

Allelopatisk effekt av industrihampa som förfrukt till åkerböna, ärt och lupin

Allelopathic effect of industrial hemp on broad bean, pea
and lupin

Maria Olsson



Allelopatisk effekt av industrihampa som förfrukt till åkerböna, ärt och lupin

Allelopathic effect of industrial hemp on broad bean, pea and lupin

Maria Olsson

Charlott Gissén, Sveriges Lantbruksuniversitet,
Institutionen för biosystem och teknologi

Anneli Lundkvist, Sveriges Lantbruksuniversitet,
Institutionen för växtproduktionsekologi

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: A1E

Kurstitel: Självständigt arbete i biologi - magisterarbete

Kurskod: EX0732

Program/utbildning: Agronomprogrammet mark/växt

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2015

Omslagsbild: Odlingssystemförsök i Bollerup. Fotografi: Ingemar Larsson,
Hushållningssällskapet Kristianstad.

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

Nyckelord: allelopati, baljväxter, hampa, lupin, odlingssystem, växtföljd

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap
Institutionen för växtproduktionsekologi

Populärvetenskaplig sammanfattning

Allelopati är en del av växternas konkurrensstrategi. Genom utsöndrandet av olika kemikalier påverkas andra växters möjlighet att etablera sig, växa och fungera på en plats. Då en planta upplever stress på grund av brist på resurser, såsom utrymme eller vatten, kan den genom utsöndrandet av olika kemikalier störa omgivande växter. Därigenom skapar växten sig en konkurrensfördel. Dessa utsöndrade kemikalier kallas allelokemikalier. Allelokemikalier påverkar de intill växande plantorna för att ge den egna plantan bättre förutsättningar. Deras kemiska sammansättning varierar beroende på växtsort samt var i växten de har producerats.

Syftet med studien var att genom en litteraturundersökning och ett kärlförsök undersöka om de tre baljväxterna lupin, ärt och åkerböna påverkas negativt av att odlas efter hampa. Hypotesen var att allelokemikalier hämmar groningen och tillväxt av baljväxterna om de odlas efter hampa jämfört med om de odlas efter sockerbetor.

Litteraturgenomgång visade att hampa producerar ett antal allelokemikalier som påverkar andra växter. Den producerar även flera kemikalier som har potential att orsaka allelopati men dessa olika substansers funktion och påverkan är ännu inte tillräckligt väl undersökta.

Slutsatsen från kärlförsöket var att groningen och biomassaproduktion hos baljväxterna lupin, ärt och åkerböna inte alls påverkades av att växa efter hampa. Plantlängden påverkades dock genom att plantor av åkerbönor och ärter blev signifikant längre om de odlades efter hampa jämfört med om de odlades efter sockerbetor. Plantlängden hos lupin påverkades dock inte alls.

Sammanfattning

Under år 2007 observerades dålig etablering och svag tillväxt hos blålupin i ett odlingssystemsförsök i Bollerup, Skåne. Förfrukten var hampa. I led med sockerbeter som förfrukt var blålupinetableringen god och visade inga tecken på försämrad uppkomst eller tillväxt. Samma iakttagelse gjordes år 2008. En misstanke väcktes då om att baljväxters etablering och tillväxt blir tillbakasatt av att odlas i en växtföljd med industrihampa på grund av dess allelopatiska ämnen. För att undersöka hampans eventuella hämmande effekt på efterföljande baljväxters uppkomst och tillväxt utfördes kärlförsök i klimatkammare på SLU, Alnarp år 2009. I försöket odlades åkerböna, ärt och lupin. Jord hämtades från fält på den ekologiska gården Mossagården, Skåne, där hampa hade odlats som förfrukt. Ett led med jord från ett ekologiskt odlat sockerbetsfält användes som kontroll.

Resultaten från kärlförsöket visade inget signifikant samband mellan hampa som förfrukt och försämrad uppkomst hos någon av baljväxterna. Uppkomstprocenten för lupin påverkades istället positivt av ett års förfrukt med hampa. Dock visade två års hampaförfrukt ge lägst uppkomst av lupin. Ärt visade högst uppkomst efter ett års hampa medan åkerböna hade högst uppkomst efter två års hampaodling.

Tillväxten av biomassa var lägre för åkerböna och lupin med hampa som förfrukt än med sockerbeter, men högre för ärt. Stjälklängden hos lupiner påverkades inte av förfrukten medan både ärt och åkerböna hade längre stjälkar när hampa var förfrukt.

Slutsatsen av denna studie var att inget signifikant samband mellan förfrukt och försämrad uppkomst av åkerböna, ärt och lupin kunde visas i kärlförsöket. Inte heller tillväxten av biomassa påverkades av förfrukten. Det visade sig dock finnas skillnader i plantlängd beroende av förfrukten för de olika baljväxterterna, där längden hos lupinplantor inte alls påverkades av förfrukten, medan både åkerbön- och ärtplantor blev signifikant längre då hampa var förfrukt.

Nyckelord: allelopati, baljväxter, hampa, lupin, odlingssystem, växtföljd

Abstract

During 2007, poor establishing and low growth was observed among lupines in a field trial at Bollerup, in the south of Scania, Sweden. The preceding crop was industrial hemp. In those cases where the preceding crop was sugar beets, no signs of low establishment or growth could be observed. The same observations were made in the following season, 2008. Suspicions then rose that hemp had an allelopathic effect causing the setback among the lupines.

To study hems alleged allelopathy on leguminous crops, a greenhouse trial was conducted in 2009. Broad beans, peas and lupines were grown in soil collected from the fields on the organic farm Mossagården, Scania. The soil was collected from (i) fields where hemp had been cultivated and (ii) fields where sugar beets had been cultivated. By comparing establishment and growth of three leguminous crops in the different types of soil, it would be possible to test whether the development observed in field were caused by allelopathic effects of the preceding crop (industrial hemp) or were mere coincident.

The results from the green house trial showed no significant effects of preceding crop on establishing rate of lupines. Germination seemed to benefit from hemp as a one year preceding crop, but were setback by two years. Peas showed the highest germination rate when preceded by one year of hemp, while broad beans benefited from two years of hemp.

The biomass production of broad bean and lupines were lower when preceded by hemp than by sugar beets. The stem lengths of the lupines were not affected by the preceding crop, while both plants of peas and broad beans gained length.

This study concluded that there was no significant interaction between preceding crop and germination of lupines, peas or broad beans. Neither did the preceding crop affect biomass production in the studied leguminous crops. The stem length of peas and broad beans were however found to be affected when preceded by hemp.

Key words: allelopathy, cropping system, hemp, legumes, lupin

Innehållsförteckning

1. Inledning	7
2. Bakgrund	8
3. Litteratursammanställning	10
3.1. Allelopati	10
3.2. Hampa	10
3.2.1. Cannabinoider	11
3.2.2. Terpener	12
3.2.3. Flavonoider	13
3.3. Odlingsbeskrivning av grödorna	14
3.3.1. Hampa	14
3.3.2. Ärt	15
3.3.3. Åkerböna	16
3.3.4. Lupiner	17
4. Material och metod	18
4.1. Kärlförsök	19
4.2. Grobarhetstest	20
4.3. Datahantering och statistisk analys	21
5. Resultat	22
5.1. Kärlförsök	22
5.1.1. Uppkomst	23
5.1.2. Längd	23
5.1.3. Vikt	24
5.2. Grobarhetstest	26
6. Diskussion	27
6.1. Sortvariation hos hampa	27
6.2. Näringsstatus	28
6.3. Hampans utvecklingsstadium	28
6.4. Lupin	29
6.5. Ärt	29
6.6. Åkerböna	30
7. Slutsats	31
8. Litteraturförteckning	32

1. Inledning

Allelopati definieras som en kemisk interaktion mellan växter genom utsöndring av ämnen till rhizosfären. Dessa ämnen kan på olika sätt ha en positiv eller negativ påverkan på intill varande växter för att ge den egna plantan fördel vid konkurrens om resurser. Nästan alla växter producerar och utsöndrar olika ämnen som skulle kunna ge en allelopatisk effekt men alla dessa produkter är dock inte allelopatiska (Weston, 2005).

De produkter som är allelopatiska, kallade allelokemikalier, produceras och utsöndras från olika delar av växten. Vilka delar varierar mellan arter, en del producerar allelokemikalier i alla växtdelar, andra endast i t.ex. rötter eller blad. Odling av en gröda med allelopatisk effekt som förfrukt eller fånggröda kan, förutom att fånga upp näringsämnen, reducera erosion och kväva groende ogräs. Dessutom kan den ha en effekt på nästkommande års ogräs genom utsöndrande av allelokemikalier (Kelton *et al.*, 2012). Utnyttjande av en allelopatisk gröda i växtföljden förutsätter dock att ingen skada eller nackdel drabbar huvudgrödan på grund av förfruktens allelopatiska effekt.

Syftet med denna studie var att undersöka om baljväxter blir tillbakasatta av att odlas i en växtföljd med industrihampa som förfrukt. Förhoppningarna var att kunna visa på huruvida hampa har en allelopatisk hämmande effekt på baljväxterna åkerböna, ärt och lupins uppkomst och tillväxt, eller om de observationer som har gjorts i fält åren 2007 och 2008 var tillfälliga sammanträffanden. För att kunna studera detta utfördes kärlförsök i klimatkammare. I klimatkammare råder en konstant och kontrollerbar miljö vilket utesluter yttre faktorer påverkan på resultatet. En litteraturgenomgång genomfördes för att undersöka vilken forskning som har genomförts på området.

