

# Slutrapport för det treåriga projektet ”Allelopatisk fånggrödor – effekter på sjukdomar och ogräs” 2008-2010

Paula Persson, Anna-Karin Kolseth och Ulla Didon, SLU

## Inledning

Jordbundna växtsjukdomar och ogräs utgör allvarliga flaskhalsar för ekologisk produktion. Det är därför intressant att utvärdera både den sanerande effekt som mellangrödor kan ha mot olika växtpatogener samt den hämmande effekt dessa grödor även kan ha på ogräsfloran. Kunskap om hur mellangrödor i växtföljden påverkar viktiga ogräsarter och jordburna patogener under svenska förhållanden är mycket begränsad.

För att minska belastningen på miljön används mellangrödor som fånggrödor för minska risken för växtnäringsläckage. Flera av de arter som godkänts som fånggrödor, t.ex. råg, rajgräs och vitsenap har en dokumenterad allelopatisk verkan. Allelopati definieras som ‘vissa växters förmåga att avge kemiska ämnen (allelopatiska substanser) som påverkar andra växter – effekten kan vara antingen hämmande eller stimulerande, beroende på ämnets koncentration’ (Rice 1984). Allelopatiska substanser kan emellertid även påverka andra organismer som t. ex. marklevande svampar, bakterier, nematoder etc.

Flera arter inom familjen Brassicaceae (kålväxter) är möjliga sanerare av växtskadegörare som överlever i jorden. I ett flertal studier har också hämmande effekter på olika ogräsarter påvisats (t ex Al-Khatib et al 1997, Petersen et al 2001, Turk & Tawaha 2003, Haramoto & Gallandt, 2004). Den hämmande effekten på ogräs beror förmodligen till en del på glukosinolatinnehållet i kålväxten, men förefaller även bero på andra ännu ej kända faktorer (Haramoto & Gallandt, 2005). Oljerättika (*Raphanus sativus* var. *oleiformis* Pers.), vitsenap (*Sinapis alba* L) och s.k Caliente- eller sareptasenap (*B. juncea*) är i fokus för intresset. Dessa mellangrödor används som sjukdomssanerare, fånggrödor, grüngödslingsgrödor och strukturförbättrare. Nyligen godkändes oljerättika och vitsenap som bidragsgivande fånggrödor. Undersökningar från Australien och Nordamerika har visat att svamppatogener minskar då biomassa eller mjöl från oljerättika eller senap brukas ned i jorden. En mekanism av betydelse är omvandlingen av brassicaarternas glukosinolater till isotiocyanater. För att få höga halter isotiocyanat och därmed stor effekt är det viktigt att biomassan sönderdelas väl och att den nedbrukas omedelbart. När det gäller effekt av senap mot ogräs finns en pågående småskalig fältstudie där pellets av restprodukter från pressade senapsfrön har haft hämmande effekter på ogräs (F. Fogelberg, JTI, muntlig information).

Även andra fånggrödor som råg (*Secale cereale* L.) och westervoldiskt rajgräs (*Lolium multiflorum* var. *westerwoldicum* Wittm.) är allelopatisk aktiva och godkända för miljöersättning för minskat kväveläckage i södra Sverige. Råg (Mohler & Teasdale 1993; Akemo et al. 2000; Dhima et al. 2006; Kruidhof & Bastiaans 2007) och rajgräs (Stirzaker & Bunn 1996; Bond & Grundy 2001) har en väldokumenterad ogräshämmande effekt då de brukas ner i marken eller används som täckmaterial.

## Mål

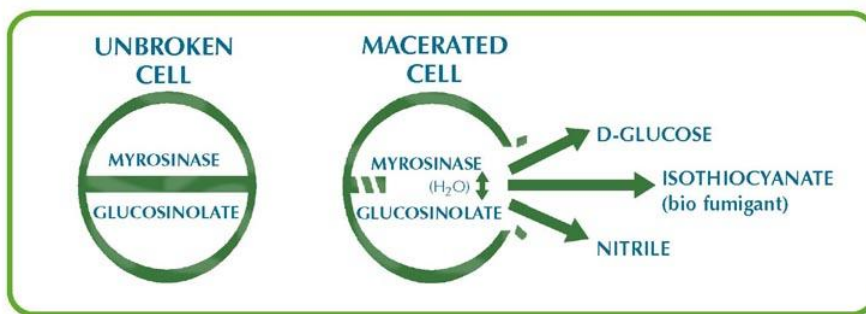
Projektets övergripande mål har varit att utvärdera allelopatiska fånggrödors hämmande effekt på jordburna växtpatogener och ogräs av vikt för svensk ekologisk produktion. I projektet har vi studerat fånggrödorna oljerättika, vitsenap, råg och westervoldiskt rajgräs i växthus, odlingskåp

och utomhus i kärlgårdsexperiment. Vi har studerat fyra ekonomiskt viktiga jordburna patogener och tre ogräsarter. Även betydelsen av mängden växtmaterial till skillnad från betydelsen av växtmaterialets innehåll har utvärderats genom att studera hur graden av hämning påverkats av mängden påförd biomassa av fånggrödan.

## Bakgrund

Arter inom familjen Brassicaceae producerar glukosinolater i biomassan vilka efter hydrolys bildar biologiskt aktiva isothiocyanater. För att initiera hydrolysen effektivt är det viktigt att grödans biomassa sönderdelas väl och att den omedelbart brukas in i jorden.

### The biofumigation process.



from: <http://www.plantsolutionsltd.com/caliente2.htm>

Glykosinolaterarna finns i både i rötter och i de ovanjordiska delarna och når sitt maximum vid tidig blomning. Den direkta effekten av isothiocyanaterna på svamppatogener förmodas vara kort eftersom dessa flyktiga ämnen lätt evaporerar. Den indirekta effekten av isothiocyanaternas genom dess påverkan av strukturen inom markmikrofloran är emellertid mer långvarig.

Kirkegaard och medarbetare i Australien var en av de första forskargrupperna som presenterade de transformerade isothiocyanaternas toxiciteten mot svampar. De kallade fenomenet för "biofumigation". I laboratoriestudier använde de olika isothiocyanater mot en mängd rotpatogener på stråsåd och fann en hämningspotential mot flera patogener. I först hand föreslog Kirkegaard m.fl. att brassicaarter som producerar stora mängder glukosinolater skulle användas. Matthisen & Kinkegaard (2006) presenterade nyligen en reviewartikel inom området och påpekar komplexiteten av mekanismerna bakom hämningen. Det har nämligen vistats att inbrukad biomassa av brassica eller senapsmjöl med mycket låga halter av glukosinolater också hämmar jordburna svamppatogener. Hypotesen är att mekanismen antingen är en direkt hämning genom uppförökning av antagonistiska, konkurrerande jordbakterier och svampar eller indirekt genom att uppförökade markorganismer producerar metaboliter som sätter igång försvarsmekanismer i värdväxten såsom inducerad resistens.

Larkin & Honeycott (2006) påpekar att genom att försöka relatera förändringarna i markmikrobsamhällets till utvecklingen av jordburna patogener och grödproduktionsdata har man börjat kunna uppskatta sambandet mellan strukturen av mikroorganismssamhället i jorden och hur

friska växterna är. De fann att kornväxtföljder resulterade i högre svamp och bakterienivåer, majs högre mykorrhiza populationer och kontinuerlig potatisodling den lägsta mängden mikrobbiomassa och diversitet.

I en nyligen publicerad studie diskuterar Mazzola et al (2007) mekanismerna vid sjukdomshämning då man använde mjöl från, *B. napus* (låg glukosinolathalt) *B. juncea* (hög glukosinolathalt) and *S. alba* (medelhög glukosinolathalt). Alla tre hämmade *R. solani* och hämningen associerades med isotiocyanat vad gäller *B. juncea* medan de båda andra arternas hämning kopplades till en uppförökning av Streptomycesarter dvs. bakterier som har antimikrobiell verkan. Växtparasitära nematoder *Pratylenchus penetrans* hämmades endast av mjöl med hög glukosinolathalt dvs av isotiocyanater.

