänk och perspektiv i ämnet. Jag har också funnit att det finns många yttre omständigheter att ta hänsyn till som inte kan påverkas av den som genomför försöket.

Reflektion över effekter av arbetet

Arbetet har väckt många tankar och funderingar under dess gång. En del av dessa tankar har legat arbetet mycket nära och andra har legat betydligt längre från arbetet. Jag vill här redogöra för dessa tankar för att belysa hållbarhetsperspektivet utifrån forsknings- och myndighetsperspektivet. På många ställen kan man läsa att miljöåtgärder ska genomföras antingen med skapande av nya förordningstexter eller genom stöd. I vissa fall kan detta bli kontraproduktivt. Jag menar att den stora strukturomvandling som jordbruket är i idag kan bli kontraproduktiv för miljön på många sätt.

I de regioner där vi har ett lönsamt lantbruk kan många föreslagna åtgärder ha en positiv effekt. Det jag dock räds är de delar i landet där jordbruket har en lägre lönsamhet eller rent av går med förlust och det inte finns möjligheter att utöka verksamheten. Här är risken stor att man väljer att plantera skog på dessa arealer. Detta hände på många ställen för trettio- fyrtio år sedan.

I ett sådant läge skulle stora delar av den biologiska mångfalden försvinna helt och hållet då det mest lönsamma trädslaget idag är gran. I ett läge där man inte finner någon lönsamhet i lantbruket så kan detta bli den sista utvägen för den enskilde lantbrukaren. Man får inte glömma att lantbrukaren är företagare.

Det är därför mycket viktigt man i den forskning som görs med utgångspunkt i hållbarhet också tittar på lönsamhet. Är det inte lönsamt att hålla på med en driftsform så byter man driftsform och kanske tar ett arbete utanför lantbruket vilket är en utveckling vi sett under de senaste årtiondena.

En annan del i detta är att stöden till lantbruket är effektiva ur ett kortsiktigt perspektiv. Risken är mycket stor att åtgärder för att öka den biologiska mångfalden försvinner den dagen man tar bort stödet. Som ett exempel här kan nämnas stödet till fånggrödor som togs bort nyligen. Här är risken uppenbar att det inte kommer att odlas fånggrödor då det inte betalas ut någon ersättning till dessa. Därför är det mycket viktigt att man i forskningsarbetet med att öka den biologiska mångfalden, minska växtnärläckage, med mera också tittar på lönsamheten för den enskilde lantbrukaren. Vinsterna för miljön kommer långsiktigt att bli större i hela landet. Detta i sig är ett område som det skulle behöva lämnas mycket forskningsutrymme för att utreda.

Slutsats

Jag har kunnat dra några slutsatser av detta arbete men jag har också hitta utrymmen för fler insatser från forskningssidan några av dessa slutsatser redovisar jag nedan.

Infiltrationsförsöket

Tyvärr kan jag inte dra så stora slutsatser av det försök som jag genomfört då de ytter omständigheterna påverkar försöket till stor del. Försöket visar tendenser till att teorierna stämmer men indicierna är för svaga för att kunna påvisa detta. Detta beror framförallt på

tre orsaker. För det första så är sandandelen hög i jordanalysen, skadorna av vattensork var påtagliga och luserngrödan var inte avdödad utan de rötter som fanns de var fortfarande friska och fyllde ut eventuella bioporer.

Att odla grödor med pårot för att skapa bioporer i Sverige

Ett problem som gäller alla de grödor som tas upp i arbetet utom honungsört är att de är närbesläktade de grödor som vanligtvis odlas i de växtföljder där de kan odlas av klimatskäl. Detta påverkar användningen starkt av dem om man sätter in detta i ett IPM perspektiv. Det finns dock lösningar som är väl värda att nämna och det är att odla dem på vändtegarna samtidigt som man odlar deras släktingar inne i fältet. Här skulle kunna nämnas att odla rättika på vändtegen samtidigt som man odlar raps inne i fältet eller att odla en luserngräsblandning på vändtegen samtidigt som man odlar en klövergräsblandning inne i fältet. Dessa modeller är väl värda att testa i försök för att på det viset kunna påvisa effekten av dessa grödor. Man har genom försök kunnat påvisa att korn växer bättre om plantan har tillgång till de djupare jordlagren vilket stödjer teorin om vikten av att ha en jord med en låg förekomst av plogsula.

