



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för mark och miljö

# Fluglarvers nedbrytningsrest som gödselmedel

– Ett växtodlingsförsök inkluderande *Trichoderma* och *Rhizopus*

*Fly larvae residue as fertilizer*

*- Plant trial including *Trichoderma* and *Rhizopus**

Louise Petersson

Kandidatuppsats i miljövetenskap  
Kandidatprogrammet – Biologi och markvetenskap

Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU  
2019:09

Uppsala 2019

# Fluglarvers nedbrytningsrest som gödselmedel – Ett växtodlingsförsök inkluderande Trichoderma och Rhizopus

*Fly larvae residue as fertilizer – Plant trial including Trichoderma and Rhizopus*

Louise Petersson

**Handledare:** Sigrun Dahlin, Institutionen för mark och miljö, **SLU**

**Examinator:** Anna Mårtensson, Institutionen för mark och miljö, SLU

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i Miljövetenskap

**Kurskod:** EX0896

**Program/utbildning:** Biologi och miljövetenskap - kandidatprogram 180 hp

**Kursansvarig institution:** mark och miljö

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2019

**Serietitel:** Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU

**Delnummer i serien:** 2019:09

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

**Nyckelord:** jordförbättring, gödselmedel, amerikansk vaperfluga

Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för mark och miljö

## Sammanfattning

Världen står idag inför stora hållbarhetsutmaningar som innefattar bland annat fosforanvändning och utarmning av jordar. Samtidigt produceras varje år stora mängder avfall som långt ifrån alltid hanteras på ett hållbart sätt. Den organiska delen av avfallet skulle kunna tas om hand genom att låta fluglarver av arten amerikansk vapenfluga konsumera det. Processen innebär att avfallet reduceras parallellt med att djurfoder produceras i form av fluglarvernas biomassa samt potentiellt gödsel- och jordförbättringsmedel i form av nedbrytningsresten. Tidigare försök har genomförts där svamparna *Trichoderma reesei* alternativt *Rhizopus oligosporus* tillsatts avfallet ett antal dagar före fluglarvernas bearbetning påbörjats för att öka utbytet av larvbiomassa.

Kännedom om släktet *Trichodermas* användning i biologisk bekämpning inom växtodling väckte frågan om hur denna förbehandling skulle påverka nedbrytningsrestens gödslingsegenskaper. I den här studien genomfördes ett totalt randomiserat växtodlingsförsök omfattandes 40 krukor. Utifrån fem parametrar undersöktes hur de olika varianterna av nedbrytningsrester från fluglarvernas bearbetning påverkade plantors tillväxt och hälsa. Resultaten visade att plantorna påverkades negativt av samtliga led innehållandes nedbrytningsrester jämfört med referensleden där antingen traditionell varmkompost respektive mineralgödsel tillsatts till den jord som utgjorde grundmediet i alla led. Slutsatsen blev att nya försök där nedbrytningsresterna fått mogna behöver genomföras för att undersöka hur en färdig kompostversion av resterna fungerar som jordförbättring.

*Nyckelord:* jordförbättring, gödslingsmedel, amerikansk vapenfluga



## Abstract

The world faces big challenges regarding sustainability, including among much else also the use of phosphorus and the depletion of soils used for agriculture. Every year, large amounts of waste are produced globally and far from all of it are handled in a sustainable way. The organic part of this waste could be managed by letting larvae of the Black soldier fly process it. The process reduces the waste volume while animal feed is produced in the form of the larvae. The residue that remains could possibly be used as fertilizer and soil improvement. Before the start of this study tests has been made by inoculation fungus *Trichoderma reesei* or *Rhizopus oligosporus* to the substrate to enhance the yield of larval biomass.

The knowledge of the genus *Trichoderma* and the use of it for biological control in crop production arouse the question of how this pre-treatment affected the attributes of the substrate as a fertilizer. In this study a completely randomized plant growth trial was conducted. It comprised 40 pots and the different larvale residues' effect on plant health and growth was evaluated from five parameters. The results showed that the residues adversely affected the plants compared to the reference pots amended with either a mature, traditional compost or mineral fertilizer. The conclusion is that new trials where the residues has had time to mature are needed to evaluate if they can be successfully used for soil improvement.

*Keywords:* soil improvement, fertilizer, Black soldier fly



# Innehållsförteckning

<b>Figurförteckning</b>	<b>6</b>
<b>1 Inledning</b>	<b>7</b>
1.1 Bakgrund	8
1.1.1 Utarmning av jordbruksmark och organiskt material som jordförbättringsmedel	9
1.1.2 Den amerikanska vapenflugan och behandling av organiskt material	9
1.1.3 Förbehandling med Trichoderma och Rhizopus	10
1.1.4 Rothalsöta	11
1.1.5 Syfte och hypoteser	11
<b>2 Material och metod</b>	<b>12</b>
<b>3 Resultat</b>	<b>16</b>
3.1 Tidsåtgång till 50% uppkomna plantor	17
3.2 Total andel uppkomna plantor	18
3.3 Antal plantor med rothalsröta	19
3.4 Andel blad med fläckar	20
3.5 Bladbiomassa	21
<b>4 Diskussion</b>	<b>22</b>
4.1 Möjlig kvävebegränsning	22
4.2 Fluglarvsledens gödselverkan	22
4.3 Förbehandling med svamp	23
4.3.1 Rothalsröta	23
4.3.2 Bladbiomassa	24
4.3.3 Förbättringsmöjligheter	24
4.3.4 Möjligheter för implementering	25
4.3.5 Framtida forskning	25
4.4 Slutsats	26
<b>5 Referenslista</b>	<b>27</b>
5.1 Icke publicerat material	29
<b>Bilaga 1</b>	<b>31</b>
<b>Bilaga 2</b>	<b>32</b>





## Figurförteckning

<i>Figur 1.</i> Antal dagar mellan sådd och 50% grodda frön	17
<i>Figur 2.</i> Andel uppkomna plantor per behandling.	18
<i>Figur 3.</i> Antalet plantor angripna av röta i varje kruka.	199
<i>Figur 4.</i> Andel blad med fläckar per behandling.	20
<i>Figur 5.</i> Bladbiomassa för de olika behandlingarna redovisat i torrvt.	211
<i>Figur 6.</i> Fäckar på ruccolans hjärtblad.	31
<i>Figur 7.</i> Fläckar på ruccolans hjärtblad.	31
<i>Figur 8.</i> Bladbiomassa, ruccola.	322
<i>Figur 9.</i> Bladbiomassa, spenat.	32
<i>Figur 10.</i> Andel blad med fläckar per behandling.	333

# 1 Inledning

Världen står idag inför stora hållbarhetsproblem där nyttjandet av resurser på många sätt långt överskrider vad jorden på sikt klarar av (Rockström *et al.* 2009).

Inte minst handlar det om frågan om tillgången på fosfor. Fosfor är en ändlig resurs vars tillgänglighet är direkt kopplad till matproduktion genom att vara ett av 14 för växter essentiella näringsämnen (Barker & Pilbeam 2007). Utan tillräcklig tillgång till fosfor blir matproduktionen snabbt lidande (Chowdhury *et al.* 2017). ”Peak fosfor” som syftar på tidpunkten då fosforutvinningen kommer börja minska diskuteras och åsikterna om när detta kommer inträffa går kraftigt isär (Chowdhury *et al.* 2017). Att det är en ändlig resurs som stora delar av världens matproduktion är beroende av är däremot mindre av ett diskussionsämne. Inom Europa användes 2009 ca 3 kg bergsutvunnen fosfor per invånare och år (Schröder *et al.* 2009).