Plantans utvecklingsstadium har betydelse för mängden allelopatiska substanser i biomassan (Reberg-Horton et al. 2005, Wójcik-Wojtkowiak et al. 1990). Unga plantor innehöll en högre koncentration av allelopatiska substanser än växtmaterial där plantorna varit i ett senare utvecklingsstadium. En rågfånggröda som etableras i september och som brukas ner på våren då rågen är i bestockningsstadiet skulle då ge en högre allelopatisk effekt än råghalm som brukas ner efter kärnskoriden.

Mohler & Teasdale (1993) påvisade i en studie i Nordamerika att mängden biomassa per ytenhet som brukades ned av fånggrödan hade betydelse för om effekten blev hämmande eller stimulerande på ogräsfloran. Råg visade vid små mängder ge en stimulerande effekt på groningenstid och uppkomst hos en del ogräsarter. En större mängd nedbrukat rågbiomassa gav däremot hos samtliga undersökta ogräsarter en nästan fullständig hämning av uppkomsten. Det är därför viktigt att utvärdera vilken biomassa per ytenhet av mellangrödan som ger optimal effekt mot patogener och ogräs.

## Material och metoder

I studien ingår fyra försök. År 1 till år 2 av projektet gjordes försök i växthus och odlingskåp, och mellan år 2 och år 3 gjordes ett försök utomhus i nätgård och ett fältförsök. Växthus, odlingskåp och nätgård fanns att tillgå vid Inst för växtproduktionsekologi, SLU, Uppsala, medan fältförsöket som utfördes i samarbete med Katarina Holstmark, Jordbruksverket Skara, var placerat på Främmestads egendom i Västergötland.

### Fånggrödor

I växthus- och odlingskåpförsöket användes foderrättika (cv. Adios), vitsenap (cv. Architect), råg (cv. Amilo) och westervoldiskt rajgräs (cv. Botrus). Foderrättikan och vitsenapen valdes utifrån kriteriet att sorten skulle ha ett högt glukosinolat innehåll och valet baserades på en glukosinolat analys av sju olika sorter och rekommendationer från återförsäljaren, Agortus AB. I nätgårdsförsöket användes vitsenap som fånggröda, baserat på resultat från det föregående växthusförsöket.

### Växtpatogener och ogräs

De växtpatogener och ogräs som användes i växthusförsöket var växtpatogenerna *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium culmorum* och Tobak rattelvirus TRV respektive ogräsen *Apera spica-venti* L. (åkerven), *Capsella bursa-pastoris* L. (lomme) och

*Tripleurospermum perforatum* (Mérat) Láinz (baldersbrå) (alla frön från HerbiSeed, England). I odlingssskåpförsöket användes *A. spica-venti*, *C. bursa-pastoris* och *T. Perforatum*, medan *Fusarium graminearum* och *C. bursa-pastoris* och *T. Perforatum* användes i nätgårdsförsöket.

### Uppfödning av fånggrödor

Fånggrödorna odlades i 6,2 l stora plastlådor i jord bestående av 85 volym% torv och 15 volym% sand från Hasselfors garden AB. Odlingsförhållandena i växthuset var 14 tim dag och 10 tim natt med en dagtemperatur på 18°C respektive 12°C på natten. Lådorna delades upp i fyra block och varje block innehöll sex kontroller, dvs tre lådor med enbart jord utan fånggrödor för ogräsförsöket samt tre lådor där jorden blandades med respektive växtpatogen, men utan fånggrödor för växtpatogenförsöket. Efter uppkomst gallrades varje fånggröda får att få samma antal plantor i varje låda, vilket resulterade i 15 plantor foderrättika, 15 plantor vitsenap, 18 plantor råg och 22 plantor rjagräs per låda. Kontrolllådorna vattnades med kranvatten till skillnad från från lådorna med fånggrödor som vattnades med näringslösning, 100 mg N/l vatten (Blomstra, Cederroth International AB) med början två veckor efter plantornas uppkomst. Lådorna vattnades vid behov. Fånggrödorna fick växa under åtta veckor. Lådorna placerades i en randomiserad block design och roterades två ggr per vecka. Lådor med samma fånggröda grupperades tillsammans för att undvika allelopatiska effekter fånggrödorna emellan.

### Uppfödning och förberedelse av inoculum

#### *Sclerotinia sclerotiorum*

20 sklerotier, insydda i 10 cm<sup>2</sup> nylonpåsar, köldstratifierades initialt i jord vid 4°C under 10 veckor. Vid försöket placerades tre nylonpåsar i varje låda täckta med 15 cm jord.

#### *Rhizoctonia solani*

För denna växtpatogen gjordes en förstudie för att bestämma en relevant koncentration av inokulum för försöket. *Rhizoctonia solani* uppfödades i steril sand och malt-substrat i glasflaskor (100 g sand, 6 g malt och 13 ml vatten). Isolatet (isolat 13, 12/9 isolerad från potatis, tillhandahållet av U. Bång, SLU, Umeå) odlades på potatis dextros agar. I varje flaska placerades ¼ finskuren *R. solani*-agarplatta på sanden och flaskorna inkuberades i rumstemperatur i mörker och skakades dagligen. Efter två veckor fördelades detta inoculum på 16 krukor fyllda med 100 g sand vardera, i fyra olika koncentrationer; 10, 5, 1 och 0,5 g (10%, 5%, 1% och 0,5%) av *R. solani* inokulum, fyra replikat av varje koncentration. I varje kruka planterades därefter fem sjukdomsfria mini-potatisknölar av sorten Early Puritan. De 16 krukorna täcktes med svart plast och inkuberades vid 16°C under tre veckor, varefter potatisplantorna i krukorna sköljdes noggrant med vatten och undersöktes med avseende på groddbränne-symptom. Plantor i krukor med 0,5% inokulum hade kraftiga bruna missfärgningar som var spridda längs med stolonerna. Plantor i krukor med 10%, 5% och 1% var inte lika kraftigt angripna och de bruna missfärgningarna mindre utbredda, det var svårare att observera några skador i dessa krukor. Med denna förstudie som bakgrund valdes en koncentration på 0,5% av *R. solani* att användas i växthusförsöket och omgångar av 2000 g jord förbereddes. Lådorna i försöket innehöll 2300 g jord och den mängd *R. solani* som tillsattes var därmed 11,5 g för att få en inokuleringsgrad på 0,5%.

### *Fusarium culmorum*

Ett inokulum av *F. culmorum*, som vuxit i flytande näringssubstrat och hälldes på steriliserade kornkärnor i påsar som inkuberades i rumstemperatur under fyra veckor för att uppföröka svampen. Innehållet i påsarna luftades daligen genom att blanda om innehållet ordentligt. Dessa kornkärnor med *F. culmorum* användes som inokulum i lådorna med fånggrödorna.

Inoculum tillsattes lådorna vid sådd av fånggrödorna, även i kontrollådor.

### **Stratifiering av ogräs**

I växthusförsöket stratifierades *A. spica-venti* och *T. perforatum* i 22° C under två veckor (de två arterna kom blandade från leverantören HerbiSeeds och separerades inte växthusförsöket). I odlingskåpförsöket stratifierades enbart *A. spica-venti* i 22° C under två veckor då arten separerats från *T. Perforatum*. Den sistnämnda och *C. bursa-pastoris* gror utan stratifiering.

### **Kontroller**

De tre kontrollådorna i varje block i uppförökningen av fånggrödorna användes för att testa om effekter av fånggrödorna berodde på en förändring i jordens struktur eller om det kunde bero på en gödseffekt då organiskt material (dvs sönderhackad fånggröda) blandades i jorden. Tre typer av kontroller har använts i alla försök:

1. Kontroll 0, inget material från fånggrödor eller näring tillsatt.
2. Kontroll T, struktur. Lekakulor (8-10 mm, Plantagen AB) tillsattes för att efterlikna en luckrare struktur.
3. Kontroll N, näring. Mängden kväve som skulle tillsättas beräknades utifrån en analys av mängden kväve per g torkat ovanjordiskt material av fånggrödan och en ungefärlig mineralisering på 45% (Suhr m. fl., 2005). Rotbiomassan antogs vara 25% av ovanjordisk biomassa. Mängden kväve att tillsätta i kvävekontrollen bestämdes till kväveinnehållet i vitsenap då denna hade högsta kvävehalten av de testade fånggrödorna.