De två hypoteserna som ställdes upp var:

- Hampa som förfrukt hämmar groningen och tillväxt på de tre efterföljande grödorna åkerböna, ärt och lupin jämfört med om grödorna odlats med sockerbetar som förfrukt.
- Tillväxten hos de efterföljande grödorna hämmas i större grad om förfrukten är två års hampaodling.

2. Bakgrund

På Bollerups Lantbruksskola ligger sedan 1987 ett av tre odlingssystemförsök. Försökens målsättning är att:

1. *"Bidraga med faktaunderlag för satsning på jordbruks- grönsaks- och energiogrödor i långsiktigt hållbara och miljövänliga odlingssystem."*
2. *"Öppna upp för olika fördjupade forskningsprojekt som kan knytas till dessa väldokumenterade och långliggande odlingssystem."*

Citat: www.odlingssystem.se

I odlingssystemförsöket i Bollerup ingår grödor som traditionellt sett är vanligt förekommande och lönsamma att odla i Skåne, såsom sockerbetor, rågvete och baljväxter. Under det senaste omloppet har även energiogrödor inkluderats i växtföljden.

2.1. Beskrivning av odlingssystemförsöket i Bollerup

Jordarten för hela försöket är något mullhaltig sandig lättlera med c:a 15 % lerhalt, 2,2–2,5 % mullhalt och ett pH på i genomsnitt 6,3. Samtliga parceller, där ettåriga grödor odlas, höstplöjs efter skörd. Under år 2007 observerades svag etablering och nedsatt tillväxt hos blålupin i det ekologiska ledet D, med hampa som förfrukt. I det ekologiska ledet E, med sockerbetor som förfrukt, var blålupinetableringen god och visade inga tecken på försämrad uppkomst. Samma iakttagelse gjordes år 2008, dock inte så påtaglig som år 2007. Led D är ett ekologiskt led, vars närings-tillförsel sker genom tillförsel av stallgödsel från nötkreatur. Ingen handelsgödsel eller kemiska bekämpningsmedel används och alla skörderester, så som spannmålshalm och sockerbetsblast, förs bort efter skörd.

Led E är även det ett ekologiskt led, men utan kvävetillförsel från stallgödsel eller handelsgödsel. Här tillförs dock en del kalium och fosfor genom fruktsaft, en restprodukt från stärkelseframställning, och svinurin. Alla eventuella skörderester arbetas ned på fältet efter skörd och ett år i en sexårig växtföljd odlas grüngödslingsvall för kväveanskaffning.

En jämförelse mellan skörderesultaten av blålupin i led D och led E mellan åren 2008-2010 ser ut som nedan (tabell1):

Tabell 1. Skörd, protein och restkväve (NH₄ + NO₃) i lupin efter hampa, led D, respektive sockerbetor, led E.

	2008		2009		2010	
	Led D	Led E	Led D	Led E	Led D	Led E
Skörd, 15 % vh, dt/ha	17,46	27,86	38,58	46,03	20,37	24,9
Protein % av ts	36,7	33,2	34,9	34,6	35,5	36,6
Rest-N, höst, 0-60 cm, kg/ha	29,7	35,4	71,1	53,8	60,1	39,4

Källa: www.odlingssystem.se

Lupinskörden var genomgående lägre i led D än i led E, medan proteinhalten inte skiljer sig nämnvärt mellan åren (tabell 1). Trots lägre restkvävmängder under 2009 och 2010 gav led E en högre skörd än led D. Då bearbetning och näringstillförsel var snarlika mellan leden, misstänktes skillnaden mellan ledens skörd bero på förfrukten (www.odlingssystem.se, 2012).

3. Litteratursammanställning

3.1. Allelopati

Allelopati avser växters hämmande eller stimulerande effekt på intill växande ogräs eller efterkommande gröda genom utsöndrande av allelokemikalier. Allelokemikaliers verkningsätt vid kontakt med en konkurrerande växt kan t.ex. vara att vid upptagningstillfället i rhizosfären störa membranfunktionerna på roten vilket omöjliggör vattenupptag. Olika allelokemikalier har olika sammansättning och formulering, beroende på i vilken växtart eller växt del de producerats, samt olika verkningsätt i sin påverkan på konkurrerande växter.

En stor del av de idag identifierade allelokemikalierna är sekundära metaboliter, som bildats under fotosyntesen. Sekundära metaboliter är organiska föreningar, ofta specifika i sin förekomst till en växtart, eller hos nära besläktade arter. Längre trodde man att dessa sekundära metaboliter inte hade någon funktion hos växten, utan var restprodukter. Det uppdagades dock redan på 1800-talet, att dessa föreningar förstärkte plantornas skydd mot herbivorer och patogener (Taiz & Zeiger, 2006).

Miljöfaktorer, som vattenbrist eller näringsbrist, eller andra stressfaktorer har observerats öka frigörandet av allelokemikalier till omgivningen. Detta som en reaktion på konkurrans om de i en stressad situation redan knapphändiga resurserna. Dock finns inte bevis för att stress alltid ökar produktionen av allelokemikalierna i växten. Flera olika allelokemikalier kan förekomma i en och samma växt, men huruvida dessa samarbetar eller inhiberar varandras effekt på omgivande växter är i dagsläget inte utrett (Kelton *et al.*, 2012).

3.2. Hampa

Hampa, *Cannabis sativa L.*, finns sedan lång tid tillbaka i odlad eller vild form i hela världen. Dess stora förekomst och spridning i världen har lett till att ett stort antal sorter har utvecklats. Mer än 700 sorter tros förekomma i världen idag, varje sort med olika variationer av kemisk och fysiologisk karaktär (Hazenkamp, 2009).

Hampan producerar ett stort antal olika sekundära metaboliter, inklusive allelokemikalier, i körtlar som finns utspridda på plantan. Dessa transporteras från körtlarna ut på blad och växtdelar i form av sekret (Pate, 1994).

Storlek, placering och form på de körtlar som producerar sekundära metaboliter varierar hos olika hampasorter. Körtlarna finns på all ovanjordisk växtmassa, med störst förekomst på blad och blommor. Förekomsten och placeringen av antalet körtlar varierar på den enskilda plantan: nyutvecklade blad högt upp på plantan har en högre koncentration av körtlar än äldre blad närmare markytan. Skillnaden i placering tros bero på att körtlar går förlorade allteftersom plantan utvecklas. Koncentrationen av körtlar är som störst runt blommorna på honblommorna och runt ståndarna på hanplantorna (Pate, 1994).

En studie i Indien år 2003 visade att torkade blad från hampans honplantor orsakade stor reduktion av biologisk aktivitet hos frön från flikpartenium, *Parthenium hysterophorus*. Bladen hade skördats vid blomning och resultaten visade att extrakt från torkade blad var mer gröningshämmande än extrakt från färsk hampa, men likväl var båda signifikant gröningshämmande (Singh & Thapar, 2003).

Hampans eventuella allelopatiska effekt har undersökts redan år 1989 i Pakistan, där man i försök studerade om hampan hade gröningshämmande effekt på ogräsen doftklöver *Trifolium resupinatum* L, durra *Sorghum bicolor*, bockhornsklöver *Trigonella foenum-graecum*, urdböna *Vigna mungo* och åkerkål *Brassica campestris*. Försöken visade att groning och rot- och skotttillväxt hämmades ned till 70 % hos urdböna och åkerkål i de led som odlats i kärlförsök med hampa som förfrukt (Inam *et al.*, 1989).

3.2.1. Cannabinoider

Hampa innehåller mer än 420 olika organiska föreningar. De mest studerade föreningarna är de så kallade cannabinoiderna. Cannabinoiderna är en sekundär metabolit som är exklusivt förekommande hos hampan. Många av de andra sekundära metaboliterna funna i hampa kan även förekomma hos andra växter. Fram till år 2009 hade 70 stycken olika cannabinoider identifierats och studerats (ElSohly & Slade, 2005).

År 2008 upptäcktes att hampablada kan inducera egen celldöd genom att läcka cannabinoiden THC (tetrahydrocannabinolic acid) från körtlarna på bladen ut till bladvävnad. Detta görs som en fysiologisk respons på stress av olika slag och orsakar nekroser och nedvissning av de egna bladen. Vidare visade försök att det var möjligt att framkalla celldöd hos andra växter, som själva inte producerar cannabinoider, genom att behandla dem med THC (Shoyama, *et al.*, 2008).

Olika former av yttre faktorer styr mängden av föreningarna som hampaplantan producerar. Tillgången på kväve, fosfor och kalcium är viktiga parametrar, då näringsbrist upplevs som en form av stress för plantan och leder till ökad produktion av flera olika cannabinoider. Likaså visade sig hög förekomst av konkurrens

rande växtlighet runt en hampaplanta leda till att mängden cannabinoider, oftast THC, producerad i körtlarna ökade. Studie av vattentillgången och jordartens påverkan visade att hampaplantor som växte i sluttningar, i lättare jordarter och på andra platser med sämre vattentillgång innehöll högre halter av cannabinoider (Haney & Kutscheid, 1973).