Ett annat problem som hör ihop med fosforanvändningen och även berör matproduktion är utarmningen av världens jordbruksmark. När växter skördas förs även näringsämnena de innehåller bort från jorden. Utan återförsel av näring som bland andra kväve och fosfor i form av organiskt material eller mineralgödselmedel blir jordarna efterhand näringsfattiga. Brist på organiskt material ger dessutom försämrade fysiska egenskaper som lägre vattenhållande förmåga, försämrad struktur (Alm *et al.* 1997) och högre risk för erosion. Genom att tillföra jorden organiskt material kan dessa effekter motverkas (Bazzoffi *et al.* 2006).

Varje år går stora mängder organiskt avfall förlorat. World bank group redovisar en beräknad siffra på 1,3 miljarder ton som på olika sätt förloras i hanteringskedjan varje år (Kaza *et al.* 2018). I och med förlusten av detta avfall förloras även stora mängder näring och kol som med rätt hantering hade kunnat återföras in i systemet (Gilbert 2015).

Behovet av näringstillförsel i jordbruket är globalt. En aspekt som däremot skiljer områden åt är de ekonomiska förutsättningarna. Medan västvärlden generellt

sett har ett fungerande om än icke hållbart system för avfallshantering och en ekonomi stabil nog för att importera fosfor och kväve i form av konstgödsel (Chirere 2016) så har fattigare delar av världen, på grund av sin svaga ekonomi, ofta bristande avfallshantering (Kaza *et al.* 2018) och små möjligheter att gödsla sina jordar med konstgödsel (Cordell *et al.* 2009). Detta leder till bristande livsmedelssäkerhet (Chirere 2016). Förutom stora och akuta problem med matbrist leder den bristande avfallshanteringen även till försämrad hälsa och sjukdomar i främst fattiga urbana områden där människor bor nära stora ansamlingar avfall (Kaza *et al.* 2018).

Ett sätt att komma tillrätta med åtminstone delar av den ovan nämnda problematiken skulle kunna vara att ta tillvara idéerna inom cirkulär ekonomi. I och med en omställning från dagens främst linjära flöden av resurser till cirkulära skulle strategier implementeras som bygger på tanken om hållbara kretslopp vilket betyder en mer effektiv resurshantering (Europeiska kommissionen 2015). Det finns idag system som tar hand om källsorterat hushållsavfall för produktion av biogas i vilken rötresten som blir kvar återförs till jordbruket. Behovet av investeringar och tekniskt kunnande är däremot högt om processen ska bli effektiv vilket betyder att det inte alltid är en möjlighet. För de förhållanden där detta är fallet skulle istället fluglarvskompostering av organiskt avfall kunna vara ett alternativ. Det är en lågteknisk process där fluglarver genom konsumtion av organiskt avfall både reducerar mängden avfall och producerar foder i form av sin egen biomassa.

Syftet med denna studie var att undersöka om den massa (nedbrytningsrest) som blir kvar efter larvernans bearbetning även fungerar som gödselmedel, och om förbehandling med specifika svampar påverkar resultatet. Detta gjordes genom att låta spenat och ruccola växa i jord där resterna från av fluglarvsbearbetat material med olika förbehandling blandats med en naturligt näringsfattig jord. Sedan observerades hur de olika leden påverkade plantornas uppkomst, överlevnad och biomassa.

## 1.1 Bakgrund

Det är många led av forskning som ligger till grund för utformningen av denna undersökning. Studien grundar sig i kunskap om allt från problematik rörande avfallshantering till fysiologin hos svampsläktet *Trichoderma*. Nedan följer en redogörelse för de viktigaste resultaten som lett fram till idén om den här studien tillsammans med fakta kring de områden som berörs.

### 1.1.1 Utarmning av jordbruksmark och organiskt material som jordförbättringsmedel

Mat- och foderproduktionen i världen leder i många fall till utarmning av jordbruksmark. Utarmningen innebär att både kolhalt och tillgång på näringsämnen minskar vilket påverkar växters förutsättningar på mer än ett sätt. De komplexa ekosystem som omsätter det organiska materialet och ger förutsättningar för växternas rötter att ta upp näring försvagas. Samtidigt är halten organiskt material i jord direkt kopplad till bland annat dess vattenhållande förmåga och struktur som spelar roll för växtlighetens förutsättningar.

Jordens förråd av organiskt material beror av balansen mellan inflöde i form av dött organiskt material samt skördeuttaget och markorganismernas nedbrytning av befintligt organiskt material. När skördeuttaget är större än inflödet leder detta på sikt till både näringsbrist och försämrade fysiska egenskaper (Eriksson *et al.* 2011)

Organiskt material refereras till som stabiliserat när de initiala, mer lättnedbrytbara föreningarna brutits ner och omsatts till mer svårnedbrytbara föreningar i form av humusämnen vilka då ackumulerats (Eriksson *et al.* 2011). I samband med omsättning av organiskt material bildas intermediära molekyler som kan vara fytotoxiska i tillräckligt höga halter. Dessa föreningar som bland annat kan hämma frögroning (Alm *et al.* 1997) bildas främst under anaerob nedbrytning och minskar i förekomst allt eftersom substratet stabiliseras.

Att tillsats av stabiliserat organiskt material till jord förbättrar bördighet och därmed avkastning har varit känt och utnyttjats av jordbrukarsamhällen så långt som 4000 år f.kr. (Buch 1987). När bland annat kol och kväve i form av humus tillsätts till jord förbättras växternas villkor genom att både genomsläpligheten för luft blir bättre och den vattenhållande förmågan ökar (Alm *et al.* 1997).

### 1.1.2 Den amerikanska vapenflugan och behandling av organiskt material

För redan runt 100 år sedan föreslogs fluglarver kunna användas för att hantera organiskt avfall (Čičková *et al.* 2015).

På 80-talet inleddes undersökningar om att använda den amerikanska vapenflugans (*Hermetia illucens*) larver som verktyg för att hantera organiskt avfall. 1983 undersöktes möjligheterna att låta nämnda larver bearbeta avföring från höns (Sheppard 1983). Resultaten visade bland annat att volymen avföring reducerades till följd av larvernas bearbetning samtidigt som förekomsten av husflugor minskade. Dessa resultat har sedan följts upp av andra studier som även de rapporterat en volymminskning (t.ex. (Meneguz *et al.* 2018), (Diener *et al.* 2011) och (Lalander *et al.* 2015).

Processen där fluglarverna bearbetar organiskt avfall innebär att de konsumerar substratet och efterlämnar en massa bestående av främst ekskrementer i vilken nedbrytningsprocessen har kommit längre än före passagen genom larvernas mag-tarmkanaler. När fluglarverna är redo att förpuppas söker de sig ut ur substratet varpå de kan skördas och användas som foder (Diener *et al.* 2011).

Den amerikanska vapenflugan återfinns naturligt i områden med varmt klimat och reproducerar sig normalt inte i temperaturer under 24°C. I vuxet stadium är flugan relativt inaktiv och äter inte (Sheppard *et al.* 2002). Detta gör den till en icke sjukdomsspridande insekt (Diener *et al.* 2011).

Larverna har visat sig kunna reducera patogener i form av bland annat salmonella (Lalander *et al.* 2015) (Erickson *et al.* 2004) och *E. coli* i det avfall den bearbetar (Erickson *et al.* 2004).

### 1.1.3 Förbehandling med *Trichoderma* och *Rhizopus*

I ett försök att effektivisera den biologiska avfallshanteringen har förbehandling av avfallet testats. Katongole *et al.* (2017) genomförde ett försök där man tillsatte *Hypocrea jecorina*, vilken *Trichoderma reesei* är en anamorph form av (asexuellt stadium), till fermenterande bananskal. Resultatet av den undersökningen visade bland annat att kombinerad tillsats av *H. jecorina* och mineralkväve till fermenteringen ökade det tillgängliga råproteinet per viktenhet (Katongole *et al.* 2017). Resultaten visar även att den hygieniska aspekten vid närvaro av *H. jecorina* förbättras genom minskad förekomst av andra, oönskade mikroorganismer. Detta jämfört med fermentering utan tillsatts av *H. jecorina*.