### **Biotest ogräs i odlingskåp**

I detta försök användes fånggrödematerialet vars uppodling beskrivits ovan, försöket utfördes i petriskålar. För varje fånggröda användes ett 7x7x5 cm stort prov från rotklumpen och 50 g bladmaterial. Detta mixades i en matberedare. Replikaten från de fyra blocken blandades ihop för varje fånggröda. Kontrollerna för experimentet bereddes från kontrollådorna i varje block, men mängden jord från varje låda dubblades för vissa block, och proverna från alla block blandades ihop. Detta upprepades fyra gånger, en omgång för varje fånggröda. Kontrollproverna förbereddes sedan på samma sett som de förberetts för odlingen av fånggrödorna i växthuset. I kontroll T med lekakulor, krossades kulorna för att passa petriskålarnas storlek. I kontroll N tillsattes näringen som lösning (0,01 g N/petriskål, blomstra, Cederroth International AB) vid experimentets början.

Försöket utfördes i 9 cm petriskplar med ca 25 ml rot- och bladblandning i varje. Petriskålar med rot- och bladblandning förvarades i -20° C i plastpåsar sorterade med avseende på fånggröda och typ av kontroll tills dess att de skulle användas. Vid användning placerades de i 3°C i ungefär 24 tim för att tina. Ett filterpapper med omkretsen 9 cm placerades ovanpå rot- och bladblandningen som hade mättats med avjoniserat vatten. Ogräsfrön placerades ovanpå filterpappret och

petriskålarna förslöts med parafilm. Experimentet var helt randomiserat med sju behandlingar och sex replikat för varje ogräsart.

Petriskålarna placerades i ett odlingssskåp med en dagslängd på 16 tim med lågintensivt ljus (8  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) och en dagstemperatur på 25°C. Nattemperaturen var 10°C. Antalet frön som grott räknades varje dag och i samband med detta roterades petriskålarna. Räkningen pågick nio dagar för *C. bursa-pastoris* och 12 dagar för både *A. spica-venti* och *T. perforatum*. Ett frö ansågs ha grott när utskjutande rotspets syntes, ca 0,5 mm. När experimentet avslutades skördades rötterna för att mätning av rotlängd, rot diameter och rotarea. Rötterna färgades i 0.1% metylviolett under 48 tim i 5°C, varefter de sköljdes i vatten och skannades (HP PrecisionScan Pro 3.0, Delta T Devices Ltd). Den skapade bildfilen användes för att beräkna rotlängd, rot diameter och rotarea (Delta-T SCAN, Delta T Devices Ltd). Odlingsförhållanden och datainsamling var densamma för alla ogräsarter.

### **Biotest ogräs i växthus**

Detta försök utfördes i lådor med volymen 6,2 l. Ovanjordisk biomassa från de åtta veckor gamla fånggrödorna beskrivna ovan hackades separat i mindre bitar med en halmhack (Wintersteiger AG). En låda fylldes med halva mängden ovanjordiskt material som blandades med halva mängden jord- och rotmaterial ur samma låda. Detta gjordes för alla lådor med fånggrödor. För att undvika negativa bieffekter på grund av hög andel organiskt material tillsattes två liter jord till varje låda utöver fånggrödematerialet. Ogräsfrön blandades med sand för att kunna hanteras enklare vid sådd, och täcktes med 200 ml av den beskrivna fånggröde- och jordblandningen. Klimatet i växthuset för dett försök var densamma som vid uppodlingen av fånggrödorna. Experimentet var helt randomiserat i block, och bestod av sju behandlingar och fyra replikat av varje ogräsart. Block och lådor roterades två gånger i veckan.

I kontrollen N tillsattes 1,15 g kväve i lösning, uppdelat på lika stora delar vid tre separata tillfällen; en, två och tre veckor efter att ogräsen grott. Detta gjordes för att simulera den naturliga successiva utsöndringen när organiskt material bryts ner.

Kvantifiering av ogrästillväxten gjordes genom att räkna individer och mäta torrvikten för varje ogräsart vid försökets slut, 28 dagar efter sådd för *A. spica-venti* och *T. perforatum* och 21 dagar efter sådd för *C. bursa-pastoris*. *Apera spica-venti* plantor räknades inte då det var svårt att separera huvudskottet från sidoskotten.

### **Biotest växtpatogener**

Nedbrukningen av fånggrödematerial i 6,2 l lådor och beredningen av kontrollådor gjordes precis som redan beskrivits för biotesten med ogräs.

#### *Sclerotinia sclerotiorum*

För denna art gjordes inget biotest utan nätpåsar med sklerotier plaserades i lådor med nedbrukat fånggrödematerial och de olika kontrollerna täckta med 1 cm jord, och antalet apotecier (Figur 1) räknades dag 14, 18 och 24. Lådorna stod i samma klimat som vid uppodling av fånggrödan och vattnades vid behov.



Figur 1. Apothecier av *Sclerotinia sclerotiorum*.

### *Rhizoctonia solani*

I varje låda med nedbrukat fånggrödematerial och kontrollådorna, innehållandes *R. solani*, placerades nio sjukdomsfria små potatisknölar av sorten Early Puritan. Dessa täcktes med 10 cm jord varefter lådorna täcktes med svart plast och placerades i mörker i 15°C. Efter två månader analyserades två av blocken, potatisplantorna sköljdes och rötterna undersöktes med avseende på symptom. Ingen infektion syntes, och därför fick de två kvaravarnade blocken stå ytterligare fyra veckor i mörker i 15°C innan de analyserades. Dessa plantor hade synliga symptom på stammen och rötterna. Symptomen klassificerades enligt följande (Figur 2):

Klass 0 – inga symptom.

Klass 1 – låga nivåer av infektion, små bruna fläckar.

Klass 2 – tydlig infektion, bruna fläckar.

Klass 3 – kraftig infektion, många och stora bruna fläckar.



Figur 2. Groddbränna på potatisknölar orsakade av *Rhizoctonia solani*, klassade efter graden av infektion. Från vänster till höger klass 1 – låg nivå av infektion, klass 2 – tydlig infektion och klass 3 – kraftig infektion.

### *Fusarium culmorum*

För denna sjukdomsalstrare användes vårkorn cv. Astoria som testväxt. 30 kärnor såddes i varje låda med nedbrukat fånggrödematerial och i kontrollådorna, dessa kärnor täcktes med två cm jord. Lådorna placerades i 16°C i fyra veckor. Vid starten vattnades varje låda med en liter vatten, och den individuella låd vikten noterades. För att hålla fuktigheten konstant vattnades lådorna två gånger per vecka. Innan varje vattning vägdes lådorna och vatten mostvarande differensen till ursprungsvikten tillsattes. När testet avslutades sköljdes kornplantornas rötter i vatten och infektionen klassificerades sedan enligt följande (Figur 3):

Klass 0 – inga symptom.

Klass 1 – låga nivåer av infektion, små bruna fläckar på rötterna.

Klass 2 – tydlig infektion, stora bruna fläckar på rötterna, delvis missfärgade blad vid stråbas.

Klass 3 – kraftig infektion, många och stora bruna fläckar på rötterna, blad vid stråbas helt missfärgade.



Figur 3. Angrepp av *Fusarium culmorum* på korn, klassade efter graden av infektion. Från vänster till höger klass 1 – låg nivå av infektion, klass 2 – tydlig infektion och klass 3 – kraftig infektion.

