



UPPSALA
UNIVERSITET



UPTEC W 23020
Examensarbete 30 hp
Juni 2023

Nedbrytning av växtskyddsmedel i fluglarvskompostering

Fate of plant protection agents in fly larvae
composting

Maria Mattsson

Referat

Nedbrytning av växtskyddsmedel i fluglarvkompostering

Maria Mattsson

Ett av Sveriges 16 miljömål är ”Giftfri miljö”, vars målsättning är att förhindra att den biologiska mångfalden och människors hälsa hotas eller skadas genom utsläpp av kemiska ämnen i miljön. En aspekt som gör det svårt att uppnå detta miljömål är att utsläpp av potentiellt giftiga kemiska ämnen sker kontinuerligt. Lantbrukssektorn använder potentiellt giftiga ämnen för att skydda grödor och det har påvisats att flera växtskyddsmedel orsakar skador hos vattenorganismer. En källa till utsläpp inom lantbruket som inte fått stor uppmärksamhet är användning växtskyddsmedel, och sedermera hanteringen av det organiska avfallet, i växthusproduktion. Idag läggs avfallet i högar utomhus i direkt anslutning till växthusen där växtskyddsmedel riskerar att lakas ut vid regn. Mätningar gjorda i dessa högar visade att nedbrytning av de aktiva substanserna var mycket långsam, eller obefintlig.

Olika behandlingssystem för bättre hantering av dessa restströmmar utvärderas och ett möjligt hanteringssystem är fluglarvkompostering. Fluglarvkompostering som avfallshanterings-system för växtrester från växthus har ännu inte utvärderats. Syftet med denna studie var att följa tio växtskyddsmedels öden vid fluglarvkompostering av växtrester från gurkproduktion, för att utröna om de aktiva substanserna återfanns i behandlingsresten (frasset), i fluglarverna eller om de bröts ned, samt om något av dessa ämnen bioackumulerades i fluglarverna. En behandling och två kontrollbehandlingar utvärderades: 1) med larver, enzymer och frass; 2) med enzymer och frass; 3) utan larver, enzymer och frass. I samtliga behandlingar analyserades koncentrationen av de aktiva substanserna innan och efter behandlingarna, samt i fluglarverna.

För två växtskyddsmedel, Admiral 10 EC och Topas 100 EC, var nivåerna av de aktiva substanserna under detektionsnivån i de obehandlade växtresterna, medan den aktiva substansen i Diabolo inte bröts ner i någon av behandlingarna.

De aktiva substanserna i sex växtskyddsmedel (Flexity, Floramite 240 SC, Nissorun SC, Prokinazid, Conserve och SWITCH 62,5 WG) bröts ner snabbare i fluglarvkomposteringen än i de två kontrollerna, där ingen nedbrytning skedde. De aktiva substanserna i Previcur Energy och Teppeki bröts ner i samtliga behandlingar, men nedbrytningen var något snabbare i fluglarvkomposteringen och kontroll 2, jämfört med kontroll 3.

Ingen bioackumulation skedde i larverna, dock var koncentrationen av vissa aktiva substanser något högre i larvbiomassan än satt gränsvärde för nötkött, vilket skulle kunna försvåra användning av larver i djurfoder.

Då de aktiva substanserna i de utvärderade växtskyddsmedlen bröts ner i högre utsträckning i fluglarvkompostering än i kontrollerna kan fluglarvkompostering anses vara en bättre hanteringsstrategi än nuvarande. Dock finns det andra försvårande omständigheter med fluglarvsbehandling av växtrester (låg effektivitet, svårt att sköra larver) som påvisar att detta inte är den mest lämpade behandlingen för denna restström.

Nyckelord: Bekämpningsmedel, fluglarvkompostering, organiskt avfall, amerikansk vepenfuga, *Hermetia illucens*, växthusproduktion.

Abstract

Fate of plant protection agents in fly larvae composting

Maria Mattsson

One of Sweden's 16 environmental goals is a "*Non-toxic environment*" which aims at preventing biodiversity and human health from being threatened or harmed by chemical substances released into the environment. One aspect that makes it difficult to achieve this goal is that these potentially toxic substances are continuously released into the environment. Potentially toxic substances are used in agriculture to protect crops and various plant protection agents has been shown to cause damage to aquatic organisms if released into the water bodies. The use of plant protection agents in greenhouse production, as well as their handling the organic waste, has reached limited attention. Today, the waste is placed in piles outside the greenhouses, risking leaching of the plant protection agents during rainfall. Measurements in the piles showed that the degradation of plant protection agents in the piles was very slow or non-existing.

To find a better solution to this problem, alternative management systems for this organic waste are being investigated. A management system being investigated is fly larvae composting, but the implementation of this treatment on plant residue from greenhouse production has to date not been investigated. The aim of this study was to investigate the fate of the active substances of ten plant protection agents during fly larvae composting, by verifying whether they would be found in the treatment residues (frass), in the fly larvae or if they would degrade. In addition, bioaccumulation of the plant protection agents in the fly larvae was investigated. One treatment and two control treatments were explored: 1) with larvae, enzymes, and frass; 2) with enzymes and frass; 3) without larvae, enzymes, and frass. The active substances in the plant protection agents were analysed before and after the treatments and in the fly larvae.