*Rhizopus oligosporus* har en liknande förmåga att bryta ner komplexa kolledjor (Saarela 2011) och därmed tillgängliggöra en större mängd näring. Denna egenskap används bland annat vid tillverkning av tempeh genom fermentering av sojaböner med *R. oligosporus* (Pettersson 2004).

#### *Trichoderma* för biologisk bekämpning

Vissa arter inom släktet *Trichoderma* används kommersiellt bland annat tack vare sin förmåga att konkurrera ut andra, sjukdomsalstrande svampar. De gör detta på olika sätt, både genom produktion av extracellulära enzymer som stör konkurrenterna och genom en parasitism på desamma (Reino *et al.* 2008). Ett angrepp av sjukdomsalstrande svampar kan leda till rothalsröta hos plantan som följdaktningen dör (se stycket nedan). Ytterligare en strategi som utnyttjas i dessa

produkter är *T. reesei* förmåga att gynna plantors rottillväxt samt ge plantan själv bättre förmåga att försvara sig mot patogena svampar (Reino *et al.* 2008). Bland annat används *Trichoderma polysporum* och *Trichoderma harzianumlouis* på marknaden för biologisk bekämpning av patogener (van Lenteren *et al.* 2018).

#### 1.1.4 Rothalsöta

En åkomma som förekommer främst hos unga plantor är rothalsröta. Den kan yttra sig på flera olika sätt. Tillståndet innebär att den unga plantan utsätts för ett svampangrepp varpå röta uppstår. Svampangreppet kan bland annat orsaka att nyligen grodda plantor hindras från att nå över jordytan, att hjärtbladen blir missfärgade eller får en onaturlig textur. Rötan kan även utvecklas i stjälken nära eller under jordytan varpå denna missfärgas och/eller skrupnlar vilket resulterar i att plantan lägger sig ner och efterhand dör (Blancard 2012). Det är den sistnämnda varianten som undersökts i detta arbete.

#### 1.1.5 Syfte och hypoteser

Studiens syfte var att testa följande hypoteser:

- 1) Fluglarvernas nedbrytningsrester är effektiva gödselmedel, och
- 2) Förbehandling av avfallet med *T. reesei* minskar förekomsten av rothalsröta. Hypoteserna för detta arbete var att fluglarvernas nedbrytningsrester skulle vara effektiva gödselmedel samt att förbehandling med *T. reesei* skulle minska förekomsten av rothalsröta.

## 2 Material och metod

Detta totalt randomiserade växtodlingsförsök omfattande 2\*5 led med 4 upprepningar och inleddes i mars, våren 2019. Mellan sådd och skörd förflöt 21 dagar.

Tre olika varianter av restprodukten från den amerikanska vapensflugans nedbrytning av organiskt material testades. Försöket föregicks av att matavfall behandlades med antingen svampen *T. reesei* och fluglarver (T), svampen *R. oligosporus* och fluglarver (R) eller enbart av fluglarver (F)

Matavfallet som levererades från Eskilstuna kommun delades upp i tre delar. En del frystes ner i väntan på att fluglarvernas bearbetning skulle påbörjas sju dagar senare. De andra två inokulerades med *T. reesei* respektive *R. oligosporus* vilka fick bearbeta avfallet under sju dagar. Efter den initiala veckan togs en viss mängd från varje del och matades till fluglarver. Det som blev kvar i varje behållare bearbetades fortsatt av svampen alternativt behölls i fryst form. Utfodringen av larverna upprepades ytterligare två gånger. Tillvägagångssättet innebär att 1/3 av den totala mängd matavfall som tillsatts till T och R hade bearbetats av svamp i tre veckor, 1/3 hade bearbetats i två veckor samt 1/3 i en vecka. Se tabell 2.

Tabell 2. Antal dagar som matavfallet som larverna matades med hade förbehandlats av svamp, antingen *T. reesei* eller *R. oligosporus*.

Fluglarvsled	Utfodring 1.	Utfodring2.	Utfodring3.
<b>Antal dagar matavfallet förbehandlats med svamp (<i>T. reesei</i> eller <i>R. oligosporus</i>)</b>			
(T) fluglarver + <i>Trichoderma</i>	7	14	21
(R) fluglarver + <i>Rhizopus</i>	7	14	21
(F) fluglarver	0	0	0

Utöver de tre leden med nedbrytningsrest från fluglarvsbehandling (T, R och F) inkluderades ytterligare två led. Den ena gödslades med en traditionell, mogen varmkompost från matavfall. Detta matavfall kom inte från samma källa som matavfallet i fluglarvsleden och skillnader i sammansättning på grund av detta får antas förekomma. Det andra gödslades med mineralgödsel i form av NPK och utgjorde en positiv kontroll.

Kväveinnehållet i komposten och fluglarvernas nedbrytningsrester analyserades med hjälp av Spectroquant© test kit nummer 114544 för ammonium-kväve (NH<sub>4</sub>-N), nummer 114764 för nitrat (NO<sub>3</sub>-N) samt nummer 1.00613.0001 för analys av mängden totalkväve. Utifrån dessa värden beräknades den mängd substrat som behövdes för att varje kruka i alla led skulle nå skattad mängd tillgängligt kväve motsvarande 50 kg N/ha. Denna beräknades utifrån redan befintlig mängd nitrat och ammonium samt från mängden organiskt bundet kväve från vilket det antogs hinna mineraliseras ytterligare kväve under växtperioden. För fluglarvernas bearbetningsrester antogs 20% av kvävet mineraliseras (Vinnerås 2019), medan 2% antogs mineraliseras från komposten (Hartz *et al.* 2000). Detta bedömdes vara en tillräcklig mängd näring för att undvika brist under den tre veckor långa växtperioden och även för några veckor efter.

Tabell 1. Kväveinnehåll i nedbrytningsrester samt kompost för de olika leden.

Material	NO <sub>3</sub> (mg/g)	NH <sub>4</sub> (mg/g)	Tot. N (mg/g)
Fluglarver + <i>Trichoderma</i> (T)	0,45	4,31	7,62
Fluglarver + <i>Rhizopus</i> (R)	0,36	6,26	8,86
Fluglarver (F)	0,28	10,96	12,17
Traditionell kompost (C)	2,14	0,12	11,89



Som grundjord i vilken nedbrytningsresterna senare blandades användes en jord från Rådde i Västergötland (57°36'N, 13°15'E). Jorden härstammar främst från gnejs- och granitberggrund och är naturligt näringsfattig (Dahlin *et al.* 2015). Jorden hämtades den 21 mars 2019 och levererades till Uppsala. Innan sådden och iblandning av kompost sållades jorden genom ett metallsäll med maskstorlek ca 1 cm<sup>2</sup>.

Den sållade jorden homogeniserades sedan genom att hela volymen grävdes igenom och vändes runt för hand först tre gånger och sedan ytterligare en gång dagen efter då den stått övertäckt under natten.

1800 g (1715 g TS) av grundjorden fylldes i 40 tvåliterskrukor med arean 121 cm<sup>2</sup> och lämnades övertäckta i drygt 4 dygn för att ge tid åt den ytterligare kvävemineralisering som förväntades efter omblandningen.

Efter 4 dygn vattnades krukorna igenom med 1,5 l vatten för att i så hög grad som möjligt skölja ur det kväve som hunnit mineraliseras. Dagen efter sköljdes ytterligare 1 l vatten igenom jorden. För att hinna torka upp fick krukorna stå från 1 april till 7 april innan sådden inleddes.