Hampaplantor uppvisar en liknande kemisk profil med varandra om de ursprungligen kommer från samma område, vilket används av tulltjänstemän för att identifiera ursprunget på beslagtagna cannabis (Brenneisen & elSohly, 1988). Effekten av vild hampa som ett ovälkommet ogräs studerades i Ungern år 2003. Då fann man att hampan hade en ansenlig allelopatisk effekt på vete, majs, lusern och kvickrot, då den signifikant hindrade groningen och rot- och skotttillväxt hos dessa grödor. Detta, tillsammans med hampans förmåga att gro och växa i de flesta jordtyper, ansågs vara anledningen till hampans möjlighet att snabbt sprida sig och därmed bli ett problemogräs (Benécs-Bárdi, 2003).

Latta och Eaton påstod att en hampaplantas potentiella cannabinoidinnehåll är genetiskt bestämt, men den mängd som uttrycks styrs av miljöfaktorer (Latta & Eaton, 1975). Jämförelser av cannabinoidinnehåll har gjorts av hampaplantor från olika klimatzoner, som under experiment odlades vid två olika temperaturer. Försöket visade att de plantor som odlats i svalare klimat (23°C) hade ett lägre innehåll av cannabinoider än de som odlats vid en varmare temperatur (32°C) oavsett geografiskt ursprung. Detta leder till slutsatsen att stress på grund av värme och i vidare utsträckning torka och hög metabolisk omsättning ökade halten av cannabinoider i hampaplantan (Bazzaz, *et al.*, 1975).

Inam *et al.* (1989) visade att mängden allelokemikalier varierade i hampaplantorna beroende på förutsättningarna som fanns på växtplatsen och vilka tillväxtförhållanden som rådde. Jordprover innehållande hamparester, som samlats in under regnperioder, visade sig vara mindre tillväxthämmande än prover som samlats in under torra förhållanden. Slutsatsen blev att *Cannabis sativa* L. är potentiellt allelopatisk för efterföljande gröda. Hur stark den allelopatiska påverkan blir beror på utspädningseffekten av de allelokemikalier under nedbrytningsprocessen.

Vattenlösliga föreningar som identifierades från hampaskott ansågs vara allelopatiska agenter. Detta väcker frågan om det finns flera former av tillväxthämmande föreningar hos hampan, då cannabinoider inte är speciellt vattenlösliga (Hazenkamp, 2009; McPartland, 1997). Utöver cannabinoiderna är de vanligaste förekommande föreningarna i hampa terpenier och flavonoider (Hazenkamp, 2009).

3.2.2. Terpenier

Hampaplantan har oftast karaktäristiskt stark doft, men trots detta förekommer inte något stort tryck av skadegörare. Troligen beror detta på att de olika terpenier som plantan producerar fungerar repellerande (Haney & Kutscheid, 1973). Terpenier kan, liksom cannabinoider, verka allelopatiskt på tillväxten hos omgivande växter. De terpenier som funnits i hampa har visats ha repellerande effekt mot svampar,

bakterier och virus i varierande utsträckning (Hazenkamp, 2009; McPartland & Russo, 2001).

Terpener är vanligen inte vattenlösliga och förekommer i över 120 olika former i hampan. Två olika produktionsvägar bildar de många olika formerna och storlekarna på terpenener. Då vissa terpenener leder vidare till att bilda viktiga primära produkter, som till exempel växthormonet gibberlin, är den största mängden terpenener sekundära metaboliter som fungerar som skydd för växten (Taiz & Zeiger, 2006).

Terpener kan extraheras ur hampaplantor genom destillation eller vaporisation, då i form av eterisk olja. Olika mängder eterisk olja fås ur olika sorters hampa (McPartland & Russo, 2001). Hampans sort och tillväxtstadium vid skördetillfället har inverkan på mängden eterisk olja som kan utvinnas (Meier & Mediavilla, 1998). Mängden eterisk olja som kan fås ur hampan kan variera, dels beroende på vilka delar av plantan som oljan utvinns ur, dels i vilket tillstånd plantan är i vid skörd. I försök kunde 0,05-0,11 % eterisk olja utvinnas ur färska blad och blommor från han- och honblommor (Martin *et al.* 1961). År 1996 kunde Ross och ElSohly utvinna 0,29 % eterisk olja ur färska hampknoppar från vild hampa (Ross & ElSohly, 1996).

Domesticerad hampa kan producera upp till 1,3 liter eterisk olja per ton färskt växtmaterial, vilket i fältförsök motsvarar 10 liter per hektar (Mediavilla & Steinemann 1997). Om pollinering dessutom förhindras kan mängden eterisk olja som går att utvinna öka till 18 liter per hektar skördad växtmassa (Meier & Mediavilla 1998).

3.2.3. Flavonoider

Flavonoider är en av de största grupperna fenoler som produceras hos växterna. Dessa bildas, liksom terpenener via två olika vägar. Flavonoiderna ingår bland annat i färgpigment hos blommor och blad, de ger den klara färg som ska locka pollinering. Flavonoiderna kan forma mönster av färg som är synligt över bredare våglängdsspann än vad det mänskliga ögat kan uppfatta. Detta mönster hjälper pollinering att hitta till ståndarna. Flavonoiders funktion i bladen är att absorbera strålning på högre frekvenser än vad som kan gagna växter, det vill säga vad som är inom det spann som kan utnyttjas i fotosyntesen. Flavonoiderna skyddar underliggande celler genom att absorbera det överskott av ljus som strålar in. Flavonoider utsöndrade från trindsädsrötter förmedlar i den förening som sker mellan trindsäd och kvävefixerande bakterier i marken (Taiz & Zeiger, 2006).

Hos hampan har 23 olika flavonoider identifierats, men troligen förekommer ännu fler som ännu inte kartlagts. Flavonoiderna återfinns, förutom i blommorna, även i bladen, stammen och pollen. Mängden av flavonoider varierar beroende på sorten och även användningsområdet som hampan är framavlad för. Undersökningar visade på en koppling mellan cannabinoidinnehållet och flavonoidinnehållet. Sorter med ett lågt cannabinoidinnehåll producerade inte cannflaviner i blad och

blommor. Detta tros vara en indikation på att cannabinoider och flavonoiders bildningsväg är länkade (Vanhoenacker *et al.*, 2002).

3.3. Odlingsbeskrivning av grödorna

3.3.1. Hampa

Hampa var en av de första växterna att bli domesticerade. Den har sin härkomst i Centralasien och spreds till Europa och Afrika då det var en användbar och lättodlad gröda (Svennerstedt & Svensson 2004).

Från 1600-talet till 1800-talet dominerade hampan som fiberväxt i Ryssland, Europa och Nordamerika, då dess fiber passade bra för användning till tyg- och papperstillverkning. Under 1900-talets första halva odlades fortfarande hampa, om än i en begränsad skala, i södra Sverige men var på nedgång på grund av den ökade tillgången av konstfibrer (van der Werf, 2004). På 1960-talet förbjöds hampaodlingen, då man ville förhindra att det odlades indisk droghampa. Odlingen blev tillåten igen år 2003, men då endast odling av industrihampa (Svennerstedt & Svensson, 2004). Industrihampa *Cannabis sativa* är en förädlad art, som skiljer sig från den vilt förekommande indiska droghampan *Cannabis indica* genom att den har ett lägre innehåll av den narkotiska substansen tetrahydrocannabinol (THC). Endast sorter som innehåller mindre än 0,2 % THC är godkända att odla, enligt bestämmelse från EU (Holstmark, 2006). Klassificeringen av olika hampasorter görs efter innehållet av THC (Hazenkamp, 2009).

Två olika sorters hampa odlas i Sverige då dessa lämpar sig för olika produktionsgrenar. Oljehampan odlas för att utvinna olja genom pressning av hampafrön. Plantan blir mellan 1,5 och 2 meter hög, är skildkönad och har ett ganska högt fiberinnehåll. Fröna innehåller en hög oljehalt, t.ex. högre än lin. Den urpressade frökakan används sedan som proteinfodermedel. Oljehampan ger en avkastning på c:a 1 till 3 ton/hektar. (Holstmark, 2006)

Fiberhampan har ett högre växtsätt än oljehampan, plantan blir upp till 3 meter hög. Hampans fibrer kan användas för att tillverka papper, isoleringsmaterial och textilier, men används idag framför allt till energiframställning. Hampan ger hög energiavkastning per hektar vid jämförelse med halm och rörflen, varför det är intressant att använda grödan till biobränsleframställning och pellets för värme (Flodin, 2005). Hampan är naturligt skildkönad, men nya sorter förädlas fram för att vara samkönade och på så sätt uppnå jämnare avmognad. (Holstmark, 2006)

Hampans växtsätt och tålighet gör att den kan odlas i stort sett i hela landet. Bäst odlingsförutsättningar finns på fukthållande, kalkrika men väl-dränerade sand- och lerjordar med hög mullhalt. Bearbetning innan sådd rekommenderas, då detta leder till en snabbare uppvärmning och därmed mineralisering i jorden. Utsädet måste vara certifierat, så att det inte överskrider 0,2 % THC-halt, detta omöjliggör alltså egen utsädesproduktion. Utsädesmängden varierar mellan 20 och 60 kg frö per ha,

beroende på syftet med odlingen. Ett högre plantantal per kvadratmeter ger ett tätare och högre bestånd, som får en högre och finare fiberkvalitet. Lägre plantantal är önskvärt vid oljefröproduktionen, då detta ger högre fröskörd. Plantorna är ganska frosttåliga och klarar av temperaturer ner till -10 grader C° (Ivarsson, 2005).