For two plant protection agents, Admiral 10 EC and Topas 100 EC, the levels of the active substances were below the detection limit in the untreated plant residues, while the active substance in Diabolo was not broken down in any of the treatments.

The active substances in six plant protection products (Flexity, Floramite 240 SC, Nissorun SC, Prokinazid, Conserve, and SWITCH 62.5 WG) were degraded faster in fly larva composting than in the two controls, where no degradation occurred. The active substances in Previcur Energy and Teppeki were degraded in all treatments, but the degradation was somewhat greater in the fly larvae composting and control 2, compared to control 3.

No bioaccumulation occurred in the larvae, although the concentration in the larval biomass for some plant protection agents was slightly higher than the limits set for beef, which could hinder the use of larvae in animal feed.

Since many plant protection agents were degraded to a greater extent in fly larva composting than in the controls, fly larva composting can be considered a better management strategy than the current one. However, other compromising factors are associated with the treatment of plant residues using fly larvae (low efficiency, difficulty in harvesting larvae) that indicate that this is not the most suitable treatment for these waste streams.

Keywords: Pesticides, organic waste, black soldier fly, *Hermetia illucens*, greenhouse production.

Förord

Som avslutning på civilingenjörsprogrammet i miljö- och vattenteknik vid Uppsala universitet och Sveriges lantbruksuniversitet genomfördes detta examensarbete på 30 hp. Examensarbetet genomfördes på institutionen för energi och teknik på Sveriges lantbruksuniversitet (SLU).Handledaren till detta arbete var Cecilia Lalander och ämnesgranskare var Annika Nordin, båda forskare på institutionen för energi och teknik på SLU. Examinatorn för examensarbetet var Johan Arnqvist, universitetslektor vid Institutionen för geovetenskaper vid Uppsala universitet.

Först och främst vill jag tacka Biljana som har försett studien med växtrester från hennes gurkodlingar som gjorde examensarbetet genomförbart. Sedan vill jag även tacka Hushållnings-sällskapet Skåne som detta projekt gjordes i samarbete med. Ett stort tack ska även riktas till Torbjörn Synnerdahl på Eurofins som har analyserat halterna av växtskyddsmedel i växtresterna och i larverna.

Jag vill även tacka min handledare, Cecilia Lalander, för all rådgivning och vägledning under hela projektets gång. Sedan ska även Annika Nordin ha ett stort tack all vägledning och hjälp med rapportens struktur. Jag vill även passa på att tacka Lovisa Lindberg som har agerat som en andra handledare och som har hjälpt mig och guidat mig genom arbetet tillsammans med Cecilia. Ett stort tack ska även riktas till Viktoria och Ivã som har hjälpt till mycket med de praktiska delarna av experimentet.

Slutligen vill jag tacka min familj och mina vänner för att ni har varit mina klippor, inte bara genom det här arbetet utan genom hela utbildningen och genom alla fram- och motgångar.

*Maria Mattsson,
Uppsala 2023*

Populärvetenskaplig sammanfattning

Växtskyddsmedels nedbrytning genom fluglarvkompostering

Maria Mattsson

Sverige har 16 miljömål och dessa ska nås till år 2030. Ett av dessa miljömål är *Giftfri miljö*, vars syfte är att förhindra att substanser som släpps ut i miljön inte hotar människors hälsa eller den biologiska mångfalden. En aspekt som försvårar möjligheten för Sverige att nå detta miljömål är att det sker utsläpp av potentiellt toxiska ämnen till miljön kontinuerligt. Ett område där detta sker är lantbruket, bland annat genom användning av växtskyddsmedel. En källa till utsläpp av potentiellt giftiga substanser inom lantbruket som inte rönt större uppmärksamhet är användningen av växtskyddsmedel, och sedermera hanteringen av det organiska avfallet, i växthusproduktion. Idag tas avfallet och slängs i högar utomhus i direkt anknytning till växthusen. Risken med denna hantering är att växtskyddsmedlen att laka ut till omgivningen vid regn.

Ett bättre hanteringssystem av detta avfall utreds och ett förslag är att fluglarvkompostera avfallet. Detta är en avfallshanteringsmetod där två produkter fås ut i processen: fluglarver, som kan användas i djurfoder, och behandlingsresten (kallad frass) som kan användas som ett organiskt gödningsmedel. Detta gör fluglarvkompostering till en attraktiv metod för att hantera organiskt avfall. Denna studie utfördes för att se vad som hände med växtskyddsmedlen i organiskt avfall från växthus efter att ha genomgått fluglarvkompostering och då bedöma ifall fluglarvkompostering är ett bra hanteringsalternativ för det organiska avfall som uppstår i svenska växthus idag.