I försöket användes spenat (*Spina oleracea* L.) av sorten Matador samt ruccola (*Eruca sativa* (Mill.) Thell) av sorten Surrey. Två grödor valdes istället för en för att göra försöksupplägget mer robust och okänsligt för störningar. Sådden genomfördes den 7 april. 8 portioner av respektive nedbrytningsrest (T, R, F), komposten (C) och krossat mineralgödsel (NPK 11-5-18) vägdes upp. Dessa blandades var för sig med 12 ml jord (19 g TS). Denna mix av grundjord och nedbrytningsrest blandades sedan ner i de översta 10 centimetrarna av jorden i respektive kruka. Ytan jämnades försiktigt till varpå 12 ml (19 g TS) av grundjorden ströddes ut. Ovanpå detta placerades 20 frön med relativt jämna avstånd. För att rätt såddjup skulle nås fylldes de 20 krukorna med spenat på med grundjord motsvarande 2,5 cm (nära 2,5 dl). De 20 krukorna med ruccola fylldes på med 0,5 cm jord (0,6 dl). Jorddjupet i krukorna blev efter sådd ca 16 cm för spenat och ca 14 cm för ruccola.

I samband med sådd placerade krukorna i ett växthus med konstant temperatur på 19 °C och med belysning kl 06-18. Två dagar efter sådd syntes ruccola i alla 20 krukor och spenat i några få. Då avlägsnades plastpåsar och krukorna vattnades för första gången. När

De totalt 40 krukorna flyttades regelbundet runt i ett förbestämt mönster. Detta gjordes för att undvika skillnader till följd av ojämlig påverkan från omgivningen.

Det som observerades var;

- Tidsåtgång från sådd till 50% uppkomna plantor.
  - Detta undersöktes för att titta på om det fanns skillnader i hur miljön till följd av tillsats av nedbrytningsrester till jorden påverkade tidsåtgången för fröna att gro och växa upp ovanför jordytan.
- Total andel uppkomna plantor i varje led.
  - Detta undersöktes för att det förväntades visa på hur de olika leden sammantaget påverkar frönas möjligheter att gro samt plantornas möjligheter att växa upp ovanför jordytan. Bland annat kan detta indikera förekomst av organiska syror och i och med det substratets mognadsgrad.
- Antal plantor med rothalsröta i varje led.
  - Detta undersöktes för att se om det fanns skillnader mellan främst T-ledet och de andra med tanke på släktet *Trichoderma*s patogenhämmande egenskaper.
- Andel blad med fläckar (se bilaga 1).
  - Detta undersöktes för att även det förväntades antyda hur pass mogen/omogen nedbrytningsresten för respektive fluglarvsled var.
- Bladbiomassa vid skörd.
  - Detta undersöktes för att jämföra tillväxten hos plantorna i de olika leden.

Skörden genomfördes tre veckor efter sådd genom att bladen klipptes av ca 2 mm från stjälken. Bladen lades i märkta och vägda påsar och torkades i 80 °C. Efter torkning vägdes de och vikterna för bladen per kruka noterades.

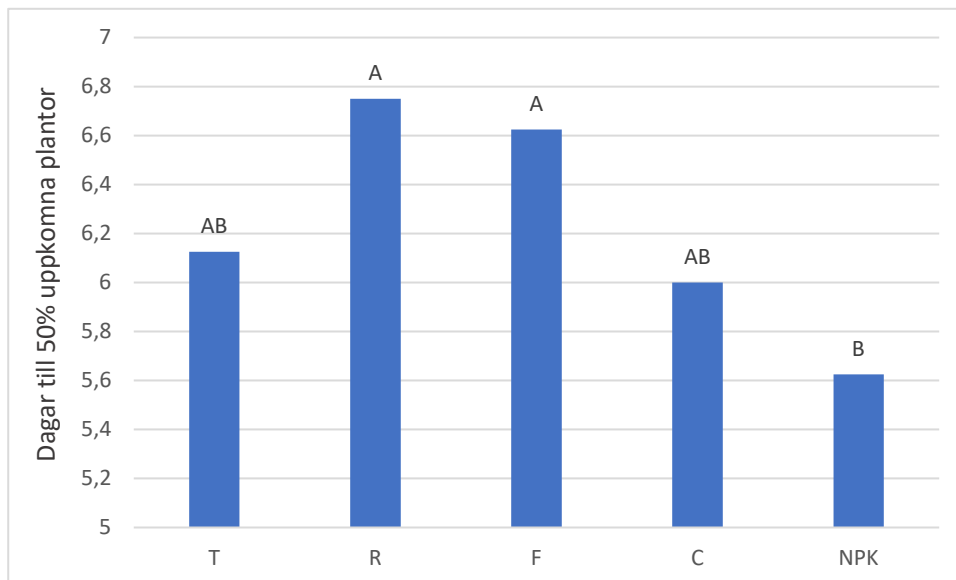
Den statistiska behandlingen genomfördes i JMP och inkluderade en tvåvägs variansanalys där gröda och gödselmedel var de två faktorerna samt en envägs variansanalys gödselmedelseffekten för varje gröda för sig. Signifikansnivån sattes till 0,05 och signifikanta skillnader mellan led markerades genom märkning med olika bokstäver.

### 3 Resultat

Sammanlagt undersöktes 400 plantor fördelade på 40 krukor samt uppkomsten av ytterligare 400 frön. De största skillnaderna mellan behandlingarna syntes i bladens biomassa. Eftersom det primära syftet med studien var att utvärdera effekten av de olika behandlingarna redovisas detta i första hand. Endast där det fanns en signifikant interaktion mellan behandling och gröda redovisas resultaten även för grödorna var för sig. I övriga fall återfinns medelvärden för de enskilda grödorna i bilaga 2.

### 3.1 Tidsåtgång till 50% uppkomna plantor

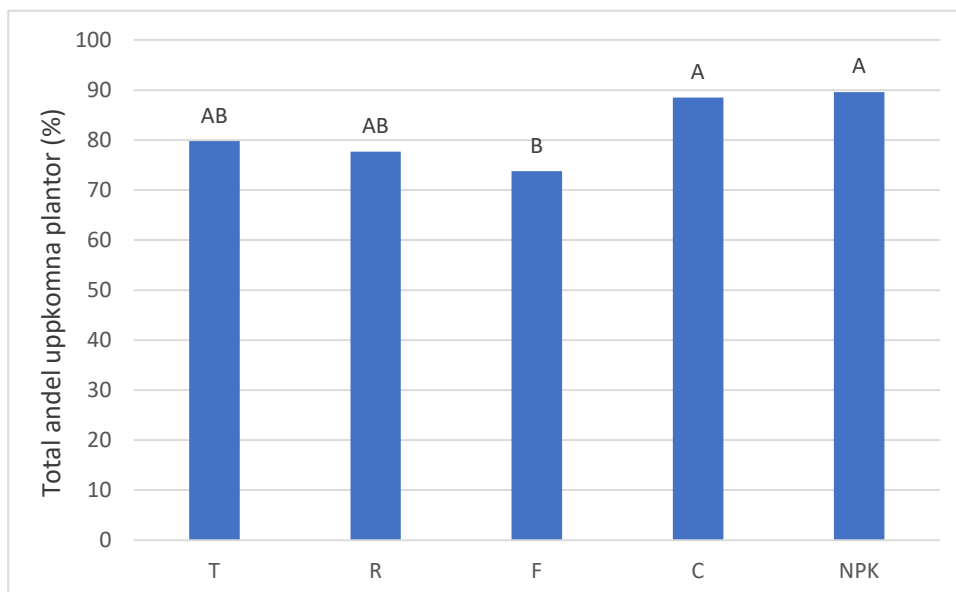
Plantorna i fluglarvsleden F och R tog signifikant längre tid på sig att komma upp än plantorna i NPK.