### Nätgårdsförsök

I detta försök som pågick mellan år 2 och år 3 av projektet uppförökades vitsenap på nytt i växthus för att sedan användas i ett nätgårdsförsök. Vitsenap uppförökades i växthus i lådor med volymen 6,2 l. Odlingsförhållandena i växthuset var 14 tim dag och 10 tim natt med en dagtemperatur på 18°C respektive 12°C på natten. Lådorna delades upp i fyra block. För att testa hur ogräs påverkas när de växer tillsammans med fånggrödan såddes 500 frön av *C. bursa-pastoris* respektive *T. perforatum* i 28 av lådorna varav det i 8 lådor växte vitsenap och de resterande 20 var kontroller. För att underlätta sådden blandades frön med 20 ml sand. Fröna täcktes av ca 0,5 cm jord. Alla lådor med vitsenap gallrades så att de innehöll 19 plantor. Vitsenap och ogräs fick växa ca 8 veckor varpå antalet individer räknades för de två ogräsen, och biomassa, både frisk och torrsvikt, noterades.

I nätgården utfördes försöket i lådor med en area på 83x83 cm. Dessa lådor fylldes med ett 10 cm tjockt lager av fältjord, ovanpå vilket ett finmaskigt nylonnät placerades. Ovanpå nätet tillsattes ett lager försöksjord ca 5 cm tjockt. Försöksjord blandades till enligt följande för de olika behandlingarna:

Kontroll 0 – en kontrolllåda utan vitsenap från uppodlingen i växthus + 20 l fältjord

Kontroll T1, T2 och T3 – en kontrolllåda utan vitsenap från uppodlingen i växthus + lecakulor motsvarande strukturförändring med nedbrukad vitvitsenap (12%, 16% och 18% av provvolymen) och fältjord så att det tillsammans utgjorde 20 l.

Kontroll N1, N2 och N3 – en kontrolllåda utan vitsenap från uppodlingen i växthus + 20 l fältjord + extra flytand kväve i form av Blomstra, Cedertoh International AB, och motsvarande den mängd beräknat mineraliserat kväve som frigjordes ur nedbrukad vitsenap, se Kontroller. I detta fall tillsattes 0,78 g, 1,79 g respektive 3,31 g N för de olika kontrollerna. Denna näring tillsattes i tre omgångar mellan april och maj 2010.

Senap S1 – en låda med vitsenap från uppodlingen i växthus (vitsenapbiomassa ca 230 g frisksvikt) + 20 l fältjord.

Senap S2 – en låda med vitsenap från uppodlingen i växthus + 30% extra vitsenapbiomassa (300 g) + fältjord så att den totala volymen av fältjord och senapshack blev 20l.

Senap S3 – en låda med vitsenap från uppodlingen i växthus + 70% extra vitsenapbiomassa (750 g) + fältjord så att den totala volymen av fältjord och vitsenapshack blev 20l.



Dessa lådor placerades i slumpmässig ordning i nätgården i december 2009. 500 frön av *C. bursa-pastoris* respektive *T. perforatum* såddes i lådorna. För att underlätta sådden blandades frön med 20 ml sand. Fröna täcktes av ca 0,5 cm jord. Lådorna lämnades sedan för att stå ute över vintern. I maj 2010 skördades ogräsplantorna i en 31,5 x 31,5 cm stor provruta, antalet av varje art och biomassa (torkades 24 timmar i 105°C) noterades.



I april 2010 efter snösmältningen samlades jordprov från varje låda in för att senare kunna göra ett biotest i växthus. Jorden förvarades i frys och användes i ett test med pluggbrätten med enbart en vårvetaplanta i varje. Varje plugg fylldes med tre tsk jord och en tsk inokulum av *F. culmorum*. Ytterligare jord insamlades i juni och förvarades i kyla (+ 4°C) fram till användning. Till detta test användes krukor (50 cm<sup>3</sup>) som fylldes till hälften med jord där fyra vårvetekärnor (cv. Stilet) placerades. Allt täcktes med 100 ml jord blandat med 50 ml *F. culmorum* inokulum (förberett enligt beskrivning ovan). Vårvetaplantorna i krukor och brätten fick växa i fyra veckor med 16 tim dag med temperaturen 20°C medan nattemperaturen var 16°C. Vid avläsning sköljdes rötterna i vatten och infektionen klassificerades på samma sätt som tidigare beskrivits för *F. culmorum*.

### **Fältförsök**

I fältförsöket studerades mellangrödors inverkan på rostringsvirus i potatis. Försöket bestod av tre förfrukts behandlingar, vårsådd oljerättika, sommarsådd (v. 30-31) oljerättika och ärtor upprepat i tre block, samt två kontroller med antingen rajgräs insått i vårstråsäd eller vårkorn upprepat i två block. Varje parcell var 3x10 m. I varje provruat har jordprover ner till 30 cm tagits för nematodanalys. Detta gjordes i april de två år som försöket var utlagt. År 2 sattes potatis över hela försöket. Skördad potatis analyserades med avseende på TRV och yttre skalmisfärgning (lackskorv *R. solani*). TRV analyserades med DNA baserad analysmetodik: realtids-PCR (Persson, 2011). Lackskorv registrerades utifrån en femgradig skala (där 0 innebar ingen lackskorv och 4 kraftiga angrepp) och antal knölar med skalmisfärgningar noterades, vid Inst för växtproduktionsekologi, SLU, Uppsala. 50 knölar har analyserats i december med avseende på *R. solani* och 50 knölar kommer att analyseras under våren för att studera effekten av lagring. Nematoderna identifierades och räknades vid nematodlaboratoriet vid SLU i, Alnarp.

## Statistik

### *Biotest ogräs i odlingskåp och växthus*

Värden för biomassa log-transformerades för att stabilisera variansen, men eftersom transformationen inte påverkade tolkningen av data så presenteras ursprungliga medelvärden. Parvisa jämförelser med avseende på behandlingarnas effekt på storlek och tillväxt hos testväxterna i både odlingskåpsförsöket och växthusförsöket gjordes i SAS/STAT software, Ver. 8, SAS inst. Inc. Cary, NC, USA med hjälp av Tukey's parvisa jämförelser. Medelgroningstiden (MGT) beräknades för groningshastigheten enligt följande formel (Ellis and Roberts, 1980):

$$MGT = \frac{\sum(fx)}{\sum f},$$

där  $f$  är antalet grodda frön per dag och  $x$  är antalet dagar som fröna räknats.

Groningsindex (GI) beräknades enligt metoden använd av Wang m. fl. (2004) enligt följande formel:

$$GI = \sum(Gi/Tt),$$

där  $G_i$  är andelen grodda individer i procent på  $i$ te dagen, och  $T_t$  är antalet dagar för groddningstestet.

Levnadsdugliga groddplantor vid experimentets slut beräknades för varje petriskål enligt följande:

$$V = g/a,$$

där  $V$  är antalet levandsdugliga groddplantor,  $g$  det kumulativa antalet grodda frön och  $a$  är antalet levande groddplantor vid experimentets slut.

### *Biotest växtpatogener*

Variationsanalys (ANOVA) av behandlingars effekt på antal apotecier och antal infekterade plantor utfördes i Minitab ver. 15 (Minitab Ltd.), signifikanta skillnader analyserades vidare med Tukey's parvisa jämförelser. För *R. solani* justerades graden av infektion i varje klass till antalet grodda potatisknölar enligt följande:

$$I_n = x_n * 9/y,$$

där  $I_n$  är graden av infektion i klass  $n$ ,  $x$  är antalet individer i klass  $n$ ,  $9$  är antalet planterade potatisknölar och  $y$  är antalet grodda potatisknölar i lådan.

För *F. culmorum* beräknades ett sjukdomsindex för att justera för olika antal grodda kornplantor i de olika lådorna. Det gjordes enligt följande:

$$S_b = (\sum I * K_0 + 2 * K_1 + 3 * K_2 + 4 * K_3) / g,$$

där  $S_b$  är sjukdomsindex för en låda i block  $b$ ,  $K$  är klass och  $g$  är antalet grodda kornplantor i lådan.