Syftet med studien var att ta reda på vad som händer med de aktiva substanserna i tio olika växtskyddsmedel när organiskt avfall från växthusproduktioner när avfallet behandlas genom fluglarvkompostering. Om växtskyddsmedlen skulle påträffas i larverna utreddes även huruvida växtskyddsmedlen bioackumuleras i fluglarverna. En fluglarvsbehandling och två kontrollbehandlingar utvärderades:

- 1) Behandling av växtresterna genom fluglarvkompostering med en tillsatts av frass och enzymer. Denna behandling gjordes för att ta reda på hur nedbrytningen av växtskyddsmedlen faktiskt sker i en fluglarvkompostering och om det är ett mer effektivt sätt att hantera växtresterna från växthusen.
- 2) Behandling av växtresterna som inte hade några fluglarver men som hade frass och enzymer för att se om närvaro av frass och enzymer påskyndade nedbrytning av växtskyddsmedlen.
- 3) Enbart växtrester, i ett försök i att återskapa systemet som används idag för att hantera växtresterna.

Analyser av koncentrationerna av de aktiva substanserna gjordes i materialet före och efter behandlingen samt i fluglarverna.

Resultaten från studien visade att samtliga substanser, förutom ämnet spinosad, bröts ner mer effektivt i fluglarvkomposteringen än i kontrollbehandlingarna. Enbart två av de aktiva substanserna, propamokarb och flonicamid, bröts ner även i kontrollbehandlingarna, dock var nedbrytningen snabbast i fluglarvsbehandlingen för dessa ämnen med.

Spinosad bröts inte ner i någon av behandlingarna. Ämnena metrafenon, bifenazat och hexythiazox hade en viss nedbrytning i fluglarvskompostering, dock var nedbrytningen långsammare än vad som påvisats i tidigare studier. Under de förutsättningar som studien genomfördes var dock ändå fluglarvskompostering mer effektiv att bryta ner växtskyddsmedlen än de två kontrollbehandlingarna.

Växtskyddsmedlet SWITCH 62,5 WG:s aktiva ämnen, cyprodinil och fludioxonil, bröts endast ner i fluglarvskomposteringen. Ämnet cyprodinil bröts ner långsammare i jämförelse med tidigare studier av ämnet medan fludioxonil bröts ner fortare. Den aktiva substansen i Diablos bröts inte ner i någon av de tre behandlingarna.

Inget av de analyserade växtskyddsmedlen bioackumulerades i fluglarverna, dock var koncentrationen av vissa aktiva substanser något högre i larvbiomassan än satt gränsvärde för nötkött, vilket skulle kunna försvåra användning av larver i djurfoder. Vidare studier behövs att för att utvärdera möjligheten att använda dessa fluglarver i djurfoder.

Då de aktiva substanserna i de utvärderade växtskyddsmedlen bröts ner i högre utsträckning i fluglarvskompostering än i kontrollerna kan fluglarvskompostering anses vara en bättre hanteringsstrategi än nuvarande. Dock finns det andra försvårande omständigheter med fluglarvsbehandling av växtrester (låg effektivitet, svårt att sköra larver) som påvisar att detta inte är den mest lämpade behandlingen för denna restström.

Innehåll

1 Inledning.....	1
1.1 Syfte.....	2
1.2 Frågeställning	2
2 Bakgrund	3
2.1 Miljöproblem relaterade till gurk- & tomatproduktion	3
2.2 Den amerikanska vapenflugan.....	3
2.3 Fluglarvskompostering	5
2.3.1 Fluglarver som foderkälla	6
2.3.2 Fluglarvskompostering som avfallshanteringsmetod	6
2.4 Växtskyddsmedel.....	7
2.3.1 Admiral 10 EC	7
2.3.2 Conserve	8
2.3.3 Flexity	8
2.3.4 Floramite 240 SC	8
2.3.5 Diabolo (Fungazil 100)	9
2.3.6 Nissorun SC	9
2.3.7 Previcur Energy	9
2.3.8 Switch 62,5 WG.....	9
2.3.9 Teppeki	10
2.3.10 Topas 100 EC.....	10
2.5 Tidigare studier.....	11
3 Metod	12
3.1 Material.....	12
3.2 Experimentupplägg.....	12
3.3 Experimentavslut	14
3.4 Analys.....	15
3.4.1 Provtagning	15
3.4.2 Analyser	15
3.5 Beräkningar & antaganden	16
3.5.1 Massbalans	16
3.5.2 Materialreduktion och Bioomvandlingseffektivitet.....	16
3.5.3 Överlevnadsgrad av larverna	17
3.5.4 Bioackumulation	17

3.5.5 Statistisk analys.....	17
4 Resultat.....	18
4.1 Torrvtikt och Glödförlust.....	18
4.2 Fördelning organiskt material och vatten	18
4.3 Materialreduktion, bioomvandlingseffektivitet och överlevnadsgrad.....	19
4.4 Nedbrytning av växtskyddsmedlen	20
4.4.1 Halter under detektionsgränsen.....	21
4.4.2 Ingen nedbrytning	21
4.4.3 Nedbrytning enbart i fluglarvskomposteringen	22
4.4.4 Nedbrytning i samtliga behandlingar	24
4.4.5 Bioackumulation av växtskyddsmedlen.....	25
5. Diskussion	26
5.1 Behandlingspåverkan.....	26
5.1.1 Materialreduktion.....	26
5.1.2 Bioomvandlingseffektivitet.....	26
5.1.3 Överlevnadsgrad	26
5.2 Nedbrytning av de aktiva substanserna i växtskyddsmedel	27
5.2.1 Halter under detektionsnivå	27
5.2.2 Ingen nedbrytning	27
5.2.3 Nedbrytning enbart i fluglarvskomposteringen	27
5.2.4 Nedbrytning i samtliga behandlingar	28
5.2.5 Andra faktorer som påverkar nedbrytningen av de aktiva substanserna	28
5.2.6 Gränsvärden för växtskyddsmedlen i larverna och i behandlingsresten.....	29
5.2.6 Andra faktorer som påverkar fluglarvsbehandlingen.....	31
5.3 Framtida studier & förbättringar.....	31
6. Slutsatser	32
Referenser.....	33