Hampan svarar väl på kvävegödsling, varför stallgödsel med fördel kan tillföras. Då hampan's temperaturtålighet gör att sådden kan ske tidigt på våren, får den en god ogräskonkurrens då den med sitt höga, täta och snabba växtsätt stänger ut solljus. Om ogrästrycket på odlingsplatsen är högt kan en radhackning tidigt under tillväxten utföras. Kväverekommendationen till hampa varierar beroende på förfrukt, jordart och förväntad skördenivå mellan 80 och 150 kg N. Ett relativt lågt fosforbehov på 15-20 kg och ett något högre kaliumbehov på 50-100 kg gör att stallgödsel lämpar sig väl för hampaodling. Hampans behov av kalcium är stort, varvid en väl kalkad jord är nödvändig. Då hampan inte är nära släkt med någon annan vanligt förekommande gröda i svenskt lantbruk anses den fungera som en bra avbrottsgröda, samt ha en god förfruktseffekt då hampan's rötter går relativt djupt och på så sätt luckrar jorden (Ivarsson, 2005).

Skadegörare på hampa förekommer inte i någon större utsträckning (Barron, *et al.*, 2003). Bomullsmögel och gråmögel kan förekomma, men vanligast är viltskador, då hampan's täta bestånd erbjuder skydd och mattillgång för många djur (Ivarsson, 2005).

Hampan skördas under hösten, vintern eller våren, beroende på syfte. Dess köldtålighet gör att skörd till fiberframställning kan ske sent på året, då dessutom en naturlig rötning av fibrerna har påbörjats i fältet. Fröskörd till oljeproduktion måste ske tidigare. Den långa tillväxtperioden hos fiberhampa leder dels till ett långt intervall av kväveupptag, vilket är bra ur utlakningssynpunkt, men också till att efterföljande gröda begränsas till att bli något vårsått, t.ex. spannmål, potatis eller grönsaker (Holstmark, 2006).

Hampan's plats i växtföljden bör vara efter en kväverik gröda. Hampan lämnar dock mycket biomassa efter sig i form av djupgående rötter och blad som ökar humushalten och jordens biologiska aktivitet. Dess djupa rotsystem gynnar god markstruktur och vattenhållande kapacitet, samt hämtar näring från djupare skikt än t.ex. spannmål (Barron, *et al.*, 2003).

3.3.2. Ärt

Ärtodling i renbestånd förekommer för produktion av djurfoder och för human-konsumtion. Odlingen drabbas lätt av växtföljdssjukdomar, varför det är extra viktigt att hålla växtföljd och långa odlingsintervall (Holstmark, 2007)

Ärtens placering i växtföljden bör vara efter en gröda som lämnar bra markstruktur, t.ex. vallar, höstspannmål eller grönsaker, förutsatt att strukturen inte blivit skadad under skörden. Väl-dränerade, genomsläppliga lättleror med hög mullhalt

lämpar sig väl. Packningsskador är ett stort hinder för ärten, då detta kan leda till syrebrist och försämrade rotutveckling. Ärtor behöver lucker och fuktig såbädd för att få en snabb och jämn uppkomst (Holstmark, 2007).

Ärtodling kan ha en sanerande inverkan på växtföljdssjukdomar som kan uppkomma i en spannmålstät växtföljd. Dess goda förfruktsvärde kan höja skörden hos en efterföljande spannmålsgröda med 10-20 % (Kristenson, 1987).

Bäst utnyttjar höstvetet ärternas förfruktsvärde. I regel mognar också ärterna i tid för sådd av höstvetet även i Mellansverige. Då ärten tröskas relativt tidigt kan det sås höstspannmål efter. Då tas också det fixerade kvävet tillvara på genom en förbättrad etablering. Ärtor bör helst inte återkomma oftare än vart 7-8:e år, då det ökar risken för rotsjukdomar. Utsäde bör väljas utifrån egenskaper som höjd och stjälkstyrka samt proteinhalt. Bladmattan är oftast inte tillräckligt tät för att ärtor ska kunna konkurrera bra mot ogräs, varför en eller flera ogräsharvningar behöver utföras i ekologiska odlingar. Ogräsharvning har oftast god effekt på ettåriga fröogräs, men dålig effekt på t.ex. åkertistel och kvickrot. På fält där dessa ogräs förekommer lämpar sig inte ärtodling. För att öka ärtens konkurrens i tidigt tillväxtstadium kan man i eko-odling öka utsädesmängden, så tidigt, ympa utsädet med kvävefixerande bakteriekultur och ge en startgiva av kväve. Senare i ärtens utveckling fixerar baljväxtbakterierna det kväve som ärten behöver (Holstmark, 2007).

Fosfor- och kaliumbehovet är något högre än för spannmålsodling. En lerrik jord kan tillhandahålla den kaliummängd på cirka 80 kg K/ha som behövs och även så fosformängden på c:a 35 kg/ha. Det beror på hur växtnäringsbalansen ser ut för fältet (Olrog & Rahbek Pedersen, 2004).

3.3.3. Åkerböna

Åkerbönor är en mycket gammal kulturväxt, som ursprungligen kom från Mellanöstern och Medelhavsområdet. Odlingen började småskaligt strax efter att ärtodlingen införts i Sverige. Grödan vinner mer och mer mark, då den är ett bra proteinfoder som kan odlas på våra bredgrader, och då den är ett bra alternativ i växtföljden (Johansson, 1999).

Åkerbönor kan odlas till grönmassa eller mogen skörd för att sen tröskas. Avsikten med odlingen styr sortvalet, då mognadstiden för de olika sorterna varierar. Vid odling av åkerböna till grönmassa, då hänsyn till mognadstiden inte behöver tas, är sena sorter ett bättre alternativ. Med hänsyn till fröskörd kan både tidig och sen avmognad orsaka problem. Innehållet av tanniner, som kan påverka fortplantningsförmågan hos svin och fjäderfä, styr fodervärdet hos de olika sorterna. Detta är kopplat till färgen på blommorna. De sorter som har vita blommor har ett lågt tanninnehåll och lämpar sig därför bättre som foder till svin, än vad sorter med blåa blommor gör (Larsson & Hagman, 2006)

Åkerbönor är inte så känsliga för markpackning som t.ex. ärtor, varför de kan odlas på allt ifrån lättleror till styva leror. Den är relativt frosttålig och gror vid låga temperaturer. Åkerbönor sås gärna tidigt efter en höstplöjning på en fuktig såbädd. Fukten gynnar uppkomst, samt rot- och skottutveckling. Näringsbehovet av kalium och fosfor liknar spannmåls. Åkerbönan har samma förmåga att fixera kväve som ärtor. Då den har ett djupare rotsystem kan näring hämtas djupare ner i markprofilen. Dess rotsystem är djupt men trots detta är åkerbönan känslig för torka då den har få fintrådiga rötter. Känsligast är de sorter som är korta i stjälken och tidiga i utvecklingen. Trots att åkerbönan inte är lika känslig för växtföljdssjukdomar som ärten, bör den inte odlas i renbestånd mer än vart 5-6:e år. Förfruktseffekten efter åkerbönor är god, då den förbättrar markstrukturen och lämnar mycket kväve efter sig som efterverkan. I växtföljden kan åkerbönan med fördel placeras efter höstsäd eller fleråriga vallar (Holstmark, 2007).

3.3.4. Lupiner

Blålupiner odlas kommersiellt i södra Sverige, upp t.o.m. Östergötland, då de är en bra alternativ gröda på platser med högt tryck av ärtrotröta. Dock bör lupin inte återkomma oftare än vart 6:e år i växtföljden. Lupin växer bra på lätta, torra jordar där pH- och fosforvärdena är låga. Dess glesa bladmassa gör att lupin konkurrerar mycket dåligt mot ogräs. Dock ger den en bra förfruktseffekt och lämnar mycket kväve kvar till nästkommande gröda (Olrog & Rahbek Pedersen, 2004).

De flesta sorter som odlas är blålupiner då dessa är mindre känsliga för låga pH-värden än gula och vita lupiner. De ger även bättre avkastning och mognar tidigare. Grenade sorter ger generellt bättre avkastning men har problem med ojämn avmognad. Helst bör lupiner odlas på lättare jordar där det tidigare har odlats lupiner, för att säkra förekomsten av kvävefixerande bakterier. Alternativet är att ympa utsädet. Stjälkstyrkan är i regel god hos de flesta sorterna, men den korta stjälken försämrar lupinens förmåga att konkurrera mot ogräs. Lupiner är betydligt kortare än åkerbönor, men mognar 1-2 veckor tidigare. Skillnaden i proteinhalt är försumbar (Larsson & Hagman 2006). Lupin har en pålrot som ger ett gott förfruktsvärde genom att förbättra markstrukturen. Pålroten gör det möjligt att hämta näring från djupare lager i profilen. Lupiner är speciellt bra på att tillgodogöra sig fosfor och kalium varför den kan placeras efter krävande grödor i växtföljden, som t.ex. potatis eller sockerbetor (Olrog & Rahbek Pedersen, 2004).