### Nätgårdsförsök

Parvisa jämförelser med avseende på behandlingarnas effekt på uppkomst och biomassa hos ogräsen före och efter övervintring gjordes i SAS/STAT software, Ver. 9.2 , SAS inst. Inc. Cary, NC, USA med hjälp av Tukey's parvisa jämförelser. För *F. culmorum* beräknades sjukdomsindex enligt ovan.

### Fältförsök

Parvisa jämförelser med avseende på behandlingarnas effekt på antal nematoder och antal angripna potatisknölar gjordes i SAS/STAT software, Ver. 9.2 , SAS inst. Inc. Cary, NC, USA med hjälp av Tukey's parvisa jämförelser. För *R.solani* justerades graden av infektion i varje klass enligt ovan.

## Resultat och diskussion

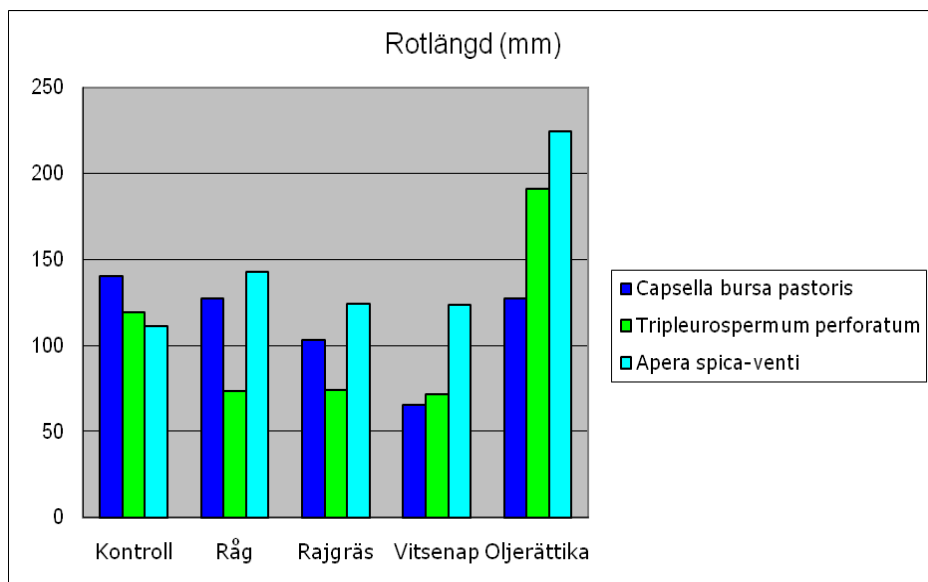
### Biotest ogräs i odlingsskåp och växthus

Vitsenap var den fånggröda som hämmade testade ogräsarter mest, men de olika ogräsarterna påverkades på olika sätt. Mest påverkad blev *C. bursa-pastoris* (Figur 4).



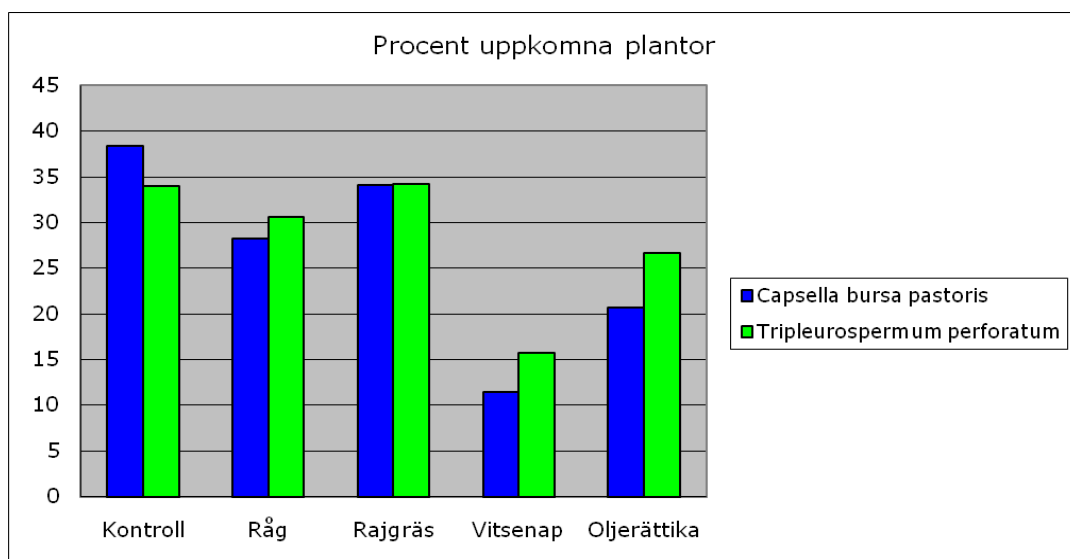
Figur 4. Tre veckor gamla groddplantor av *Capsella bursa-pastoris* i jord med inorporerad biomassa av fyra olika fånggrödor. Från vänster till höger: kontroll (utan nedbrukad fånggröda), råg, rajgräs, oljerättika och vitsenap.

I odlingskåpsförsöket orskade vitsenap en förlängning av groningen hos *A. spica-venti*, medan de två andra ogräsarterna reagerade genom att groddplantor dog (*C. bursa-pastoris*) eller att rottillväxten hämmades (*T. perforatum*) (Figur 5). Dessa resultat är statistiskt signifikanta. Denna effekt av vitsenap kan bero på dess innehåll av isothiocyanser och tiocyanser, hydrolysisprodukter av glukosinolater som i tidigare studier påvisas hämma ogräs (Al-Khatib et al 1997, Petersen et al 2001, Turk & Tawaha 2003, Haramoto & Gallandt, 2004) . Oljerättika, som även den utsöndrar dessa ämnen, orsakade istället en statistiskt signifikant rottillväxt hos *A. spica-venti* och *T. perforatum*, och hade alltså en stimulerande effekt (Figur 5). Trots detta hade den även en gröningshämmande effekt på *A. spica-venti* och orsakade en ökad dödlighet hos *C. bursa-pastoris* groddplantor, effekter som båda var statistiskt signifikanta. Dessa resultat visar på komplexiteten i det studerade systemet, och att en viss art kan ha en stimulerande effekt på ogräs har påvisats i en studie av Purvis et al (1985). En förklaring till denna stimulans kan vara att när nedbrukat växtmaterial bryts ner frigörs näring och man får en gödslingseffekt, men ingen stimulans av rottillväxt kunde påvisas i kontrollen med extra näring. Det kan också bero på vilka glukosinolater som finns i växten, något som visat sig viktigt i ett pågående doktorandarbete på *Aphanomyces* vid Inst för växtproduktionsekologi, SLU.  
[http://ekoforsk.slu.se/Projekt08\\_10/Safepeas.htm](http://ekoforsk.slu.se/Projekt08_10/Safepeas.htm)

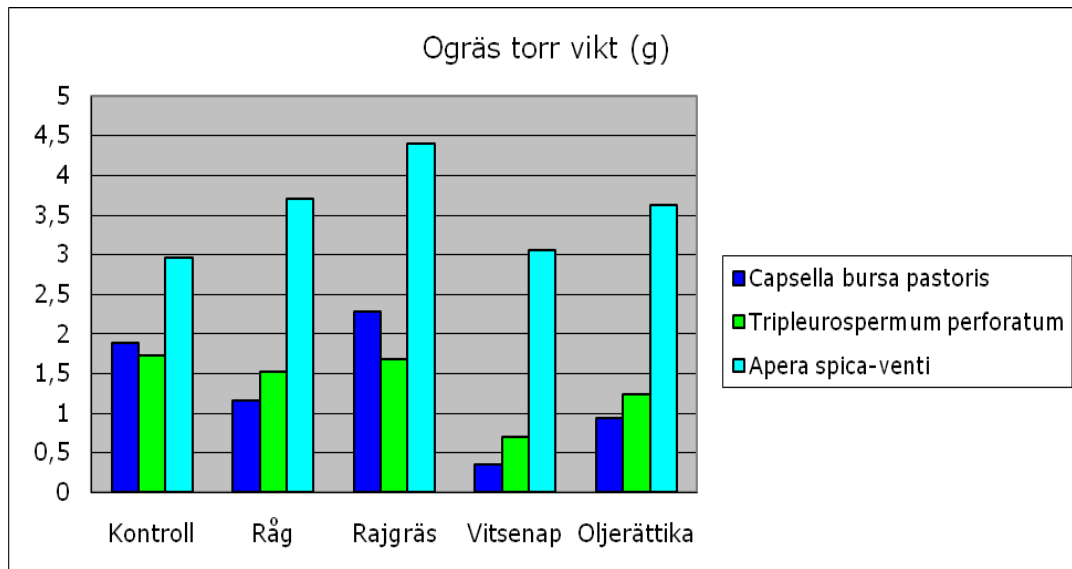


Figur 5. Rotlängd hos tre ogräsarter, *Capsella bursa-pastoris*, *Tripleurospermum perforatum* och *Apera spica-venti* som vuxit i jord med inkorporerad biomassa av fyra fånggrödor, råg, rajgräs, vitsenap och oljerättika, mätt efter 12 dagar för *T. perforatum* och *A. spica-venti* och efter nio dagar för *C. bursa-pastoris*.