Ordförklaring

- Frass: Behandlingsrest efter en genomgången fluglarvskompostering
- Växtskyddsmedel: Synonymt med bekämpningsmedel och pesticider i denna studie.
- Bioomvandlingseffektivitet: Effektiviteten att omvandla avfall till larvbiomassa
- LFE: Behandling av växtrester med fluglarver, med enzymer och frass.
- FE-K: kontrollbehandling av växtrester utan fluglarver men som innehöll enzymer och frass.
- REN-K: kontrollbehandling av enbart växtrester.

1 Inledning

Sverige har ett miljömålssystem som är etablerat av Sveriges riksdag. Miljömålssystemet utgörs av ett övergripande generationsmål som avser att styra den svenska miljöpolitiken och miljöarbete (Sveriges miljömål u.å.). I det övergripande generationsmålet ingår 16 miljö kvalitetsmål, samt flertalet etappmål inom en rad olika områden (ibid.). Dessa miljö kvalitetsmål ska hinna uppnås till 2030 (ibid.). Ett av dessa miljö kvalitetsmål är *Giftfri miljö*. Detta definierar Sveriges riksdag som:

”Förekomsten av ämnen i miljön som har skapats i eller utvunnits av samhället ska inte hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden. Halterna av naturfrämmande ämnen är nära noll och deras påverkan på människors hälsa och ekosystemen är försumbar. Halterna av naturligt förekommande ämnen är nära bakgrundsnivåerna.” (Sveriges miljömål 2023)

I dagsläget når inte Sverige upp till detta mål. Detta trots att utvecklingen har förbättrats under de senare åren. Detta bland annat genom att stora delar av EU:s kemikaliestrategi ska vara implementerad vid 2030 (Sveriges miljömål 2023). De senaste åtgärderna som har vidtagits för uppnå *Giftfri miljö* förväntas dock inte vara tillräckliga för att målet ska hinna uppnås till 2030. En aspekt som försvårar förverkligandet av detta miljö kvalitetsmål är att det saknas kunskap om olika gifters halter i naturen och hur gifters halter i miljön har varierat över tid. Substanser som bryts ner väldigt långsamt i miljön kan finnas kvar under lång tid efter det spridit ut sig och kan där fortsätta orsaka skada under en lång tid framöver (ibid.).

Den ansvariga myndigheten för uppföljning av miljö kvalitetsmålet *Giftfri miljö* är Kemikalieinspektionen i de flesta fall, med undantag för jordbrukets användning av kemikalier, då Jordbruksverket i stället har ansvaret (Jordbruksverket 2022). Den miljöövervakning som genomförs i nuläget av Jordbruksverket berör främst det öppna jordbrukets användning av växtskyddsmedel (Kreuger et al. 2009). Med andra ord saknas det kunskap om användningen av växtskyddsmedel i samband med trädgårdsodling (ibid.). Trädgårdsodling innefattar frilandssodlingar och växthusanläggningar som använder växtskyddsmedel och en betydande andel av dessa typer av odlingar återfinns i södra Sverige (ibid.). Inom växthusproduktion finns inte de strikta krav på riskbedömning vid användning av växtskyddsmedel som är normalt då dessa substans används på jordbruksmark. Detta eftersom växthus ofta har betraktats som ”slutna miljöer”. Enligt Löfkvist (2020) stämmer inte denna bild med verkligheten. Löfkvist (2020) kartlade olika läckageströmmar av växtskyddsmedel från växthusproduktion i Sverige. Ett läckageproblem av växtskyddsmedel som Löfkvist (2020) rapporterade var hanteringen av det organiska avfall som uppstår i växthusproduktion. Avfallet läggs i dagsläget ofta i högar utanför växthusen. Växtskyddsmedlen i dessa högar bryts ner mycket långsamt eller inte alls, utan lakar i stället ut till omkringliggande miljö och vattendrag.

En möjlighet till att minska risken för spridning av växtskyddsmedel i miljön är att biologiskt behandla det organiska avfallet som uppstår i växthusen. Dessa genomförs inte idag då biologiska behandlingar är kostsamma. En biologisk behandlingsmetod som undersöks fluglarvskompostering. Detta för att fluglarvskompostering ger ett högt värde i form av två produkter: larver (som kan användas till djurfoder) och behandlingsrest (som kan användas som organiskt gödningsmedel) (Lindberg et al. 2022). Vidare har studier påvisat en hög nedbrytningshastighet av utvärderade läkemedelsrester och bekämpningsmedel i fluglarvskompostering (Lalander et al. 2016; Purschke et al. 2017; Lievens et al. 2021). Dock har inte särdeles många olika substanser utvärderats. Det övergripande målet med denna studie

var att utvärdera huruvida fluglarvskompostering är en lämplig metod för att hantera det organiska avfall som uppstår vid grönsaksproduktion i växthus, med fokus på påverkan på växtskyddsmedel.