Likt åkerbönan har lupin speciellt svårt att konkurrera med perenna ogräs, det är viktigt att åtgärda ogräsen tidigt under odlingssäsongen. Radhackning och blindharvning är mycket effektiva medel att tillgripa för att kontrollera ogrässtrycket. Dock bör det endast utföras vid gynnsamma väderleksförhållanden, så att inte strukturen förstörs. Enligt försök utförda under åren 2002 och 2003 påverkades inte fröskörden av åkerböna av radhackning och blindharvning men gav en ökad skörd av lupiner jämfört med leden där ingen ogräsreglering gjorts (Boström, 2003).

4. Material och metod

Syftet med studien var att utreda om hampan hade allelopatisk inverkan och orsakade groningshämmande eller nerbrytande på lupin som odlas som efterföljande gröda. För att utreda hampans förfruktseffekt på flera baljväxter testades även ärtsorten *SW Clara* och åkerbönsorten *SW Aurora*.

Rose, en gammal lupinsort som utgått ur Olssons Fröers (leverantörer av lupinfrö i Skåne) sortiment 2009, var den som observerades ha dålig etablering i odlings-systemsförsöken åren 2007 och 2008. Den nya rekommenderade sorten *Galant*, som har ersatt *Rose* i odlings-systemsförsöken 2009, användes i kärlförsöken.

Grödorna lupin (sort: *Galant*), ärt (sort: *SW Clara*) och åkerböna (sort: *SW Aurora*) odlades i kärl om 12 liter i växthusen i Biotronen på Alnarp år 2009. Två olika parametrar observerades:

- Uppkomstfrekvens i procent för att observera eventuell allelopatisk effekt av förfrukten.
- Mätning av vikt och längd vid skördetillfället av de olika grödorna. Grödorna odlades med avsikt om att få optimal mängd av grönmassa.

Utöver kärlförsöket utfördes ett groningsförsök, där groningsfrekvensen hos testgrödornas frö observerades efter att de behandlats med extrakt från hampaplantar.

SW Clara har en hög avkastning och den har bäst stälkegenskaper av ärtsorterna på marknaden. Stjälkhöjden är hög vid mognaden och sorten är tidig till medeltidig i mognaden. Proteinhalten klassas som medelhög. Sorten har gett god avkastning, god konkurrensförmåga mot ogräs och goda skördeegenskaper i försök. Sorten passar både till foder och till kokning.

SW Aurora är en högvaxande, medelsen och högvuxen sort med medelgod stjälkstyrka. Fröna är medelstora med medelhög proteinhalt. Förmågan att konkurrera mot ogräs klassas som medelgod (Svalöf Weibull, 2012). Lupinen *Galant* är en grenad sort som varit med i sortprovningen i många år och som ger bra avkastning (Larsson & Hagman, 2006).

4.1. Kärlförsök

Jordprover togs i juli på Mossagårdens ekologiska lantbruk utanför Lund, från fält där det odlades hampa under 2008 (Fält 1) samt från ett intilliggande fält där det aldrig odlats hampa (Fält 2). Jordproven inhämtades ner till c:a 30 cm djup, vilket motsvarar plöjningsdjup, 10 meter in från fältens ytterkant. I ett tredje led användes jord från Fält 1 som preparerades med färsk hampa, för att simulera nerplöjning av hampa även år 2009, alltså två års förfrukt av hampa.

Jorden vägdes in, i lufttorkat tillstånd, i 12 liters kärl med en vikt på 15,00 kg/kärl. Fyra upprepningar av varje testgröda resulterade i att försöket bestod av 36 kärl totalt. Kärlen vattnades upp till uppskattad bra markfukt för sådd. Då kom de upp i en vikt av 16,6-16,8 kg.

Sådd skedde den 16 juli 2009 med en utsädesmängd om 9 frön/kärl, vilket beräknats motsvara kommersiell utsädesmängd. Bearbetning innan sådd skedde ner till 8 cm djup och fröna såddes på fuktig såbädd.

I enlighet med rekommendation av Holstmark (2007) såddes ärtorna på ett djup av 6 cm. Ärtens grobarhet var enligt Svalöf Weibull angiven som 98 %. Ingen ympning krävdes för ärtens kvävefixering. Då uppkomsten av ärt generellt var dålig i samtliga led, såddes ytterligare 6 kärl med ärt SW Clara, med samma utsädesmängd och såddjup som ovan nämnts. Dessa förbereddes väl för att utesluta påverkan av övervattning och markpackning.

Åkerbönorna såddes på 6 cm djup på fuktig såbädd enligt odlingsrekommendation av Olrog & Rahbek Pedersen (2004). Åkerböornas grobarhet var av Svalöf Weibull angiven till 80 % med lite tveksamhet, då just det här utsädespartiet var gammalt i lagret. Inte heller där behövs någon ympning för att försäkra kvävefixerande bakterier fanns att tillgå i jorden. Även av lupinerna såddes 9 frön/kärl i enlighet med rekommendation av Olrog & Rahbek Pedersen (2004).

Kärlen placerades i en klimatkammare i Biotronen, som var inställd på att hålla en luftfuktighet på 65 %, samt en dag/natt temperatur på 20°C respektive 15°C. Dagtid var 14 timmar och nattetid var 10 timmar. Kärlens placering i kammaren i Biotronen slumpades (*figur 1*)

I vidare diskussion kommer de olika leden i kärlförsöket benämnas:

- **Kontroll** - Jord från ekologiskt fält där hampa aldrig odlats, förfrukt sockerbetor.
- **Förfrukt H** - Jord från ekologiskt fält där hampa odlades 2008.
- **Förfrukt H+H** - Jord från ekologiskt fält där hampa odlades 2008 och med nedbearbetade hamparester för att simulera ett andra år hampodling.

1:1 Lupin	1:6 Ärt	2:1 Lupin	2:4 Lupin	3:7 Ärt	3:12 Åkerböna
1:5 Ärt	1:10 Åkerböna	2:11 Åkerböna	2:6 Ärt	3:1 Lupin	3:6 Ärt
1:7 Ärt	1:12 Åkerböna	2:7 Ärt	2:8 Ärt	3:11 Åkerböna	3:4 Lupin
1:3 Lupin	1:2 Lupin	2:5 Ärt	2:10 Åkerböna	3:9 Åkerböna	3:2 Lupin
1:11 Åkerböna	1:4 Lupin	2:9 Åkerböna	2:12 Åkerböna	3:5 Ärt	3:10 Åkerböna
1:9 Åkerböna	1:8 Ärt	2:3 Lupin	2:2 Lupin	3:3 Lupin	3:8 Ärt

Figur. 1. Utplacering av kärl i klimatkammare i Biotronen

Kärlen fick torka upp inne i klimatkammaren i Biotronen innan jordbearbetning och bevattning utfördes, och sådd kunde påbörjas. Efter sådd gavs vatten två gånger i veckan för att hålla fukt i krukorna så att fröna kunde ta upp den mängd vatten de behövde för att påbörja groningen. Då större delen av fröna var uppkomna införskaffades ett bevattningssystem med magnetventil för att automatisera bevattningen. Denna ställdes på att ge 2 dl vatten fyra gånger i veckan, för att sedan kunna öka allt eftersom tillväxten fortsatte. Vål vattnade kärl vägde mellan 16,6 och 16,8 kg. Bevattningen ökades senare till 2 dl två ggr/dygn för att tillgodose den växande grödans behov.

En startgiva näring gavs en vecka efter sådd. Då tillfördes BIOBACT, i sådan dos som rekommenderas på förpackningen för bruk till krukväxter, dvs. 3 cl löst i 1 dl vatten distribuerat till varje kärl.

Skörd av biomassa skedde den 18 september 2009 genom klippning av stjälkar vid jordytan. Därefter mättes, torkades och vägdes plantorna.

4.2. Grobarhetstest

Under kärlförsökets gång visade sig uppkomsten av ärt vara mycket dålig i samtliga tre försöksjordarna. På en del utsädeskärnor som inte grodde fanns tecken på mycelväxt. Därför såddes den 4 augusti 2009 6 stycken extra kärl med ärter, två i varje försöksjord. Dessa omsådda kärl visade något bättre uppkomst i Kontrolljorden och Förfrukt H, men uppkomsten förblev väldigt låg i Förfrukt H+H.

Då utsädet av åkerböna sort SW Aurora från Svalöf Weibull hade förvarats länge i lager, var även här den angivna grobarheten tvivelaktig. Därför utfördes ett groningstest, dels för att observera groningspotentialen, dels för att undersöka om groningen påverkades av olika substanser tillförda med bevattningsvattnet. Avsikten var att testa om antalet groende frön ändrades om fröna tillfördes tre olika lösningar innan och under groningen.

De tre olika lösningarna som användes bestod av:

- rent kranvatten, icke avjoniserat (benämns vatten)
- 145 cm lång färsk hampa-planta, med rot, mixad med 1 liter ljummet vatten med vanlig stavmixer, 24 h innan användning. Blandningen filtrerades genom ett kaffefilter innan applicering på utsädet (benämns hampate)
- Vatten avrunnet genom 30 cm jordlager från Fält 1, som hade tillförts nerplöjd hampa den 16 juli (benämns dräneringsvatten hampa)

Groningsförsöket skedde i inomhusmiljö genom att placera 100 frön av varje testgröda på fuktat filterpapper i riktning sydost beläget fönster. Fröna blötlades i 1 dl av respektive lösning i 12 timmar innan utplacering på filterpappret. Därefter sprayvattnades de med respektive lösning tre gånger dagligen för att behålla fukten. Groende frön räknades och dokumenterades baserat på om de gror med både rot- och toppskott. Försöket avbröts efter 10 dagar.