I växthuset försöket visar resultaten på ett statistiskt signifikant lägre antal plantor av *C. bursa-pastoris* och *T. perforatum* när de växte i lådor med nedbrukad vitsenap (Figur 6), och även deras biomassa påverkades signifikant jämfört med kontrollen (Figur 7).



Figur 6. Procent uppkomst hos tre ogräsarter, *Capsella bursa-pastoris*, *Tripleurospermum perforatum* och *Apera spica-venti* som vuxit i jord med inkorporerad biomassa av fyra fånggrödor, råg, rajgräs, vitsenap och oljerättika, mätt efter fyra veckor för *T. perforatum* och *A. spica-venti* och efter tre veckor för *C. bursa-pastoris*.



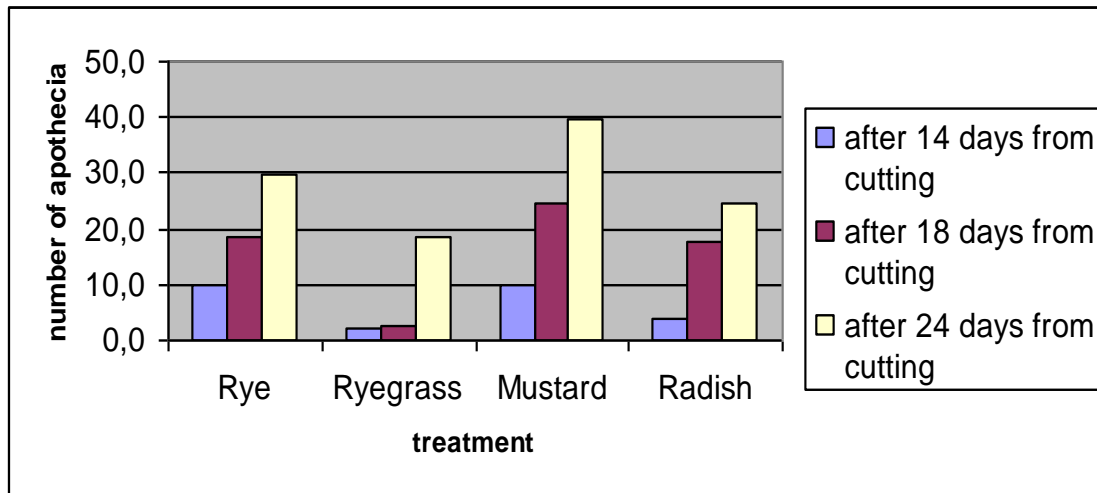
Figur 7. Biomassan hos tre ogräsarter, *Capsella bursa-pastoris*, *Tripleurospermum perforatum* och *Apera spica-venti* som vuxit i jord med inkorporerad biomassa av fyra fånggrödor, råg, rajgräs, vitsenap och oljerättika, mätt efter fyra veckor för *T. perforatum* och *A. spica-venti* och efter tre veckor för *C. bursa-pastoris*.

Utöver vitsenap och oljerättika påvisades också en statistiskt signifikant förlängning av groningen hos *A. spica-venti* orsakad av råg och rajgräs samt orsakad av rajgräs hos *C. bursa-pastoris*. Rajgräs orskade också en statistiskt signifikant hämning av rottillväxten hos *T. perforatum*. Råg är en väl studerad gröda med av seende på dess hämmande egenskaper på ogräs (Mohler & Teasdale 1993; Akemo et al. 2000; Dhima et al. 2006; Kruidhof & Bastiaans 2007) och en orsak till att inte större effekter har kunnat påvisas i odlingskåpförsöket och växthusförsöket kan bero på val av sort. Det finns en stor skillnad i allelokemiskt innehåll mellan olika sorter (Gavzzi et al, 2010). Det kan även bero hur rågen brukas ner i jorden, som mulch dvs sönderhackad eller som obearbetade växtrester, där den förstnämnda visats sig bättre ur hämningssynvinkel (Kruidhof et al 2009). Ytterligare faktorer som kan spela roll är förändringar i miljön såsom förändring i temperatur, jordens fuktighet och näringstillgång (Weston, 1996; Bellinder et al 1996). Denna studies effekt av rajgräs överensstämmer med andra studier (Stirzaker & Bunn 1996; Bond & Grundy 2001), även om effekten inte var lika tydlig.

De varierande resultaten kan bero hur länge fånggrödan får växa innan den nedbrukas i jorden, unga plantor har större effekt på ogräs än äldre (Reberg-Horton et al. 2005, Wójcik-Wojtkowiak et al. 1990). I detta försök har fånggrödorna skördats vid en tidpunkt som i andra studier visats hämma ogräs (Reberg-Horton et al. 2005, Wójcik-Wojtkowiak et al. 1990) eller har högt innehåll av glukosinolater (Fieldsend & Milford, 1994), för att optimera den allelopatiska effekten. Sekundära effekter som förändrad ljusstillgång, ljuskvalitet, temperatur, fukthalt i jorden och näringstillgång kan vara den hämmande faktorn. I försöken användes därför olika typer av kontroller, och resultaten tyder inte på att den hämning som detekterats i försöken beror på en strukturförändring i jorden eller en ökad näringstillgång.

## Biotest växtpatogener

I försöket med *Sclerotinia sclerotiorum* syntes en påverkan av antalet utvecklade apothecier som, 24 dagar efter att fånggrödorna brukats ner visade en signifikant fördröjning av tillväxten i behandlingen med rajgräs jämfört med de andra behandlingarna, Figur 8. Tyvärr ruttade sklerotierna i kontrollen utan fånggröda och det är därför svårt att säga hur detta resultat förhåller sig om ingen fånggröda använts som förfrukt. För de två andra växtpatogenerna *R. solani* och *F. culmorum* kunde ingen effekt i biotesten, av någon av behandlingarna, beläggas.



Figur 8. Antalet apotecier hos *Sclerotinia sclerotiorum* som räknats 14, 18 och 24 dagar efter att råg, rajgräs, vitsenap och oljerättika skördats och brukats ner i jorden.