1.1 Syfte

Syftet med denna studie var att utvärdera påverkan av fluglarvskompostering på växtskyddsmedel som normalt används i växthusproduktion, genom att utröna huruvida växtskyddsmedlen bryts ner och/eller om de återfinns i frasset eller i larvbiomassan.

1.2 Frågeställning

Frågeställningarna som ställdes i studien för att uppfylla syftet presenteras i punktlistan nedan:

- Bryts växtskyddsmedel ner i fluglarvskomposteringsprocessen?
- Bioackumuleras växtskyddsmedlen i larverna?
- Kan fluglarver som ätit organiskt avfall, som blivit behandlat med växtskyddsmedel, användas utan risk i djurfoder?

2 Bakgrund

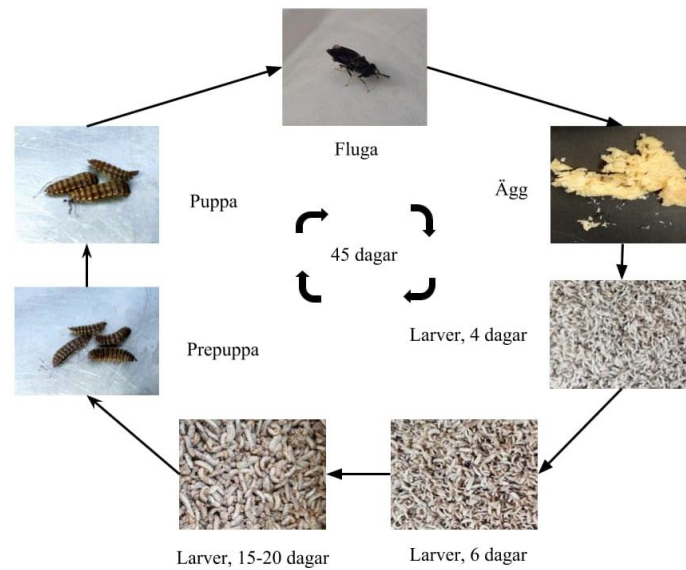
2.1 Miljöproblem relaterade till gurk- & tomatproduktion

För att minska bortfall av grödor vid skörd används ofta växtskyddsmedel, då dessa medel kan skydda grödorna mot skadedjur, svampar och ogräs (Gönczi 2020). Bland annat används växtskyddsmedel inom växthusproduktion av krukväxter och grönsaker.

Löfkvist (2020) visade i sin sammanställning över olika läckagevägar av växtskyddsmedel från växthus att en bidragande faktor till utsläpp av växtskyddsmedel uppstår vid hanteringen av det organiska avfallet. Vid grönsaksproduktion innefattar det organiska avfallet växtrester från växternas avbladning, kasserade grönsaker och växtmaterialet när det ska göras ett byte av kultur (Löfkvist 2020). Det organiska avfallet läggs vanligtvis i högar utomhus i direkt anknäring till växthusen. Detta görs vanligen utan någon förbehandling av materialet eller genom någon behandling i avfallshögarna. Därefter är det vanligt att växtrestmaterialet läggs ut på åkermark eller andra liknande ytor i närområdet. En risk med denna hantering av det organiska avfallet är, enligt Löfkvist (2020), att ämnen kan laka ut från avfallshögarna och åkrarna och spridas ut till vattendrag i närområdet. Provtagningar som har gjorts i avfallshögarna, både i Sverige och internationellt, har påvisat att det finns höga halter av flera aktiva ämnen från växtskyddsmedlen, samt att det inte sker någon nedbrytning i avfallshögarna (ibid.). Dessa medel kan, när de kommer ut i miljön, skada vattenlevande organismer, till exempel genom att de förhindrar organismernas fotosyntes (Sveriges vattenmiljö 2018).

2.2 Den amerikanska vapenflugan

Vid fluglarvskompostering används ofta den amerikanska vapenflugan (*Hermetia illucens*). Den amerikanska vapenflugan är en del av familjen Stratiomyidae av ordningen Diptera (Oliveira et al. 2015). Den amerikanska vapenflugan har sitt ursprung i Nord- och Sydamerika, primärt från Argentina och Centralamerika, men är idag utspridd över alla världsdelar, på latituder mellan 45°N och 40°S (Sheppard et al. 1994). Enligt Sheppard et al. (1994) trivs fluglarverna bäst i temperaturer mellan 28 och 30°C och 70 % luftfuktighet (ibid.). Den amerikanska vapenflugan har fem stadier under sin livscykel, se figur 1.; äggstadiet, larvstadiet, prepuppastadiet, puppastadiet och som vuxna flugor (Oliveira et al. 2015). I äggstadiet kläcks äggen och larverna tar sig ur skalerna. Under larvstadiet konsumerar larverna föda i form av organiskt material och ökar då snabbt i biomassa. Dessutom ömsar de sitt skinn flera gånger under detta stadie, då de har ett exoskelett. Detta gör de för att anpassa sitt exoskelett till ökningen i biomassa (Holtermans 2023). I prepuppastadiet slutar larverna att äta eftersom deras mun omvandlas till en krok, som möjliggör att larverna kan transportera sig till en torr och mörk plats där de kan förpuppas (Sheppard et al. 1994). I och med att larverna har dessa attribut kan larverna självskördas ur det organiska materialet (Diener et al. 2011 a; Newton et al. 2005). I puppastadiet förpuppas larverna och de får ett skyddande lager runtomkring sig för att kunna slutföra metamorfosen som sker innan larverna når det vuxna stadiet som flugor (Holtermans 2023).