Då försöket inte innehöll några replikat betraktades varje art som ett block.

4.3. Datahantering och statistisk analys

En tvåfaktoriell variansanalys utfördes med hjälp av programmet Minitab 16 på mätningarna från kärkförsöket i klimatkammaren. De två faktorerna som användes var jord och art. Då denna analys visade signifikant interaktion mellan jord och art, utfördes vidare en enfaktoriell analys för att se om signifikanta skillnader förekom mellan jordar. Vidare analyserades data från groningsförsöket genom en enfaktoriell variansanalys med faktorn behandling.

I de statistiska resultaten visar olika bokstäver inom samma kolumn i tabellerna att värden är statistiskt skilda vid $P < 0,05$ enligt Tukey's test.

5. Resultat

Resultaten är baserade på mätningar av längd och vikt på skördade plantor från kärlförsöket. Tabellerna visar resultat från de statistiska analyserna samt överskådliga skörderesultat för de olika testgrödorna och jordarna.

5.1. Kärlförsök

Trots att 6 stycken extra kärl såddes med ärter, förblev uppkomsten väldigt låg i jorden Förfrukt H+H och i kontrolljorden. Även om uppkomsten var bättre i Förfrukt H-jorden jämfört med de andra två förfrukterna, uppgick den inte till den för partiet angivna gröningsprocenten. Ärtor som växt i kontrolljorden var dessutom betydligt kortare och lättare än de ärtor som växt i Förfrukt H och Förfrukt H+H. Ärternas biomassa var högst i kärl innehållande jord från Förfrukt H+H, medan den längsta stjälklängden uppmättes i Förfrukt H.

Lupin hade lägst procentuell uppkomst i kärnen innehållande jorden Förfrukt H+H. I kontrollen samt i led med hampa som förfrukt, Förfrukt H, hade lupin en högre gröningsprocent på 83 % respektive 97 %. Samtliga kärl med lupin visade en väldigt jämn längdutveckling för alla tre förfrukterna. Plantor som växte i jord från Förfrukt H var dock något kortare än plantor från kontroll och Förfrukt H+H. Medelvikten av lupin vid skördetillfället var lägre i Förfrukt H än i Förfrukt H+H och kontrolljorden.

Uppkomst av åkerböna var högst i Förfrukt H+H, följt av Förfrukt H. Lägst var uppkomsten i kontrollen. Åkerböna var dock den av testgrödorna som hade generellt högst uppkomst efter samtliga tre förfrukter.

Den tvåfaktoriella variansanalysen visade signifikant samspel mellan jord och art för P-interaktionsvärde = 0,05 (tabell 2).

Tabell 2. Medelvärde för uppkomst (%), stjälklängd (cm) och vikt av ovanjordisk biomassa (g/kärl) samt resultat av tvåfaktoriell variansanalys av faktorerna jord och art.

	Uppkomst (%)	Längd (cm)	Vikt (g/kärl)
<i>Faktor 1: jord</i>			
Kontroll	67 a	69,8 a	36,80 a
Förfrukt H	80 a	85,7 b	40,37 a
Förfrukt H+H	65 a	81,7 b	45,33 a
<i>Faktor 2: art</i>			
Ärt	43 a	108,1 a	53,26 a
Lupin	81 b	53,4 c	37,11 b
Åkerböna	87 b	75,7 b	32,15 b
P-värde faktor 1 jord	0,11	0	0,276
P-värde faktor 2 art	0	0	0,001
P-värde interaktion jord*art	0,076	0	0,01

Olika bokstäver inom samma faktor och kolumn visar att värden är signifikant skilda på nivå $p < 0,05$ (Tukey's test).

5.1.1. Uppkomst

Den tvåfaktoriella variansanalysen visade att uppkomst inte var signifikant skild mellan jordar med olika förfrukter för någon av de tre testgrödorna, samt att inget samspel fanns mellan faktorerna jord och art. Dock visade det sig att uppkomsten skilde sig signifikant mellan arterna (tabell 2).

En närmare undersökning utfördes genom enfaktoriell variansanalys för de tre testgrödorna enskilt i relation till förfrukten. Lupin visade sig ha signifikant bättre uppkomst efter ett års hampa som förfrukt, Förfrukt H, än efter hampa som tvåårig förfrukt, Förfrukt H+H, och signifikant skild från Förfrukt H. Uppkomsten av ärt och åkerböna skilde sig inte åt beroende på förfrukt (tabell 3).

5.1.2. Längd

Med avseende på längd visade den tvåfaktoriella variansanalysen att stjälkarna hos samtliga testgrödor var längre i leden med de båda jordarna med hampa som förfrukt, Förfrukt H och Förfrukt H+H, än i kontrollen med sockerbetor som förfrukt. De olika arternas stjälklängd ökade i ordningen lupin<åkerböna<ärt (tabell 2). Eftersom den tvåfaktoriella analysen visade på signifikant samspel mellan faktorn art och faktorn jord utfördes en enfaktoriell variansanalys för de tre testgrödorna var för sig. Det framgick då att lupinernas stjälklängd inte påverkats alls av förfrukten. Åkerböne- och ärtstjälkarna påverkades dock, båda arterna hade längre stjälkar då hampa var ettårig förfrukt. Ärternas stjälklängd var längst i de båda jordarna Förfrukt H och Förfrukt H+H och signifikant skilda från kontrolljorden.

Åkerbönornas stjälkar var lika långa i Förfrukt H+H-jorden som i kontrolleret medan stjälkarna var signifikant längre i Förfrukt H-jorden (tabell 3).

5.1.3. Vikt

Enligt den tvåfaktoriella variansanalysen påverkade inte ett års hampa som förfrukt, Förfrukt H, eller tvåårig hampa, Förfrukt H+H, mängden biomassa från de olika testgrödorna (tabell 2). Den enfaktoriella variansanalysen visade att ärtornas och åkerbönornas biomassa skiljer sig åt signifikant mellan kontroll och Förfrukt H+H med avseende på $p=0,05-0,1$. Störst mängd biomassa av ärtorna skördades efter Förfrukt H+H, följt av skörden från Förfrukt H. Lägst biomassa skördades från kontrolljorden. För åkerbönan var förhållandet omvänt. Kontrollen med sockerbetor som förfrukt gav störst mängd biomassa, följt av Förfrukt H och lägst biomassa gav Förfrukt H+H (tabell 3).

Tabell 3. Uppkomst (%), stjälklängd (cm) och skördad biomassa (vikt, g/kärl) hos ärt, lupin och åkerböna. Enfaktoriell variansanalys av skillnader mellan jordar för respektive art.

Jord	Ärt			Lupin			Åkerböna		
	Uppkomst (%)	Längd (cm)	Vikt (g)	Uppkomst (%)	Längd (cm)	Vikt (g)	Uppkomst (%)	Längd (cm)	Vikt (g)
Kontroll	33,3 a	83,7 a	32,6 (a)	83,3 (ab)	54,2 a	41,4 -	83,3 a	71,2 a	36,4 (a)
Förfrukt H	63,0 a	121,6 b	55,9 (ab)	97,2 (a)	52,2 a	32,8 -	80,6 a	83,3 b	32,4 (ab)
Förfrukt H+H	33,3 a	119,0 b	71,3 (b)	63,9 (b)	53,5 a	37,1 -	97,2 a	72,6 a	27,6 (b)
P-värde	0,121	0,008	0,081	0,026	0,86	0,499	0,072	0,016	0,075
SEM	10,9	6,3*	9,9**	7	2,9	5	4,7	2,5	2,4

* Avser jord Förfrukt H och Förfrukt H+H. Bortfall i form av 0 % uppkomst i Kontroll-jorden höjde SEM till 7,3.

** Avser jord Förfrukt H och Förfrukt H+H. Bortfall i form av 0 % uppkomst i Kontroll-jorden höjde SEM till 11,1.

Olika bokstäver inom samma faktor och kolumn visar att värden är signifikant skilda på nivå $p < 0,05$. Om bokstäverna står inom parentes avser testet nivå på $p = 0,05-0,1$.

5.2. Grobarhetstest

Ingen signifikant skillnad kunde påvisas mellan behandlingarna, vilket innebar att groningen hos de tre testgrödorna inte påverkades av behandling med olika vätsketyper (tabell 4). Då inga replikat fanns i grobarhetstestet betraktades de olika arterna som block. Ingen signifikant skillnad i groningen hittades mellan block.

Förväntad groningsprocent var 98 % för ärtutsädet och 80 % för åkerböneutsädet. Detta uppfylldes inte i något lösningsmedium. Högst groningsprocent hade ärt och lupin som behandlats med vanligt vatten. Lägst groningsprocent för ärt och åkerböna hade det led som behandlats med hampate. Lupinutsädet hade lägst groningsprocent efter behandling med dräneringsvatten hampa.