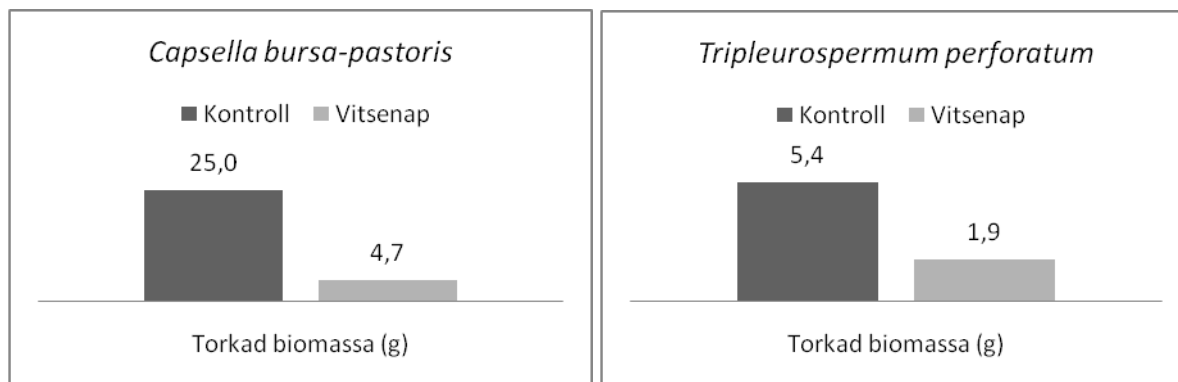
Den hämmande effekten av rajgräs på *S. sclerotiorum* kan bero på att en sådan gröda uppförökar antagonistiska markorganismer, dvs de organismer som hämmar och/eller konkurrerar ut patogenerna, att grödan utsöndrar andra hämmande substanser än glykosinolater (produceras av vitsenap och oljerättika) eller att de kan inducera resistens hos nästkommande gröda (Matthiesen & Kirkegaard, 2006; Gimsing & Kirkegaard, 2009). Orsaken till att de två glukosinolatinnehållande fånggrödorna från Brassicaceae familjen inte visade någon hämning av patogenerna trots att andra studier visat sådan hämning (Larkin & Griffin 2007; Mazzola et al, 2007; Smolinska, 2000; Smolinska et al, 2003) kan vara att de sorter som användes i detta försök producerade för lite glukosinolater (Smolinska 2000), jorden i försöket hade ett för högt innehåll organiskt material eller att ”fel” typ av glukosinolater hade producerats i växterna. Isotiocyner, som bildas vid hydrolys av glukosinolater (se Bakgrund), är dels volatila, men adsorberas också lätt av organiskt material i marken (Gimsing & Kirkegaard, 2009) och blir på så sätt immobiliserade. I en studie på *Aphanomyces* (pågående doktorandprojekt, Inst för växtproduktionsekologi, SLU) visar resultat att det inte är mängden glukosinolater som är avgörande för en hämmande effekt utan vilka glukosinolater som produceras. Se [http://ekoforsk.slu.se/Projekt08\\_10/Safepeas.htm](http://ekoforsk.slu.se/Projekt08_10/Safepeas.htm), rapport 2010)

Utfallet i detta projekt kan ha påverkats av tidpunkten då bioteststarten såddes och sattes, man kan tänka sig att om man väntat en vecka efter att fånggrödorna brukats ner i jorden, så kan en högre koncentration av isothiocyner ha samlats i jorden och därmed en potentiell kraftigare

hämning av växtpatogener hunnit ske. Utfallet hade möjligen blivit annorlunda i en jord med lägre mullhalt.

### Nätgårdsförsök

Vad gäller ogräsen *C. bursa-pastoris* och *T. perforatum* syns en tydlig och statistiskt signifikant effekt före övervintringen när frön från de två ogräsen såddes samtidigt som och fick växa med vitsenap (Figur 9), men inte efter övervintringen. Då finns istället en statistiskt signifikant gödslingsseffekt.



Figur 9. Torrsvikt av *Capsella bursa-pastoris* och *Tripleurospermum perforatum*, när deras frön såddes samtidigt och plantorna vuxit utan och med vitsenap i ca 8 veckor.

Effekten efter övervintring är större för *T. perforatum* än *C. bursa-pastoris*. Uppkomsten av *T. perforatum* har påverkats något av vitsenapen, då antalet uppkomna ogräsplantor är statistiskt signifikant lägre i behandlingen med den lägsta koncentrationen av vitsenapshack jämfört med nollkontrollen, medan de andra behandlingarna inte haft någon effekt på uppkomsten. Uppkomsten av *C. bursa-pastoris* har inte påverkats alls av någon av behandlingarna. Ytterligare en skillnad mellan de två ogräsarterna är hur deras biomassa påverkats av vitsenapen. Medan den individuella biomassen hos *T. perforatum* plantor visar en statistiskt signifikant ökning i behandlingarna med vitsenap och de tre kvävekontrollerna jämfört med nollkontrollen är det istället den totala biomassen hos *C. bursa-pastoris* som påverkats och biomassen statistiskt signifikant högre i behandlingen med högsta koncentrationen av vitsenapshack jämfört med nollkontrollen.

Dessa resultat visar tydligt på att tidpunkten då fånggrödan brukas ned i förhållande till ogräsfrönas groning är viktig, och att effekten av fånggrödan kan avta under vintern åtminstone vad gäller effekten på testade ogräsarter. Detta kan bero på att de volatila isothiocyanaterna diffunderar till luften eller binds av organiskt material i jorden som beskrivits ovan, och effekten av dem då blir låg. Resultaten visar också att olika ogräsarter påverkas olika, vilket också resultat från odlingsskåpsförsöket och växthusförsöket visade.

### Fältförsök

Inget rostringvirus orsakat av TRV kunde detekteras i något av proven från leden med olika förfrukter. Ingen skillnad kunde heller noteras mellan olika behandlingar med avseende på sjukdomsindex för lackskorv. En signifikant effekt av block men inte av behandling vad gäller mörka skalmissfärgningar vilket tyder på en variation av förhållandena i fältet. Beräkningar av

antal nematoder av släktena *Trichodorus* och *Paratrichodorus*, som överför TRV, visar att ärtbehandlingen skiljer sig signifikant från alla de andra förfrukterna genom att antalet nematoder ökade då man jämförde provtagningar i april före och året efter ärt som förfrukt.

## Slutsatser

Projektets resultat visar tydligt att tidpunkt för nedbrukning av fånggröda är viktigt då två av ogräsarterna hämmades tydligt när de växte tillsammans med vitsenap innan övervintring, men ej efter. Ytterligare studier rekommenderas för att ordentligt utreda huruvida övervintring ökar andelen allelopatiska substanser i marken då fånggrödans celler fryser sönder, eller om substanserna diffunderar till atmosfären efter att de frigjorts eller adsorberas och binds upp av organiskt material i marken. Resultaten visar också att typ av fånggröda är viktig, och att de studerade ogräsarterna och jordburna patogenerna i studien hämmas mer eller mindre av olika fånggrödor, och vad gäller ogräsen var hämningsmekanismen olika som förlängd groningstid, påverkan av groddplantors överlevnad och rottillväxten. Detta kan sannolikt bero på vilka allelopatiska substanser som utsöndras av de olika fånggrödorna. Fler och fördjupade studier om dessa substanser hos svenska fånggrödesorter behövs om vi i framtiden vill optimera användandet av dem i syfte att hämma jordburna patogener och ogräs.

Projektet har inte kunnat påvisa några klara samband mellan mellangröda/förfrukt och påverkan på utvecklingen av växtsjukdomar. Bra effekten av bio-fumigation som vi på svenska kallar biosanering kräver speciella odlingsförhållanden. Som framgår av ett pågående parallellprojekt vid institutionen bildas de volatila isotiocyanaterna från glukosinolathaltigt sönderdelat växtmaterial under kort tid detekterbara mängder av volatila ämnen återfinnas bara under några timmar efter nedbrukningen. Vilken jordart fältet har spelar också roll och också temperatur. I doktorandprojektet ”Impact of Brassicaceae Cover Crops on the Management of Pea Crops and *Aphanomyces* Pea Root Rot” har doktorand Shakhawat Hossain funnit en kraftigt hämmande effekt på patogenen *Aphanomyces eitheiches* som orsakar ärtrottröta. Denna hämning sker främst med bladmaterial av *Brassica juncea* som har bildat mycket höga halter av glukosinolater. Studien ger inte samma hämmande effekt av vitsenap *Sinapis alba* trots att denna också innehåller glukosinolater. Kemiska analyser visar att dessa inte är lika som de i *B. juncea* och att de bildade isotiocyanaterna därmed inte heller är lika. Detta är en förklaring till den skilda förmågan att hämma växtpatogener som dessa båda växtarterna har ([http://ekoforsk.slu.se/Projekt08\\_10/Safepeas.htm](http://ekoforsk.slu.se/Projekt08_10/Safepeas.htm), rapport 2010)

Rajgrässets hämning och därmed fördröjning av utvecklingen av *Sclerotinia* apothecier kan vara mycket viktig för t.ex infektion av bomullsmögel i raps. Denna sker vid grödans blomning och kan apothecie och sporspridningen fördröjas medför detta att grödan har möjlighet att ”fly” från angrepp i och med att en överblommad gröda inte är infektionskänslig.