Figur 1. Antal dagar mellan sådd och 50% grodda frön. Staplar märkta med samma bokstav är ej signifikant olika.  $P = 0,0118$

### 3.2 Total andel uppkomna plantor

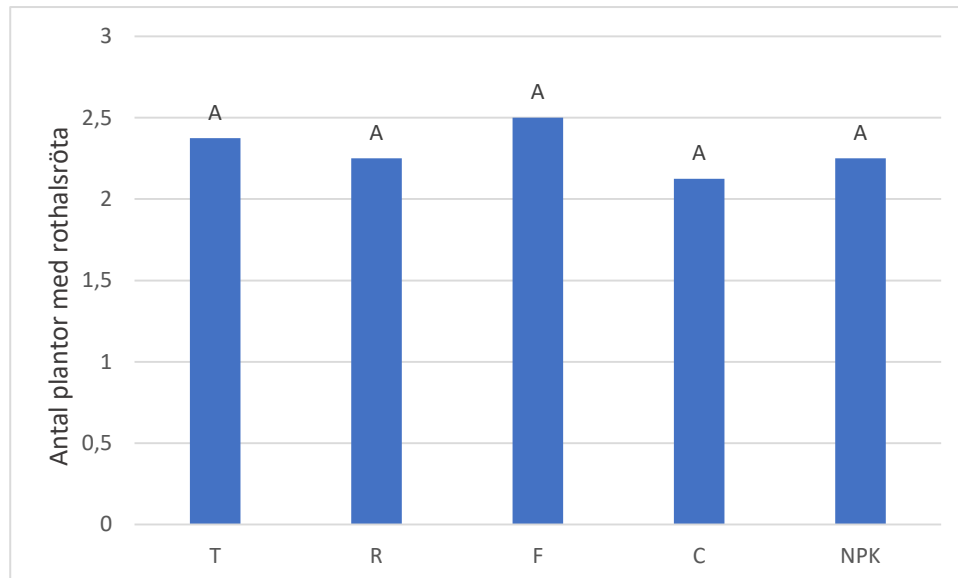
Det var signifikant färre plantor som tog sig upp över jordytan i F än i C och NPK vilket visar att förhållandena för att gro och ta sig upp ur jorden var mindre gynnsamma i F än i C och NPK. Det går inte att säga något om skillnader mellan fluglarvsleden i och med att inga signifikanta skillnader påvisats mellan dem.



Figur 1. Andel uppkomna plantor per behandling. Staplar märkta med samma bokstav är ej signifikant olika.  $P = 0,0126$

### 3.3 Antal plantor med rothalsröta

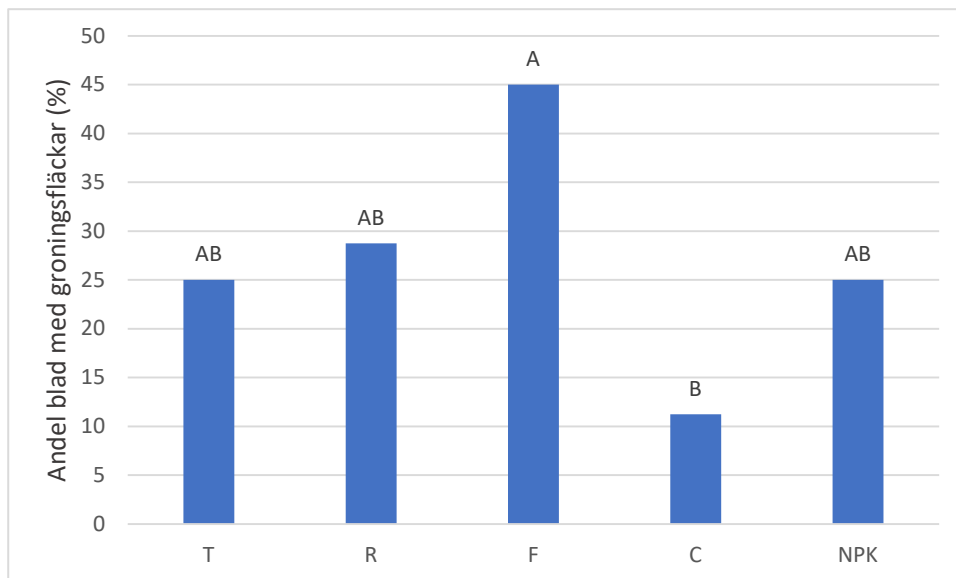
Det fanns inga signifikanta skillnader mellan de olika behandlingarna vad gäller antal plantor med rötangrepp i varje led. Inget led uppvisar mer gynnsamma förhållanden vad gäller angrepp av patogena svampar.



Figur 2. Antalet plantor angripna av röta i varje kruka innehållandes totalt 10 plantor var. Staplar märkta med samma bokstav är ej signifikant olika.  $P = 0,9976$

### 3.4 Andel blad med fläckar

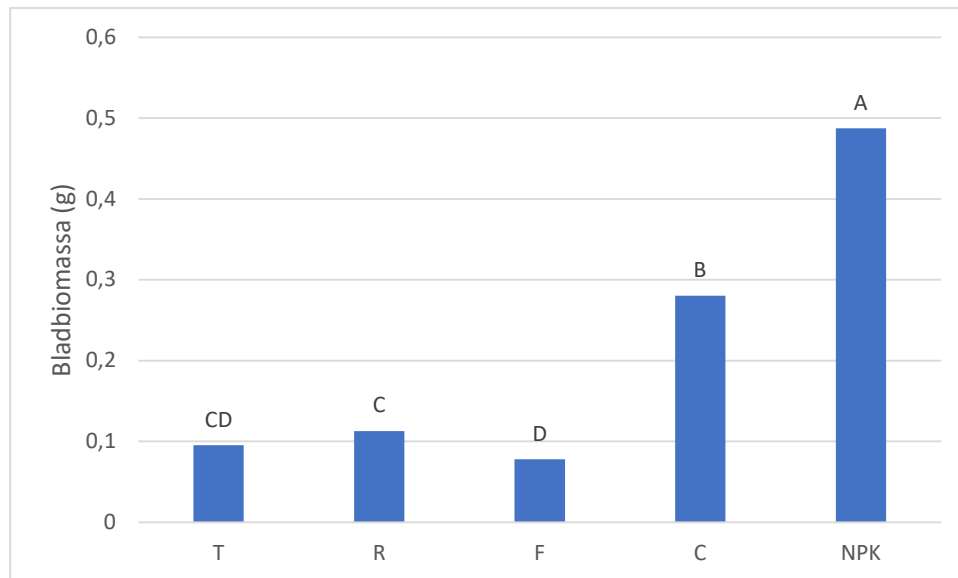
Blad med fläckar sannolikt orsakade av groningsskador observerades endast hos ruccola. F uppvisade flest blad med fläckar och C lägst antal blad med fläckar. C och F skiljde sig signifikant åt.



Figur 3. Andel blad med fläckar per behandling. Staplar märkta med samma bokstav är ej signifikant olika.  $P = 0,0166$

### 3.5 Bladbiomassa

Bladvikterna uppvisade skillnader i tillväxt mellan de olika behandlingarna. NPK hade signifikant högst bladvikt. C skiljde sig även den signifikant från både NPK och T, R och F. Inom fluglarvsleden har F signifikant lägre bladbiomassa än R.



Figur 4. Bladbiomassa för de olika behandlingarna redovisat i torr vikt. Staplar märkta med samma bokstäver är ej signifikant olika.  $P < 0,0001$



## 4 Diskussion

Syftet med detta försök var att titta på om det finns skillnader i gödslingsegenskaper mellan de olika nedbrytningsresterna. Dessa kunde med tanke på att de förbehandlats med svampar med i sin tur egna egenskaper misstänkas ha fått olika kvaliteter.