Tabell 4. Medelvärde för groningen (%) för de tre testgrödorna lupin, ärt och åkerböna vid behandling med tre olika lösningar.

Behandling	Groningsprocent (%)
Vatten	86 a
Hampate	75 a
Dräneringsvatten hampa	79 a
P-värde	0,255

6. Diskussion

De hypoteser som ställdes upp baserades på observationer gjorda i fält i odlingssystemet i Bollerup år 2007 och 2008 samt på litteratur som beskriver hur jordar, tidigare bevuxen med hampa, kan ha en allelopatisk inverkan på efterföljande eller konkurrerande gröda. Genom möjligheten att odla i klimat-kammare kunde effekterna av hampa som förfrukt undersökas i en miljö utan påverkan av yttre faktorer. Faktorer såsom sortval, näringsstatus och det utvecklingsstadium hampaplantorna befann sig i vid nedbrukningstillfället kan ha påverkat resultatet. Tendenser kan skönjas, men inte styrkas statistiskt för de olika baljväxterarterna som testats. Dessa tendenser kan tänkas ge upplägg till fortsatta undersökningar av hur hampans innehåll och produktion av sekundära metaboliter kan påverka groningen och uppkomst hos efterföljande grödor.

6.1. Sortvariation hos hampa

Studierna gjorda av Latta & Eton, Bazzaz *et al.* och Inam *et al.* visar på att det finns kemiska skillnader i form av olika höga halter av sekundära metaboliter mellan olika hampasorter. Sortvalet av hampa som odlats kan ha varierat mellan fältet på Mossagården, där kärnförsökets jord hämtades ifrån, och odlingssystemet i Bollerup, där observationerna om nedsatt tillväxt och försämrade uppkomst gjordes, vilket i sin tur kan påverkat mängden allelokemikalier som förekom i jordarna. Undersökningar saknas för att visa skillnader i mängd förekommande sekundära metaboliter i det sortmaterial av hampa som finns att tillgå i Sverige. Sådan information skulle vara intressant och värdefull vid växtodlingsplanering, om möjligheten finns att välja sort baserat på produktionen av sekundära metaboliter som strategi för hämmande av ogräs. Vidare hade det varit intressant att undersöka om man sett tydligare allelopatiska effekter om de olika baljväxterarterna odlats efter oljehampa än efter fiberhampa.

6.2. Näringsstatus

I litteraturstudien visade bland andra Kelton *et al.* (2006) på att odlingsplatsen samt tillgången på näring och vatten påverkar frigörandet av allelokemikalier. Skillnader mellan odlingsplatserna Bollerup och Mossagården var dock små med avseende på markförutsättningar och geografiskt läge. Frigörandet av allelokemikalier kan vara miljöberoende, då den allelopatiska effekten ökar då plantorna utsätts för stress i form av torka. Stress orsakad av näringsbrist borde inte vara huvudfaktorn i försöket i Bollerup, men väl att hampans utsöndring av olika föreningar kan påverkas av variation i temperatur mellan åren. Det kan förklara varför olika uppkomst noterats 2007 och 2008. Ingen analys av jordens näringsinnehåll gjordes vid insamlingen av jorden till kärlförsöken. Detta borde ha gjorts, för att utesluta eventuell näringsbrist. Till viss del kompenserades detta förbiseende av att samtliga kärll gödslades innan sådden av de tre baljväxarterna.

Historiskt odlas ofta vete eller korn efter hampa utan uppvisande av groningsproblem. I rapporten från Barron *et al.* (2003) föreslås hampan vara förfrukt till spannmål, som då kan utnyttja kvarvarande kväve på hösten för god etablering, samt tjäna på en bra markstruktur för att tillgodogöra sig vatten under försommaren. Dessutom bidrar hampan till sänkt ogrästryck, vilket ger spannmålen en fördel. Trindsäd verkar dela denna fördel, om hampan inte odlas mer än ett år innan eller skördas vid en sådan tidpunkt att små mängder bladmassa från hampan blir kvar. Detta då litteraturen från Singh & Tharpar (2003) visar att torkade växtdelar av hampa innehåller mer koncentrerade allelokemikalier än vad färska växtrester gör.

6.3. Hampans utvecklingsstadium

Observation av skördetidpunkten och hampans utvecklingsstadium vid skördetillfället borde dokumenterats året före odling av baljväxter. Det hade kunnat bidra till att styrka informationen från litteraturen från Pate (1994) att koncentrationen av körtlar som producerar sekundära metaboliter är högre i nybildade blad och blommor. Skördetidpunkten och det utvecklingsstadium som hampaplantorna befann sig i vid skörd borde kunna ge en indikation på hur mycket allelokemikalier som hunnit bildas innan skörd och ge bättre förståelse av variationer av efterföljande grödas groningsfrekvens.

I den delen av kärlförsöket där hampaplantor bearbetades ned för att simulera en tvåårig förfrukt med hampa (Förfrukt H+H) användes färska, ganska unga hampaplantor. Dessa plantor bör ha hunnit utveckla flertalet körtlar på bladen och stammen som utsöndrar de sekundära metaboliterna, både terpenier, flavonoider och cannabinoider. Dock hade de inte börjat blomma vilket innebär att alla de körtlar och möjliga allelokemikalier som utsöndras från blommorna inte kunde påverka

kärlförsöken. Alltså finns där en möjlighet till att det var lägre mängd allelokemikalier i kärlförsöken än i odlingssystemsförsöken trots nedbrukningen av extra material.

6.4. Lupin

De lupiner som såtts efter Förfrukt H+H hade signifikant lägre uppkomstprocent jämfört med Förfrukt H. Inga signifikanta skillnader hittades dock mellan de olika jordarna, varken gällande längd eller vikt (tabell 3). Detta kan betyda att ingen av de olika jordarna hämmade lupinernas groning och utveckling eller att alla jordarna hämmade lika mycket (tabell 4). Variationen i vikt och längd emellan lupinerna var som störst då de odlats med hampa som tvåårig förfrukt, vilket tyder på att hampan kan ha haft en hämmande effekt på lupinplantornas utveckling och tillväxt.

Värt att notera är att groningsprocenten för lupin i vatten i grobarhetstestet blev densamma som uppkomstprocent i Förfrukt H-jorden i kärlförsöket. Det kan tyda på att det inte förekommer någon skillnad i groning för lupin då förfrukten är hampa eller någon annan gröda. Enligt litteraturen koncentreras allelokemikalerna i torkade växtdelar (Singh & Thapar, 2003), vilket gör att Förfrukt H+H-jord borde ha den lägsta uppkomstprocenten. Det överrensstämde med försökets resultat för lupiner.

Lupinerna hade högst uppkomstprocent efter Förfrukt H (tabell 3). Utan att veta i vilket utvecklingsstadium hampan befann sig i vid skörd, antyder detta en mindre groningshämmande effekt om det organiska materialet efter hampaskörden har sönderdelats och fått brytas ned under en tid, i detta fall en vinter, innan efterföljande gröda sås. Detta överensstämmer med den litteratur som visar att det vore möjligt att allelokemikalier är vattenlösliga, och sedermera lakas ut under vintern (Inam *et al.*, 1989). Dock har senare undersökningar visat att de flesta enskilda allelokemikalier är olösliga i vatten (Hazenkamp, 2009; McPartland, 1997; Taiz & Zeiger, 2006), vilket motsäger de tidigare undersökningarna.

6.5. Ärt

Ärt visade högst uppkomstprocent efter ett års hampa som förfrukt, vilket motsäger resultat i litteraturen där yngre opollinerade hampaplantor är de som producerar mest allelokemikalier (Decorte, Potter & Bouchard, 2011; Ross & ElSohly, 1996; Martin, Smith & Farmilo, 1961.) Ärt odlade i jord med två års hampa som förfrukt hade samma uppkomstprocent som de ärter som odlats i kontrolljorden. Dessa ärtplantor som lyckades gro blev ändå jämförbara i längd med plantorna

från jorden med ettårig hampa som förfrukt. Skillnaderna i vikt visade på en tendens till signifikans, då de har ett P-värde på 0,081. Detta är inte tydligt signifikant, men det kan anas en tendens till skillnad mellan de tre olika jordarna för faktorn vikt (tabell 3). I kombination med litteraturens hänvisning till störst mängder cannabinoider i äldre plantor, leder tanken till att en tidig skördetidpunkt för hampan, innan blomning, följt av en höstbearbetning är den bästa strategin för att få så liten allelopatisk verkan på efterföljande gröda som möjligt. Detta sammanfaller med utfallet för lupin.

6.6. Åkerböna

Sett till uppkomst av åkerbönor gav förfrukterna högst uppkomst i ordningen Förfrukt H+H > Kontroll>Förfrukt H utan vare sig signifikant skillnad eller tendens. Uppkomst av åkerbönona har, både i kärlförsöket och groningstestet, varit högre när hampa varit förfrukt, men mängden skördad biomassa blev signifikant större utan hampa i växtföljden. En möjlig förklaring till att åkerbönor skiljer sig från de två andra testgrödorna återstår att finna.

Djupare kemisk analys av samtliga allelokemikalier behövs för att kunna dra någon slutsats angående vilken av alla de olika föreningar som skapar allelopati för olika eftergrödor, eller om det är kombinationen av samtliga som ger effekten.