Figur 1. Den amerikanska vapenflugans livscykel. Figuren är reproducerad med tillstånd från Lindberg, 2018.

Sheppard et al. (1994) fann att det tog mellan två veckor och fyra månader för larverna att nå puppastadiet, beroende på hur fördelaktiga de rådande förhållandena. Flugorna kan leva upp till två veckor tack vare det fett som lagrades under larvstadiet och är under detta stadiet mellan 15–20 mm långa (Oliveira et al. 2015; Nguyen et al. 2015). Flugor parar sig och honorna lägger därefter ägg och dör kort därefter (Holtermans 2023). Eftersom flugorna inte äter anses de inte vara vektorer för sjukdomsspridning (Nguyen et al. 2015). Detta i kombination med att fluglarverna blir stora, de blir då enklare att separera ut från behandlingsresten, gör fluglarverna från den amerikanska vapenflugan lämplig för avfallshantering (ibid.).

2.3 Fluglarvskompostering

Den amerikanska vaperflugan (*Hermetia illucens*) kan under larvstadiet förtära stora mängder organiskt material, mer än dess egen kroppsvikt inom loppet av två veckor (Diener et al. 2011b). Fluglarvsbehandlingen kan ske i olika grader av teknisk komplexitet, vilket möjliggör att den kan användas i både låg- och höginkomstländer (Lalander et al. 2017; Salomone et al. 2017). I flera studier påvisades hög materialreduktion, upp till 55% på torrviktsbasis (Lalander et al. 2015; Myers et al. 2008; Sheppard et al. 1994) medan en betydande del omvandlades till larvbiomassan. Gold et al. (2020) kom fram till att fluglarvskompostering med den amerikanska vaperflugan av olika organiska avfallsströmmar kan ge olika bioomvandlingseffektiviteter: bland annat fann de att i grönsaksmatavfall var bioomvandlingseffektivitet 22,7 % på torrviktsbasis medan den i kogödsel endast var 3,8 %. Larverna består av 36–48 % råprotein på torrviktsbasis och halten råprotein påverkas av vad larverna äter. I och med det höga proteininnehållet är larverna ekonomiskt attraktiva (Diener et al. 2011b). Anledningen till att larverna blir ekonomiskt attraktiv är på grund av sin höga proteinhalt, som är på samma nivå som sojamjöl, vilket gör att de kan användas i djurfoder (USDA 2018).

Då de olika bio-avfall som ges som födokälla till fluglarverna innehåller olika nivåer av fett och protein (Nguyen et al. 2015). Nguyen et al (2015) analyserade närmare hur substratet påverkade fett- och proteinhalten i larvbiomassan och fann att larver som var uppfödda på hushållsavfall och fiskrester hade ett liknande energiinnehåll som larver som hade blivit uppfödda på hönsfoder. Larver som föddes upp i vegetabiliskt avfall och gödsel innehöll däremot lägre nivåer av protein och fett. Larverna som fick vegetabiliskt avfall genererade högst materialreduktion, medan larverna som hade fått hönsfoder genererade en lägre materialreduktion. Materialreduktionen från hushållsavfallet var nästan hälften av materialreduktionen vid behandling av vegetabiliskt avfall. Däremot tog det längre tid för larverna som hade fötts upp på det vegetabiliska avfallet att nå prepuppstadiet och larverna var mindre än de larver som exempelvis hade växt upp på hönsfoder (ibid.).

Isibika et al (2021) utförde en studie där fluglarvskomposteringseffektiviteten undersöktes med avseende på bioomvandlingseffektivitet och materialreduktion, på varierande andelar av banan- och apelsinskal och med ökande nivåer av fiskavfall. När blandningar av banan- och apelsinskal var födokällan till fluglarverna, utan tillsatt fiskavfall, erhöles en lägre bioomvandlingseffektivitet på glödförlustbasis. När fruktskalen samkomposterades med fiskavfallet ökade bioomvandlingsfaktorn på glödförlustbasis. En faktor som kan påverka bioomvandlingsfaktorn i växtbaserade avfall är tillsättning av enzymer; Lindberg et al. (2022) utvärderade påverkan av enzymtillsatts på processeffektiviteten i fluglarvskompostering av en blandning mellan sallad och vitkål, med hypotesen att enzymerna skulle göra det växtbaserade avfallet mer lättillgängligt för fluglarverna. Hypotesen bekräftades då bioomvandlingsfaktorn på glödförlustbasis ökade med 22 % då enzym tillsattes.