### 4.1 Möjlig kvävebegränsning

Försöket inleddes med analyser av kvävehalten i de olika nedbrytningsresterna. Beräkningarna av mängden nedbrytningsrest till varje led baserades på dessa för att nå en mängd motsvarande 50 kg N/ha. Efter att försöket inletts och fröna såtts uppdagades att dessa beräkningar var felaktiga. Det betyder att mängden kväve endast är korrekt i konstgödselledet. För de andra leden tillsattes kväve motsvarande under 20 kg/ha.

### 4.2 Fluglarvsledens gödselverkan

Leden med nedbrytningsrester från fluglarvsbearbetningen visade ingen positiv inverkan på plantornas hälsa och tillväxt jämfört med kompost- och mineralgödselledet för någon av de undersökta parametrarna. Tvärtom uppvisade de ofta sämre värden. Den första hypotesen fick alltså inte något stöd i studien. En trolig anledning till resultaten är att restprodukten i alla tre fluglarvsled var för ung och hade behövt mogna. Detta för att dess eventuellt egentliga egenskaper som jordförbättringsmedel alls skulle kunna komma till uttryck. Man kan jämföra fluglarvsledens resultat med C ur just mognad/stabiliseringssynpunkt.

Led F tenderade att ge ett sämre resultat än T och R vilket misstänks hänga samman med att fluglarvernas nedbrytningsrest var den minst omsatta. I T och R tillsattes matavfall förbehandlat med svamp i 7, 14, samt 21 dagar. I F tillsattes matavfall som inte förbehandlats alls. Det innebär både att nedbrytningsresten i F

endast bearbetats av en organism (fluglarver) istället för två (fluglarver samt *T. reesei* alternativt *R. oligosporus*) (förutom de mikroorganismer som finns naturligt i avfallet) samt att det brutits ner under en kortare tid. Det är dock viktigt att komma ihåg att C genomgått helt andra nedbrytningsprocesser och att dess resultat inte säger något om hur en äldre nedbrytningsrest från fluglarvernas bearbetning skulle prestera i samma undersökningar. Just de effekter vi här förknippar med en omogen kompost, som dålig tillväxt och lägre andel uppkomna plantor (Alm et al. 1997) syntes dock inte alls i samma utsträckning hos C som hos F/T/R.

### 4.3 Förbehandling med svamp

Enligt Reino et al. (2008) har släktet *Trichoderma* förmåga att hämma andra, patogena svampar samt främja rottillväxt hos plantor. Det var på den kunskapen idén om skillnader i de olika nedbrytningsresterna grundade sig. Idén innebar att om det skulle finnas svamp kvar efter fluglarvernas bearbetning skulle det eventuellt göra nedbrytningsresten mer fördelaktig som jordförbättring. Bland annat tack vare en lägre förekomst av rötsvampar.

#### 4.3.1 Rothalsröta

I undersökningen av andel plantor med rothalsröta uppvisades inga skillnader mellan de olika leden vilket tyder på att hypotesen om *T. reeseis* närvaro som patogenhämmare inte håller. En möjlig orsak kan vara att svamparna dog i larvernas mag-tarmkanaler, något som skulle stödjas av studien som visade på en hygienisering genom att låta den Amerikanska vapenflugan bearbeta avfall (Lalander et al. 2015).

Det skulle dock kunna vara så att om substratet fått tid på sig att mogna mellan fluglarvernas bearbetning och användning som jordförbättring hade svampen fått tid på sig att återkolonisera. Detta i kombination med en lägre halt organiska syror i nedbrytningsresten skulle kunna tänkas vara förbättringar nog för att hypotesen om att nedbrytningsresterna kan fungera som gödslingsmedel skulle kunna testas på ett mer rättvisande sätt.

Eventuella problem med att låta nedbrytningsresten mogna i närvaro av svampen kan tänkas vara att svampens konsumtion leder till en alltför stor reduktion av substratet. Hur denna efterföljande process skulle påverka substrat och svamp är också oklart. Det önskvärda vore om substratets tillräckliga mognad och svampens tillräckliga återväxt sammanföll tidsmässigt. Vad som sedan faktiskt är en tillräcklig återväxt för svampen är även det oklart. Metoder att kvantifiera svamp i substratet

skulle behövas och minsta mängd där svampen påverkar patogener skulle behöva redas ut.

Nedbrytningsresterna som blandades ner i varje kruka utgjorde en liten del av krukans totala volym. Förutom att återväxa i nedbrytningsresterna, efter fluglarvernas bearbetning, hade svampen nog behövt tid på sig att kolonisera jorden i krukorna. Mycket möjligt är det att svampen inte hann växa sig tillräckligt stor för att alls kanske komma i kontakt med plantornas rötter. Även om de under växtodlingsperioden hann växa till sig är det som tidigare nämnts främst unga plantor som drabbas. Därför skulle en senare tillväxt av *Trichoderma* inte ha haft betydelse om rothalsröta redan inträffat. Kanske skulle man ha sett skillnad i både andel uppkomna plantor, tidsåtgång till 50% uppkomna och andel plantor med rothalsröta om *Trichoderma* hade funnits närvarande i tillräckligt stora kvantiteter.

Ytterligare en aspekt som kan ha spelat in i förekomsten av rothalsröta är fukthalt. Patogena svampar gynnas generellt av fuktiga jordar (Blancard 2012). Plantorna vattnades på grund av ett missförstånd för nära inpå sådd vilket ledde till att jorden blev blötare än önskvärt. Eventuellt kan detta ha inneburit att livsmiljön för patogena svampar blev så pass gynnsam att deras närvaro inte på något sätt hotades av *T. reesei* närvaro. I så fall hade den tänkta möjliga effekten av svampens närvaro rimligtvis inte kunnat upptäckas.

#### 4.3.2 Bladbiomassa

Det fanns inga signifikanta skillnader mellan förbehandlat och icke förbehandlat fluglarvled förutom i undersökningen av bladbiomassa. Där skiljde sig R och F åt och F uppvisade lägre tillväxt än R. På grund av skillnad i kvävehalt och mognad som tidigare nämnts som troliga faktorer som påverkat utfallet kan inga slutsatser dras gällande svampens inverkan. På samma sätt som för de andra undersökningarna behöver även denna göras om med mogna nedbrytningsrester för att faktiskt kunna titta på hur de olika nedbrytningsresterna i mogen form hade påverkat tillväxt.

#### 4.3.3 Förbättringsmöjligheter

Som framgick tidigare i diskussionen hade försöket ett antal brister. Det mest grundläggande var att de nedbrytningsrester som testades inte hunnit nå en stabil, mogen nivå och därmed inte lämpade sig att plantera i. Detta kan åtgärdas i ett upprepat försök genom att ge nedbrytningsresterna tid att mogna.

Det andra problemet var felberäkningarna och doseringen av kvävet. Att kvävehalterna skulle vara samma i alla led var tänkt som en viktig del i upplägget

för att kunna räkna bort detta som en orsak till eventuella skillnader. Dock verkar just kvävebrist inte ha varit ett problem.

Ett annat mer praktiskt problem var att plantorna vattnades tidigt. I och med att röttsvampar gynnas av fuktiga miljöer (Blancard 2012) skulle det kunna vara så att dessa till följd av den tidiga vattningen fick ett övertag. Om försöket skulle upprepas är detta något som bör undvikas för att se till att ingen av de möjligt antagonistiska svamparna får en tydligt mer gynnsam miljö än den andra. Förutom dessa problem skulle försöket kunna förbättras både genom att svampen ges tid att återväxa i nedbrytningsresten och sedan möjligen även i krukan innan sådd.