Daggmaskens inverkan på tillväxtfaktorerna

Daggmaskens effekt är större än vad jag kunde föreställa mig. Den stora vinsten som framkommit under arbetets gång är att stor daggmask använder sig av de bioporer som grödorna skapar för att använda dem som skydd. Detta resulterar i att andelen växttillgänglig näring ökar i de bioporer som används av daggmasken. En annan effekt av stor daggmask är att den förbrukar mycket halm. Den kan äta upp till 850 kg halm per ha om man har en förekomst på 100 st stor daggmask per kvadratmeter. Man har i laboratorieförsök kunnat påvisa att stor daggmask växer bättre om den får tillgång till fusariumsmittad halm än om de får frisk halm. Detta behöver dock undersökas mer i fältförsök för att kunna konstatera vilka effekter daggmasken har på svampsmittad halm.

Miljövinster av en ökad biodiversitet

Jag har kunnat se tendenser till att en ökad användning av bioporförbättrande grödor i kombination med reducerad bearbetning skulle kunna ge en större resiliens vilket skulle kunna påverka användningen av kemiska bekämpningsmedel på ett sätt som gör att man kan minska användningen av dem.

En reflektion som jag gjort är att politiker och forskares inverkan på arbetet är stort. För att kunna nå en snabbare framgång med arbetet för ett hållbarare lantbruk tror jag att det är viktigt att man tittar på lönsamhet då man utreder olika åtgärder. Kan man påvisa att en åtgärd ger en bättre ekonomi för den enskilda lantbruksföretagaren så ökar också motivationen att genomföra en åtgärd. EU-stöden är bra på kort sikt dessa kan vara en morot för lantbrukaren att vidta en åtgärd men dess effekt varar inte längre än stödet. Att skapa en tvingande lagstiftning kan i vissa fall få en motsatt effekt och resultera i att lantbruksföretaget kanske lägger ner, särskilt i skogs och mellanbygder där resultatet kan bli att man väljer att plantera igen åkermarken med gran vilket inte ökar biodiversiteten.

REFERENSER

Skriftliga

- Aronsson H.**, Bergkvist G., Stenberg M., Wallenhammar A-C., (2012). *Gröda mellan Grödorna –samlad kunskap om fånggrödor*. Jönköping: Jordbruksverket (Jordbruksverkets Rapport 2012:21)
- Athman M.**, Kautz T., Pude R., Köpke U., (2013). Root growth in biopores – evaluation with in situ endoscopy, *Plant Soil* vol 371 ss 179-400.
- Berglund K. & Gustafson Bjuréus A.**, (2008). 'Markstrukturtest i fält' *Beskrivning och instruktioner*. Rapport 8, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för hydroteknik.
- Bertrand M.**, Barot S., Blouin M., Whalen J., de Oliviera T., Roger-Estrade J., (2015). Earthworm services for cropping systems. A review. *Agron. Sustain. Dev.* Vol 35. pp. 553-567.
- Blouin M.**, Hodson M.E., Delgado E. A., Baker G., Brussaard L., Butt K. R., Dendooven L., Peres G., Tondoh J. E., Cluzeau D., Brun J. –J., (2013). A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *European Journal of Soil Science* Vol. 64. pp. 161-182.
- Chen G. & Weil R. R.**, (2010). Penetration of cover crop roots through compacted soil. *Plant soil* Vol 331 pp 31-43.
- Chen G.**, Weil R. R., (2011). Root growth and yield of maize as affected by soil compaction and cover crops. *Soil & Tillage Research*. Vol 117. pp 17-27
- Dexter A. R.**, (1991). Amelioration of soil by natural processes. *Soil & Tillage Research*. Vol. 20. pp 87-100.
- Edwards C. A. & Loftley J. R.**, (1980). Effects of earthworm inoculation upon the root growth of direct drilled cereals. *Journal of Applied Ecology*. Vol. 17. pp 533-543.
- Eriksson J.**, Dahlin S., Nilsson I., Simonsson M., (2013). Markens organiska material och biologiska processer. I: Marklära. Lund: Studentlitteratur AB, ss 103-132
- Jarvis N. J.**, (2007). A review of non-equilibrium water flow and solute transport in soli macropores: principles, controlling factors and consequences for water quality, *European Journal of soil science* vol. 58, pp 523-546.
- Kautz T.**, Stumm C., Kösters R., Köpke U (2010). Effects of perennial fodder crops on soil structure in agricultural headlands. *J. Plants Nutrition Soil Science*. Vol 173 pp 490-501.