Frasset, vilket är organiska resterna från en genomgången fluglarvskompostering (även kallat för behandlingsrest), kan nyttjas som gödningsmedel eftersom de flesta växtnäringsämnen finns kvar i frasset (Lopes et al. 2022; Čičková et al. 2015). Lalander et al. (2015) påvisade att koncentrationerna av både kväve och fosfor ökade efter fluglarvskomposteringen, detta på grund av den stora materialreduktionen som i den studien var 55,1% på torrviktsbasis. Dessutom har det påvisats att halter av sjukdomsalstrande mikroorganismer, såsom *Salmonella* spp., och virus, kan reduceras i fluglarvskompostering (Lalander et al. 2015). Både Lalander et al. (2013)

och Čičková et al. (2015) rekommenderar att en efterbehandling görs i de fall när frass ska nyttjas som gödningsmedel för att säkerställa att patogener har inaktiverats fullständigt. Till exempel kan frasset hygieniseras genom ammoniakhygienisering eller genom termofil kompostering. En alternativ användning av frasset är att använda det till biogasproduktion eftersom frasset fortfarande innehåller höga innehåll av lättillgängligt organiska material, även efter avslutad fluglarvskompostering (Lalander et al. 2017).

2.3.1 Fluglarver som foderkälla

Enligt Friedman och Brandon (2001) innehåller vanligtvis inte djurfoder gjort på vegetabiliska proteinkällor, soja till exempel, tillräckligt med essentiella aminosyror, som metionin och lysin. Dessa behöver djuren för att utvecklas normalt, vilket innebär att djurens foder kan komma att behöva kompletteras med syntetiska aminosyror. I och med att dessa aminosyror (vilket innefattar bland annat cystein, lysin, metionin, treonin, tryptofan och valin) finns tillgängliga hos den amerikanska vapenflugan i prepuppstadiet kan fluglarverna vara en alternativ foderkälla i stället för sojafoder (Wang & Shelomi 2017). Detta kan leda till en reduktion av sojabehovet vilket i sin tur skulle innebära att mindre soja behöver produceras (Surendra et al. 2016). Flera studier har rapporterat att sojaproduktion ockuperar stora landarealer, har en hög vattenkonsumtion, hög energikonsumtion och att produktionen bidrar till klimatförändringar men som kanske primärt bidrar till minskad biologisk mångfald då sojaproduktionen sker i vad som tidigare har varit regnskog (Mungkung et al. 2013; Sánchez-Muros et al. 2014; Green et al. 2019). Om behovet av soja minskar skulle sojaproduktionens landareal, vattenkonsumtion, energikonsumtion, samt negativa påverkan på klimat och biologisk mångfald också bli lägre.

Flera studier fastställt att fluglarver som foderkälla är ett lämpligt substitut i stället för de protein- och fettkällor som har använts i djurfoder tidigare (Weththasinghe et al. 2021; Barragan Fonseca et al. 2017; Kroeckel et al. 2012; Sealey et al. 2011; St-Hilaire et al. 2007). I de fall när fiskmjöl används i djurfoder kan den amerikanska vapenflugans larver delvis ersätta fiskmjölet, dock enbart delvis då fiskmjöl har en högre metioninhalten än vad fluglarverna har (English et al. 2021). Då kan den fisken konsumeras direkt av människor i stället för att vara en foderkälla till djur som människor sedan kommer att äta (Göteborgs universitet, 2016).

2.3.2 Fluglarvskompostering som avfallshanteringsmetod

Fluglarvskompostering är bland annat intressant som avfallshanteringsmetod då två värdefulla produkter, larver som foderkälla till djurproduktion och frass som organiskt gödningsmedel, erhålls i processen (Purkayastha & Särkar 2022). Detta gör att fluglarvskomposteringen har en potential att vara ekonomiskt bärkraftig (Lalander et al. 2018). Produkterna ersätter dessutom ohållbara produkter, såsom soja och fiskmjöl, samt kemiska gödselmedel, vilket ger en miljömässig fördel för metoden. Slutligen är metoden en snabb behandling som har en stor volymreduktion av organiskt avfall.

2.4 Växtskyddsmedel

Växtresterna som analyserades i studien var behandlade med tio olika växtskyddsmedel¹ vilket innebar 11 aktiva analyserbara substanser (en gick inte att analysera i Eurofins analys). Innehållet och halterna av de aktiva ämnena i de olika växtskyddsmedlen kan ses i tabell 1, där viktprocenten är växtskyddsmedlens koncentration av deras aktiva substanser.

Tabell 1: De växtskyddsmedel som växtresterna var behandlade med, samt dess aktiva substanser. De aktiva substansernas koncentration i växtskyddsmedlen anges i viktprocent.

Produktnamn	Aktiva substanser	Viktprocent [%]	Skyddar växter mot
Admiral 10 EC	Pyriproxyfen	11,19	Skadeinsekter, t.ex. vita flygare
CONSERVE	Spinosad (ISO) (en blandning av spinosyn A och Spinosyn D i andelar mellan 95:5 och 50:50)	11,60	Skadeinsekter, t.ex. trips och mineralflugor
Flexity	Metrafenon, (3-bromo-6-methoxy-2-methylphenyl) (2,3,4-trimethoxy-6-methylphenyl)	25,20	Svampangrepp
Floramite 240 SC	Bifenazat	22,60	Kvalsterangrepp
Diabolo	Imazalil	5 < % < 10	Svampsjukdomar
NISSORUN SC	Hexythiazox	23,10	Spinnkvalster
PREVICUR ENERGY	Propamokarb	47,30	Svampar
	Fosetyl (ej analyserbar)	27,70	
SWITCH 62.5 WG	Cyprodinil (ISO)	30 ≤ % < 50	Svamp, t.ex. gråmögel och svartfläcksjuka
	Fludioxonil (ISO)	25 ≤ % < 30	
Teppeki	Fonicamid	50–80	Bladlöss
TOPAS 100 EC	Penkonazol (ISO)	10 ≤ % < 20	Svampangrepp