#### 4.3.4 Möjligheter för implementering

Trots att resultaten i detta försök inte visade att nedbrytningsresterna från fluglarvernas bearbetning fungerade bra som jordförbättring bör processen inte räknas bort som en potentiell del i en cirkulär ekonomi/kretsloppssamhälle. Detta på grund av att man får förutsätta att resultaten hade sett annorlunda ut om nedbrytningsresten fått mogna innan försöket påbörjades.

Därför, och med tanke på de stora mängder organiskt avfall som i dagsläget går förlorat varje år borde möjligheterna för denna process kunna vara stora för att implementera detta system.

Tittar man på processen ur ett perspektiv mer anpassat för utvecklingsländer kan möjligheterna nog anses vara än större. Utöver de redan möjliga fördelarna med foderproduktion, avfallshantering och jordförbättring menar (Diener *et al.* 2009) att det finns en ekonomisk lönsamhet i att implementera systemet.

#### 4.3.5 Framtida forskning

Som avslutning följer förslag på framtida forskning.

Förutom att eliminera felet och upprepa försöket som beskrivits i detta arbete skulle det vara intressant att i förlängningen av det även inokulera patogener i olika försöksled. Det skulle kunna visa på om förekomsten av *T. reesei* i jorden plantorna växer i skulle kunna hämma tillväxt/förekomst av patogena röttsvampar.

För att en undersökning i samband med inokulering av röttsvampar skulle ge ytterligare mer information hade kvantifiering av den patogenhämmande svampens förekomst varit intressant

Om dess kvantitativa förekomst kunde undersökas skulle även olika mängder förekomst av ex *Trichoderma* kunna undersökas ur ett patogenhämmande perspektiv.

Denna information skulle sedan eventuellt kunna användas för att bedöma under hur lång tid svampen skulle behöva återväxa för att ge utslag i hämmande effekt av patogener vilket skulle vara värdefullt vid faktiskt användande av restprodukten.

#### 4.4 Slutsats

Utifrån de resultat som framkommit kan slutsatsen dras att nedbrytningsresterna i den form som användes för detta försök inte fungerar bra som jordförbättring. Hur en mer väl nedbruten och mogen nedbrytningsrest skulle fungera säger dessa resultat ingenting om.

## 5 Referenslista

- Alm, G., Eriksson, G., Ljunggren, H., Olsson, I., Palmstierna, I., Tiberg, N. & Veltman, H (1997). *Kompostboken*. Falköping: LTs förlag Elanders Gummessons.
- Barker, A. V. & Pilbeam, D. J. (2007). *Handbook of plant nutrition*. Boca Ra-ton: Taylor and Francis.
- Bazzoffi, P., Pellegrini, S. & Rocchini, A. (2006). *Minimum quantity of urban refuse compost affecting physical and chemical soil properties*. Firenze: Italian Journal of Agronomy (2006:23) Tillgänglig: <https://doi.org/10.4081/ija.2006.23> [2019-06-20]
- Blancard, D. (2012). 3 - Principal Characteristics of Pathogenic Agents and Methods of Control. I: Blancard, D. (red.) *Tomato Diseases (Second Edition)*. San Diego: Academic Press, ss. 413–650.
- Buch, W. (1987). *Daggmasken i trädgård och jordbruk*. 1. uppl. Göteborg: Bokskogen.
- Chirere, T.E.S. (2016). *A way out of food insecurity and poverty*. Sveriges lantbruksuniversitet. Faculty of Landscape Architecture, Horticulture and Crop Production Science
- Chowdhury, R.B., Moore, G.A., Weatherley, A.J. & Arora, M. (2017). Key sustainability challenges for the global phosphorus resource, their implications for global food security, and options for mitigation. *Journal of Cleaner Production*, vol. 140, ss. 945–963. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.012>
- Čičková, H., Newton, G.L., Lacy, R.C. & Kozánek, M. (2015). The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management*, vol. 35, ss. 68–80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.026>
- Cordell, D., Drangert, J.-O. & White, S. (2009). The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change*, vol. 19 (2), ss. 292–305. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.10.009>
- Dahlin, A.S., Ramezani, A., Campbell, C.D., Hillier, S. & Öborn, I. (2015). Waste recovered by-products can increase growth of grass–clover mixtures in low fertility soils and alter botanical and mineral nutrient composition. *Annals of Applied Biology*, vol. 166 (1), ss. 105–117. DOI: <https://doi.org/10.1111/aab.12168>

- Diener, S., Gutiérrez, F.R., Zurbrügg, C. & Tockner, K. (2009). *Are larvae of the black soldier fly – Hermetia Illucens – a financially viable option for organic waste management in Costa Rica?*
- Diener, S., Studt Solano, N.M., Roa Gutiérrez, F., Zurbrügg, C. & Tockner, K. (2011). Biological Treatment of Municipal Organic Waste using Black Soldier Fly Larvae. *Waste and Biomass Valorization*, vol. 2 (4), ss. 357–363. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-011-9079-1>
- Erickson, M.C., Islam, M., Sheppard, C., Liao, J. & Doyle, M.P. (2004). *Reduction of Escherichia coli O157:H7 and Salmonella enterica Serovar Enteritidis in Chicken Manure by Larvae of the Black Soldier Fly*. *Journal of Food Protection*, vol. 67 (4), ss. 685–690. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.4.685>
- Europeiska kommissionen (2015). *Att sluta kretsloppet- en EU-handlingsplan för att sluta kretsloppet*. Bryssel: Europeiska kommissionen (COM (2015) 614 final)
- G Al-Solaimani, S., Alghabari, F. & Ihsan, M. (2015). Effect of different rates of nitrogen fertilizer on growth, seed yield, yield components and quality of canola (*Brassica napus* L.) under arid environment of Saudi Arabia. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research* vol. 6, ss. 268–274
- Gilbert, J. (2015). *Circular economy: Carbon, nutrients and soil*. Vienna: ISWA. (Task force report, 2015:4).
- Hartz, T.K., Mitchell, J.P. & Giannini, C. (2000). Nitrogen and Carbon Mineralization Dynamics of Manures and Composts. *HortScience*, vol. 35 (2), ss. 209–212. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.35.2.209>
- Katongole, C.B., Bakeeva, A., Passoth, V. & Lindberg, J.E. (2017). Effect of solid-state fermentation with *Arxula adenivorans* or *Hypocrea jecorina* (anamorph *Trichoderma reesei*) on hygienic quality and in-vitro digestibility of banana peels by mono-gastric animals. *Livestock Science*, vol. 199, ss. 14–21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.03.002>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. *Urban Development Series*. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/978-1-464829-0. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO
- Lalander, C.H., Fidjeland, J., Diener, S., Eriksson, S. & Vinnerås, B. (2015). High waste-to-biomass conversion and efficient *Salmonella* spp. reduction using black soldier fly for waste recycling. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 35 (1), ss. 261–271. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0235-4>
- van Lenteren, J.C., Bolckmans, K., Köhl, J., Ravensberg, W.J. & Urbaneja, A. (2018). Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*, vol. 63 (1), ss. 39–59. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9801-4>
- Meneguz, M., Schiavone, A., Gai, F., Dama, A., Lussiana, C., Renna, M. & Gasco, L. (2018). Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical

- composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 98 (15), ss. 5776–5784. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9127>
- Nemadodzi, L., Araya, H.T., Nkomo, M., Ngezimana, W. & Mudau, F. (2017). Nitrogen, Phosphorus and Potassium Effects on the Physiology and Response Biomass Yield of Baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of Plant Nutrition*, ss. 00–00
- Petterson, D.S. (2004). LUPIN | Overview. I: Wrigley, C. (red.) *Encyclopedia of Grain Science*. Oxford: Elsevier, ss. 166–174.
- Reino, J.L., Guerrero, R.F., Hernández-Galán, R. & Collado, I.G. (2008). Secondary metabolites from species of the biocontrol agent *Trichoderma*. *Phytochemistry Reviews*, vol. 7 (1), ss. 89–123
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. & Foley, J.A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, vol. 461, ss. 472–475. DOI: <https://doi.org/10.1038/461472a>
- Saarela, M. (2011). *Functional foods concept to product*. 2nd ed. Cambridge: Woodhead Pub. (Woodhead Publishing series in food science, technology and nutrition ; no. 205)
- Sheppard, C. (1983). House Fly and Lesser Fly Control Utilizing the Black Soldier Fly in Manure Management Systems for Caged Laying Hens. *Environmental Entomology*, vol. 12 (5), ss. 1439–1442. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/12.5.1439>
- Sheppard, D.C., Tomberlin, J.K., Joyce, J.A., Kiser, B.C. & Sumner, S.M. (2002). Rearing Methods for the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*, vol. 39 (4), ss. 695–698. DOI: <https://doi.org/10.1603/0022-2585-39.4.695>
- Schröder, J.J., Cordell, D., Smit, A.L. & Rosemarin, A. (2009). Sustainable Use of Phosphorus. Wageningen: Wageningen UR Business Unit Agrosystems. (2009:357)
- Zebarth, B.J., Freyman, S. & Kowalenko, C.G. (1991). Influence of nitrogen fertilization on cabbage yield, head nitrogen content and extractable soil inorganic nitrogen at harvest. *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 71 (4), ss. 1275–1280. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps91-178>

## 5.1 Icke publicerat material

Björn Vinnerås, Institutionen för Energi och teknik, SLU, 2019.



## Bilaga 1

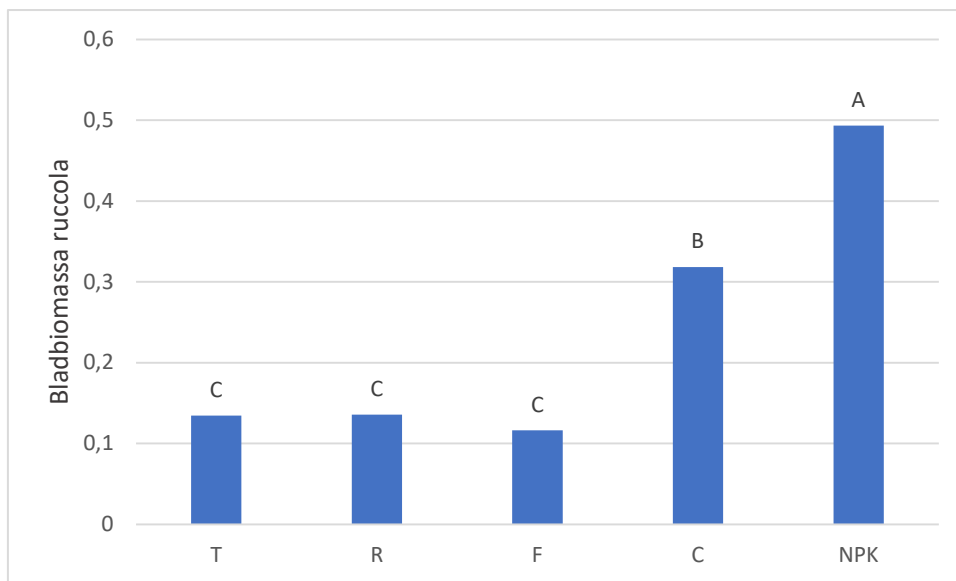


*Figur 6.* Fläckar på ruccolans hjärtblad.

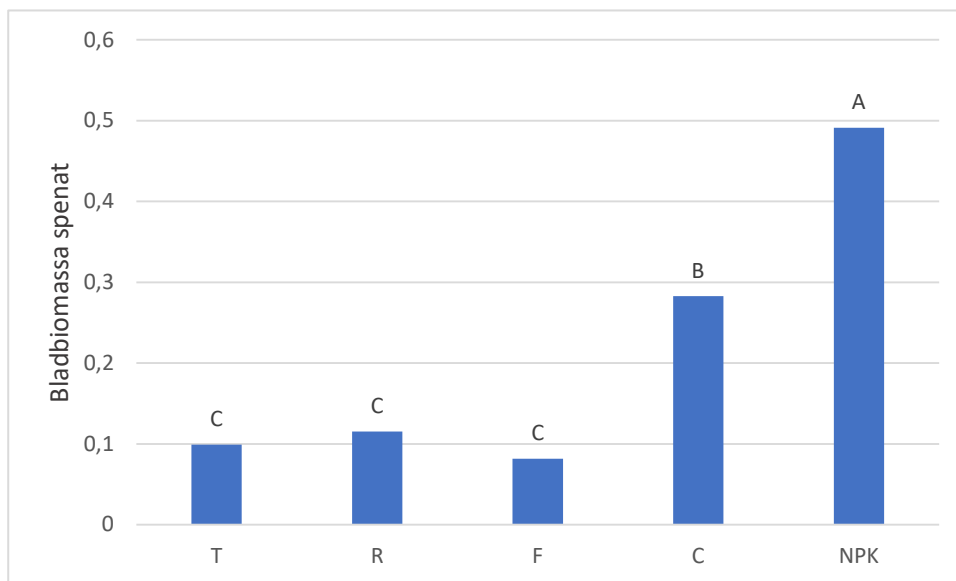


*Figur 7.* Fläckar på ruccolans hjärtblad.

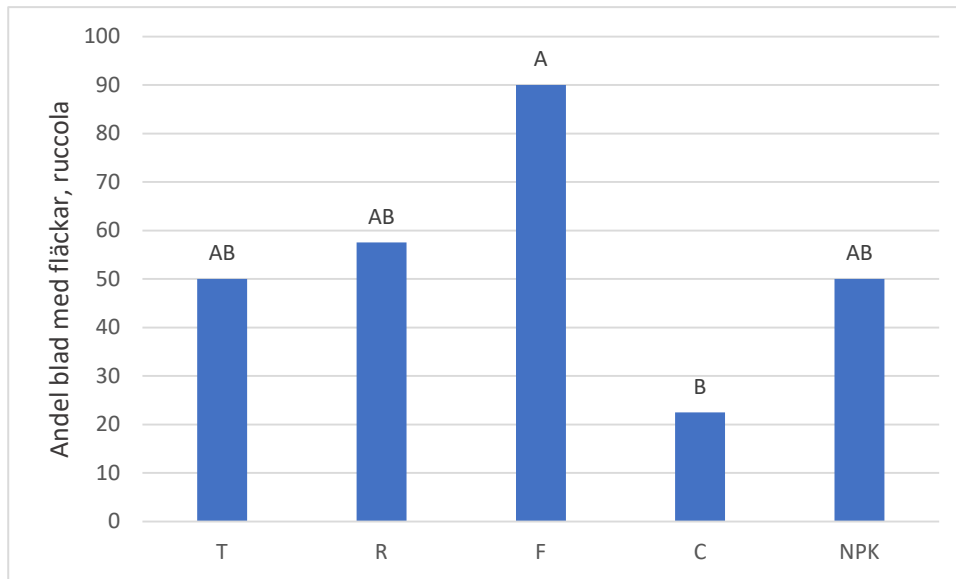
## Bilaga 2



Figur 8. Bladbiomassa, ruccola, Staplar märkta med samma bokstav är ej signifikant olika. P-värde <,0001.



Figur 9. Bladbiomassa, spenat. Staplar märkta med samma bokstav är ej signifikant olika. P-värde <,0001.



Figur 10. Andel blad med fläckar per behandling. Staplar märkta med samma bokstav är ej signifikant olika. P-värde=0,0304.