Kautz T., (2013a). Research on subsoil biopores and their function in organically managed soils: A review. Renewable Agriculture and Food Systems, Cambridge University press

Kautz T., Amelung W., Ewert F., Gaiser T., Horn R., Jahn R., Javaux M., Kemna A., Kuzyakov Y., Munch J-C., Pätzold S., Scherer H. W., Schloter M., Schneider H., Vanderborght J., Vetterlein D., Walter A., Wiesenberg G. L. B., Köpke U., (2013b). Nutrient acquisition from arable subsoils in temperate climates: A review. *Soil Biology & Biochemistry* vol 57, pp 1003-1022.

Kautz T., Athman M., Köpke U., (2014). Growth of barley (*Hordeum vulgare L.*) roots in biopores with different carbon and nitrogen contents. *The Organic world congress 2014- Building Organic bridges.*

Kirkegaard J., Christensen O., Krupinsky., Layzell D., (2008). Break crop benefits in temperate wheat production. *Field Crops Research. Vol. 107. pp 185-195.*

Leplat J., Friberg H., Abid M., Steinberg C., (2013). *Survival of Fusarium graminearum, the casual agent of Fusarium head blight. A review.* Agron. Sustain. Dev. Vol. 33. pp 97-111

Löfkvist J., (2005). *Modifying Soil Structure Using Plant Roots.* Diss. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet

McCallum, M.H. Kirkegaard, J.A., Green, T. W., Cresswell. H. P., Davies. S.L., Angus J. F., Peoples. M. B., (2004). Improved Subsoil macroporosity following perennial pastures, *Australian journal of Experimental Agriculture*, vol 44, ss 299-307

McKenzie B.M., Bengough A. G., Hallett P. D., Thomas W. B. T., Forster B., McNicol J. W., (2009). Deep rooting and drought screening of cereal crops: A novel field-based method and its application. *Field Crops Research. Vol 112. Pp 165-171*

Mårtensson, L-M., Carlsson, G., Prade, T., Jensen E.S., (2015). *Enhancing biomass production from marginal lands with perennial grasses - GrassMargins.* Opublicerat Manuskript. EU-finansierat FP7 samarbetsprojekt. Institutionen för biosystem och teknologi. Lomma: Sveriges Lantbruksuniversitet Alnarp

Oldenburg E., Kramer S., Schrader S., Weinert J., (2008). Impact of the earthworm *Lumbricus terrestris* on the degradation Fusarium-infected and Deoxynivalenol-contaminated wheat straw. *Soil Biology & Biochemistry.* Vol. 40. pp 3049-3053.

Perkons U., Kautz T., Uteau D., Peth S., Geier V., Thomas K., Holz L., Athman M., Pude R., Köpke U., (2013). Root-Length densities of various crops following crops with contrasting root systems, *Soil & Tillage Research* Vol 137 pp 50-57

Pålsson O., (uå). *Praktiska råd från greppa näringen nr 10. Vitsenap och Oljerättika som fånggröda.* Greppa Neringen http://www.greppa.nu/download/18.37e9ac46144f41921cd1a727/1402315666453/Praktiska_Råd_Nr_10_fangroda.pdf. [2015-04-20]

Reidsma P., Tekelenburg T., van den Berg M., Alkemade R., (2006). Impacts of land-use change on biodiversity: An assessment of agricultural biodiversity in the European Union. *Agriculture Ecosystems & Environment*. Vol. 114. pp 86-102.