Val av förfrukt visade i fältförsöket påverka uppförökningen av TRVs (rostringsvirus) nematodvektorer. Resultaten visar att ärt jämfört med oljerättika uppförökade nematoderna signifikant mer. Val av förfrukt påverkar alltså nematoderna men resultaten från projektet har inte kunnat visa någon förändring i TRV förekomst då nematoderna inte överfört något virus till potatisen. En låg nematodpopulation är ju emellertid en grundförutsättning för lägre spridning av TRV.



## Publicering

Resultat från projektet har presenterats med en poster vid 1<sup>st</sup> Nordic Organic Conference i Göteborg 18-20 maj 2009 (Didon et al., 2009). En vetenskaplig artikel är sammanställd baserad på resultat från odlingskåp- och växthusförsök, och har skickats till Weed research för granskning (Didon et al.). Ytterligare en vetenskaplig artikel planeras att sammanställas under året baserad på data insamlad i nätgårdsförsöket. Delar av studien har utförts av två examensarbetare, Maria Soldevilla-Martinez (Soldevilla-Martinez, 2009) och David Widmark, och projektet har på så sätt använts i grundutbildningen, men resultat från projektet har även behandlats i våra kurser i växtodling . Resultaten har årligen tagits upp på rådgivardagar/träffar. Nu senast i Örebro vid FoUdagen då lantbrukare, rådgivare och forskare träffades. Paula Persson var inbjuden att tala om ”Brassicaarters effekt på jordburna svampsjukdomar och ogräs” den 10 februari 2011.

Didon UME, Widmark D, Soldevilla-Martinez M, Kolseth AK & Persson P, 2009. Allelopathic Cover Crops – Effects on Plant Pathogens and Weeds. Proceedings of the 1<sup>st</sup> Nordic Organic Conference. Towards increased sustainability in the food supply chain. Göteborg 18-20 May 2009, p. 157.

Soldevilla-Martinez M, 2009. Influence of Cover Crops on the Development of some Soil-borne Plant Pathogens. Examensarbete, SLU inst för växtproduktionsnekologi. [http://stud.epsilon.slu.se/417/1/soldevilla\\_m\\_090808.pdf](http://stud.epsilon.slu.se/417/1/soldevilla_m_090808.pdf)

Didon, UME, Kolseth, A-K, Widmark, D. & Persson, P. Cover Crops residues – Effects on Germination and Early Growth of Annual Weed Species (submitted)

## Referenser

- Akemo MC, Regnier EE & Bennet MA, 2000. Weed suppression in spring sown rye (*Secale cereale*) - pea (*Pisum sativum*) cover crop mixes. *Weed Tecnology* **14**, 545-549.
- Al-Khatib K, Libbey C & Boydston R, 1997. Weed suppression with Brassica green manure crops in green pea. *Weed science* **45**, 439-445.
- Bond W & Grundy AC, 2001. Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research* **41**, 383-405.
- Dhima KV, Vasilakoglou IB, Eleftherohorinos IG & Lithourgidis AS, 2006. Allelopathic potential of winter cereals and their cover crop mulch effect on grass weed suppression and corn development. *Crop Science* **46**, 345-352.
- Ellis RH & Roberts EH, 1980, Towards a rational basis for testing seed quality. In: *Seed Production*. (ed. PD Hebblethwaite), 605–635. Butterworths, London, UK.
- Fieldsend J & Milford GFJ, 1994. Changes in glucosinolates during crop development in single-low and double-low genotypes of winter oilseed rape (*Brassica napus*). 1. Production and distribution in vegetative tissues and developing pods during development and potential role in the recycling of sulphur within the crop. *Annals of Applied Biology* **124**, 531-542.
- Gimsing AL & Kirkegaard JA, 2009. Glucosinolates and biofumigation: Fate of glucosinolates and their hydrolysis products in soil. *Phytochemical Review* **8**, 299-310.
- Haramoto ER & Gallandt ER, 2004. Brassica cover cropping for weed management: a review. *Renewable agriculture and food systems* **19**, 187-198.
- Haramoto ER & Gallandt ER, 2005. Brassica cover cropping: I. Effects on weed and crop establishment. *Weed science* **53**, 695-701.
- Kruidhof HM & Bastiaans L, 2007. Weed suppression by cover crop residue material: exploration and optimization. In: Proceedings 14th EWRS symposium, Hamar, Norway, 83.

- Larkin, R.P. & Griffin, T.S. 2007. Control of soilborne potato diseases using *Brassica* green manures. *Crop Protection* **26**, 1067-1077.
- Larkin, RP & Honeycutt, CW, 2006. Effect of Different 3-Year Cropping Systems on Soil Microbial Communities and Rhizoctonia Diseases of Potato. *Phytopathology* **96**, 68-79.
- Matthiessen JN & Kirkegaard JA, 2006. Biofumigation and Enhanced Biodegradation: Opportunity and Challenge in Soilborne Pest and Disease Management. *Critical Reviews in Plant Sciences*, **25**, 235-265.
- Mazzola M, Brown J, Izzo D & Cohen MF, 2007 Mechanisms of Action and Efficacy of Seed Meal-Induced Pathogen Suppression Differ in a Brassicaceae Species and Time-Dependent Manner. *Phytopathology* **97**, 454-460.
- Mohler CL & Teasdale JR, 1993. Response of weed emergence to rate of *Vicia villosa* Roth and *Secale cereale* L. residue. *Weed Research* **33**, 487-499.
- Persson P, 2011. Säker diagnos och utbredning av rostringar i potatis. *Växtskyddsnotiser* **66**, 4-7.
- Petersen J, Belz R, Walker F & Hurler K, 2001. Weed suppression by release of isothiocyanates from turnip-rape mulch. *Agronomy Journal* **93**, 37-43.
- Reberg-Horton SC, Burton JD, Danehower DA, Ma G, Monks DW, Murphy JP, Ranells NN, Williamson JD & Creamer NG, 2005. Changes over time in the allelochemical content of ten cultivars of rye (*Secale cereale* L.). *Journal of Chemical Ecology* **31**, 179-193.
- Rice EL 1984. *Allelopathy*. Academic Press, Orlando, Florida. 422 pp.
- Smolinska U, 2000. Survival of *Sclerotium cepivorum* sclerotia and *Fusarium oxysporum* chlamydospores in soil amended with cruciferous residues. *Phytopathology* **148**, 343-349.
- Smolinska U, Morra, MJ & Knudsen GR, 2003. Isothiocyanates produced by Brassicaceae species as inhibitors of *Fusarium oxysporum*. *Plant Disease* **87**, 407-412.
- Stirzaker RJ & Bunn DG, 1996. Phytotoxicity of ryegrass and clover cover crops, and a lucerne alley crop for no-till vegetable production. *Biological Agriculture and Horticulture* **13**, 83-101.
- Turk MA & Tawaha AM, 2003. Allelopathic effect of black mustard (*Brassica nigra* L.) on germination and growth of wild oat (*Avena fatua* L.). *Crop Protection* **22**, 673-677.
- Wang YR, Yu L, Nan ZB & Liu YL, 2004. Vigor tests used to rank seed lot quality and predict field emergence in four forage species. *Crop Science* **44**, 535-541.
- Wójcik-Wojtkowiak Politycka B, Schneider M & Perkowski J, 1990. Phenolic substances as allelopathic agents arising during the degradation of rye (*Secale cereale* L) tissues. 1990. *Plant and Soil* **124**, 143-147.