I dagsläget torde det vara möjligt för en lantbrukare att kunna få ekonomi på att odla hampa, om insatserna i form av maskiner för skördearbetet kan hanteras. Fördelarna med hampaodling inom det ekologiska lantbruket kan tyckas vara många. Det som hotar att hindra produktionen från att ta fart är att det i dagsläget finns en mycket liten marknad för hampa generellt i Sverige, och en ännu mindre för just ekologisk hampas mervärde.

Mer forskning inom biologi, kemi och teknik behövs för att hitta en bättre nisch för hampan.

7. Slutsats

Hypotesen att hampa som förfrukt hämmar groningen av efterföljande ärt, åkerböna eller lupin jämfört med förfrukten sockerbetor kunde inte styrkas.

Groningsförsöket visade ingen signifikant skillnad i groningsprocent mellan ärt, åkerböna och lupin efter behandling med de olika vätsketyperna vatten, hampate och dräneringsvatten hampa.

I klimatkammarstudien hittades inget signifikant samband mellan förfrukt och uppkomstprocent hos de tre baljväxarterna. Hampa som förfrukt gav inte försämrade uppkomst av ärt, åkerböna eller lupin jämfört med sockerbetor som förfrukt. Uppkomsten av lupin var dock högre efter ett års förfrukt med hampa än efter två år.

Hypotesen att tillväxten hos de tre baljväxarterna hämmas i större grad om förfrukten är två års hampaodling jorden kunde inte bevisas. Vikten av skördad biomassa för ärt, lupin eller åkerbönor påverkades inte av ettårig eller tvåårig förfrukt med hampa jämfört med förfrukten sockerbetor. Det fanns dock artskillnader för förfruktens påverkan på plantlängden för de tre studerade baljväxarterna:

- Ärtorna hade signifikant längre stjälkar där förfrukten var hampa. Detta visade sig vara fallet både med ett års och två års förfrukt med hampa.
- Åkerbönonorna var signifikant längre efter hampa som förfrukt ett år tidigare, än efter två-årig hampa samt sockerbetor.
- Längden på lupinernas stjälkar påverkades inte alls av förfrukten.

Litteraturgenomgången visade att hampa producerar ett mycket stort antal sekundära metaboliter, men dessa olika substansers funktion och påverkan på jord och växter är inte tillräckligt väl kartlagt. En del har dock allelopatisk inverkan på efterföljande gröda.

Hampan har en potential att få ökad plats i växtföljder i Sverige, förutsatt att och utvecklingen av odlingsteknik för att utvinna och tillgodogöra sig hampans energi fortsätter. Hampaodling inom det ekologiska jordbruket ger flera fördelar, men begränsas idag av en liten marknad. Med ökade forskningsinsatser inom biologi, kemi och teknik vore det möjligt att finna en nisch för hampa.

8. Litteraturförteckning

Barron, A., Coutinho, J., English, A., Gergely, S. & Lidouren, E. (2003). *Integrating hemp in organic farming system. A focus on the United Kingdom, France and Denmark*. KVL Köpenhamn. Organic Food System (Fördjupningsarbete 2003).

Bazzaz, F., Dusek, A. D., Seigler, D. S. & Haney, A. W. (1975). Photosynthesis and cannabinoid content of temperate and tropical populations of *Cannabis sativa*. I: Ranalli, P (red) *Biochemical Systematics and Ecology* 3 ed., 15-18.

Benécs-Bárdi, G. (2003). *Distribution, morphology, biology and weed control possibilities of uncultivated hemp (Cannabis Sativa L.) as a weed in Hungary*. Diss. Szent István University. Gödöllő: Ungern.

Boström, U. (2003). Odling av åkerböna och blålupin till mogen skörd eller i samodling med stråsäd för helsädesensivering. SLU Ultuna. *Konferensrapport Ekologiskt lantbruk. Vägar, val, visioner*. Uppsala, 18-19 november 2003. Tillgänglig: http://www.cul.slu.se/publikationer/konfrapport_2003.pdf

Brenneisen, R. & ElSohly, M. A. (1988). Chromatographic and spectroscopic profiles of Cannabis of different origins: Part I. *Journal of Forensic Science* 33, 1385-1404.

ElSohly, M. A. & Slade, D. (2005). Chemical constituents of marijuana: The complex mixture of natural cannabinoids. *Life Sciences* 78, 539 – 548.

Flodin, P. (2005). *Hampa som energigröda*. Göteborgs Universitet, Fysikinstitutionen. (Fördjupningsarbete Energikällor och Energisystem 2005).

- Haney, A. & Kutscheid, B. B. (1973). Quantitative variation in the chemical constituents of marijuana from stands of naturalized *Cannabis sativa* L. in East-Central Illinois. *Economic Botany* 27, 193-203.
- Hazenkamp, A. (2009). *Cannabis review*. Department of Plant Metabolomics, Leiden: Leiden University, Nederländerna.
- Holstmark, K. (2006). *Hampa i ekologisk odling - Råd i praktiken*. Jönköping: Jordbruksverket (Jordbruksinformation 2006:5) [Broschyr].
- Holstmark, K. (2007). *Ekologisk odling av åkerböna - Råd i praktiken*. Jönköping: Jordbruksverket (Jordbruksinformation 2007:10) [Broschyr].
- Holstmark, K. (2007). *Ekologisk odling av örter i renbestånd - Råd i praktiken*. Jönköping: Jordbruksverket (Jordbruksinformation 2007:8) [Broschyr].
- Inam, B., Hussain, F. & Bano, F. (1989). *Canabis Sativa L.* is allelopathic. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research* 32, 617-620.
- Ivarsson, J. (2005). *Odlingsbeskrivning för industrihampa*. Kristianstad: Hus-hållningssällskapet Kristianstad [Broschyr].
- Johansson, U. (1999). *Örter och annan trindsäd*. Jönköping: Jordbruksverket (Jordbruksinformation 1999:9) [Broschyr].
- Kelton, J., Price, A. J., & Mosjidis, J. (2012). Allelopathic weed suppression through the use of cover crops. I: Price, A. J. (red), *Weed control*. Auburn: InTech, 115-130. Tillgänglig: <http://www.intechopen.com/books/weed-control/allelopathic-weed-suppression-through-the-use-of-cover-crops> (2012-10-09).
- Kristenson, K. (1987). *Örtodling*. Jönköping: Jordbruksverket (Jordbruksinformation 1987:3) [Broschyr].
- Larsson, S. & Hagman, J. (2006). *Sortval i ekologisk odling 2006*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet; Aktuellt från institutionen för Växtproduktions-ekologi (VPE) - Nr 2.
- Latta, R. P. & Eaton, B. J. (1975). Seasonal fluctuations in cannabinoid content of Kansas marijuana. *Economic Botany* 29, 153-163.

Martin, L., Smith, D. M. & Farmilo, C. G. (1961). Essential oil from fresh *Cannabis sativa* and its use in identification. *Nature* 191, 774-776.

McPartland, J. M. & Russo, E. B. (2001). Cannabis and Cannabis Extracts: Greater Than the Sum of Their Parts? *Journal of Cannabis Therapeutics* 1, 103-132

Mediavilla, V & Steinemann, S. (1997). Essential oil of some hemp genotypes. *Journal of the International Hemp Association* 4, 80-82.

Meier, C. & Mediavilla, V. (1998). Factors influencing the yield and the quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) essential oil. *Journal of the International Hemp Association* 5, 16-20.

Odlingssystemet (2012-08-20). *Databas med försöksresultat*.
www.odlingssystem.se

Olrog, L. & Rahbek Pedersen, T. (2004). *Ekologisk växtodling: Odlingsbeskrivningar trindsäd*. Jönköping: Jordbruksverket [Broschyr].

Pate, D. W. (1994). Chemical ecology of Cannabis. *Journal of the International Hemp Association* 29, 32-37.

Ross, S. A. & ElSohly, M. A. (1996). The volatile oil composition of fresh and air-dried buds of *Cannabis sativa*. *Journal of Natural Products* 59, 49-51.

Shoyama, Y., Sugawa, C., Tanaka, H. & Morimoto, S. (2008). Cannabinoids act as necrosis-inducing factors in *Cannabis Sativa*. *Plant Signal and Behavior* 3, 1111-1112.

Singh, N. B. & Thapar, R. (2003). Allelopathic influence of *Cannabis sativa* on growth and metabolism of *Parthenium hysterophorus*. *Allelopathy Journal* 10, 61-70.

Svalöf Weibull (2012-08-20). SW Ärtor och åkerbönor. <http://www.swseed.se/sitebase>

Svennerstedt, B. & Svensson, G (2004). *Odling av hampa*. Jönköping: Jordbruksverket (Jordbruksinformation 2004:7) [Broschyr].

Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Plant Physiology*. 4 ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc.

Vanhoenacker, G., Rompaey, P., Keukeleire, D. & Sandra, P. (2002). Chemotaxonomic features associated with flavonoids of cannabinoid-free cannabis (*Cannabis sativa subsp sativa L.*) in relation to hops (*Humulus lupulus L.*). *Natural Product Letter* 13, 57-63.

Werf, H. M. v. d., (2004). Life cycle analysis of field production of fibre hemp, the effect of production practices on environmental impacts. *Euphytica* 12, 13-23.

Weston, L. A. (2005). History and current trends in the use of allelopathy for weed management. *Hort Technology* 13, 529-534.