Riley H., Pommeresche R., Eltun R., Hansen S., Korsæth A., (2008). Soil Structure, organic matter and earthworm activity in a comparison of cropping systems with contrasting tillage, rotations fertilizer levels and manure use. *Agriculture Ecosystems and Environment*. Vol. 124. 275-284.

Schrader S., Kramer S., Oldenburg E., Weinert J. (2009). Uptake of deoxynivalenol by earthworms from *fusarium*-infected wheat straw. *Mycotox Res*. Vol. 25 pp. 53-58.

SLU. (1994a). *Faktablad om växtskydd: Kransmögel*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet (jordbruk 72 J) [faktablad]

SLU. (1994b). *Faktablad om växtskydd: Rotröta på klöver*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet (jordbruk 5 J) [faktablad]

SLU. (1996). *Faktablad om växtskydd: Svartfläcksjuka*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet (Jordbruk 26 J) [faktablad]

SLU. (1997). *Faktablad om växtskydd: Klumprotsjuka på oljeväxter*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet (Jordbruk 44 J) [faktablad]

SLU. (1999). *Faktablad om växtskydd: Bomullsmögel*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet (Jordbruk 25 J) [faktablad]

SLU. (2004). *Faktablad om växtskydd: Klöverröta*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet (Jordbruk 123 J) [Faktablad]

SLU. (2005). *Faktablad om växtskydd: Betcystnematod*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet (Jordbruk 124 J) [faktablad]

Statens Jordbruksverk. (2004). *Ekologisk Växtodling- Odlingsbeskrivningar: Oljeväxter och Lin*. Jönköping: Jordbruksverket. [Broschyr]

Statens Jordbruksverk. (2014). *Fusarium – Rekommendationer för att minimera fusariumtoxiner DON och ZEA i spannmål 2014*. Jönköping: Jordbruksverket. [Broschyr]

Statens Jordbruksverk. (2015a). *Odling av Jordbruksgrödor*. <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/jordbruksgrödor.4.373db8e013d4008b3a18000234.html> [2015-04-20]

Statens Jordbruksverk. (2015b). *Integrerat växtskydd - IPM*. <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/vaxtskydd/integreratvaxtskydd.4.765a35dc13f7d0bf7c42af0.html> [2015-04-21]

Muntliga

Ernfors M., (2014). Föreläsning i kursen "Hållbar markförvaltning i agroecosystem", Föreläsning "Markbiologi". SLU Alnarp.

Holm L., (2014). Föreläsning i kursen "Hållbar markförvaltning i agroecosystem", Föreläsning " Räkneövning: Vattenhållande förmåga".

Bilaga 1

BILAGOR

Bilaga 1

Bilaga 1: Rådata från infiltrationsförsök mätt i millimeter infiltrerat vatten per timme

Infiltrations- mängd mm/h	PM4 0		PM4 60		PM4 120		PM5 0		PM5 60		PM5 120	
	markyta	plogsula	markyta	plogsula	markyta	plogsula	markyta	plogsula	markyta	plogsula	markyta	plogsula
R1	717	376	202	128	381	176	398	158	230	257	229	151
R2	397	240	267	418	436	165	464	260	217	225	189	173
R3	312	121	268	80,4	1305	253	488	152	446	107	473	448
R4	311	253	662	324	430	101	534	344	231	288	586	226
medel	434	248	350	238	638	174	471	228	281	220	369	250
median	355	247	267	226	433	171	476	209	231	241	351	200
stdav.s	193	104	210	160	445	62,5	56,5	91,4	110	79,1	191	136
stdav.p	167	90,4	182	138	386	54,1	48,9	79,2	95,6	68,5	165	118