2.3.1 Admiral 10 EC

Admiral 10 EC är ett emulgerbart koncentrat som används vid odling av gurka, tomat och prydnadsväxter för att skydda växterna mot skadeinsekter (Kemikalieinspektionen 2021 a.). Växtskyddsmedlet agerar som en regulator för insekter och den aktiva substansen i Admiral 10 EC påverkar funktionen av de naturliga juvenilhormonerna hos insekterna (Agrobases u.å. a.). Detta innebär att insekterna inte kan nå nästa utvecklingsstadium. Växtskyddsmedlet påverkar

¹ Biljana Vuckovic, gurkodlare, mejl 2022-11-23

äggen, larverna, pupporna och kan sterilisera en del insekter när de är fullvuxna, såsom vita flygare vilket är en typ av växtlus. Admiral 10 EC kan även vara effektiv vid behandling av bladlöss. Där agerar växtskyddsmedlet genom att förhindra äggen från att kläckas. Ju tidigare en behandling görs, desto mer effektivt är växtskyddsmedlet. Halterna av Admiral 10 EC:s aktiva substans Pyriproxyfen i livsmedel får vara mellan 0,05–15 mg pyriproxyfen/kg livsmedel, beroende på typ av livsmedel (Europaparlamentets och kommissionens förordning 2023/679). I en studie från 2008 erhöles olika halveringstider för tre olika växtskyddsmedel vid odling av tomater och paprikor i växthus (A.A. et al. 2008). Där behandlades växterna med pyriproxyfen och stickprov plockades ut direkt efter behandlingen och efter dag 1, 3, 5, 7, 9 och 14. Efter 14 dagar hade 84 % av pyriproxyfen brutits ner på tomaterna och 88 % på paprikorna och halveringstiderna för båda var 5,41 dagar.

2.3.2 Conserve

Conserve är ett flytande koncentrat som används för att skydda växter mot skadeinsekter (Kemikalieinspektionen 2021 b.). Växtskyddsmedlet är ett kontaktmedel som fungerar när insekter antingen äter eller kommer i kontakt med medlet (Agrobase u.å. b.) Växtskyddsmedlet är effektivt för att bekämpa alla stadier av trips, vilket är sexbenta insekter som suger cellsaft från plantorna, och det är även effektivt mot larvstadiet hos mineralflygkor (ibid.). Halterna av Conserve's aktiva substans Spinosad i livsmedel får vara mellan 0,02–60 mg spinosad/kg livsmedel, beroende på typ av livsmedel (Europaparlamentets och kommissionens förordning 2022/1406). Shalaby et al. (2022 a) studerade jordgubbsplantor för att utvärdera riskerna med att använda Spinosad. Mogna jordgubbsplantor behandlades med spinosad och därefter togs stickprov av både bladen och frukterna 2 h, samt dag 1, 3, 6, 9, 12 och 15 efter behandlingen. De kom fram till att det var högre initiala halter av spinosad i bladen än i frukterna och att halveringstiden var 2,86 dagar på bladen och 3,24 dagar på frukterna.

2.3.3 Flexity

Flexity är ett flytande koncentrat som används mot angrepp av svamp i olika typer av odlingar (Kemikalieinspektionen 2021 c.). Växtskyddsmedlet agerar både kurativt och förebyggande (Agrobase u.å. c.). Halterna av Flexity's aktiva substans metrafenon får i livsmedel vara mellan 0,01–80 mg metrafenon/kg livsmedel, beroende på typ av livsmedel (Europaparlamentets och kommissionens förordning 2018/687). Balkan & Kara (2022) utredde kinetiken hos vissa växtskyddsmedel på vindruvsblad, däribland metrafenon. Stickprov av bladen togs precis innan behandling av metrafenon, 3 h, samt dag 1, 3, 5, 7, 10, 14 och 21 efter behandling. Resultaten från studien visade att metrafenon hade en halveringstid på 2,52 dagar när det enbart var metrafenon och 2,68 dagar när metrafenon hade blandats med två andra växtskyddsmedel (ibid.).

2.3.4 Floramite 240 SC

Växtskyddsmedlet Floramite är ett flytande koncentrat och det används mot angrepp av kvalster som angriper olika slags odlingar (Kemikalieinspektionen 2021 d.). När Floramite sprayas på växter blir kvalstren direkt påverkade av medlet (Agrobase u.å. d.). Växtskyddsmedlet har dessutom en effekt över tid och är effektiv mot samtliga stadier av kvalstens livscykel, även äggstadiet. När kvalstren kommer i direktkontakt med vätskan blir de hyperaktiva i några timmar och slutar då att äta och dör därmed av svält några dagar efter att de har kommit i kontakt med medlet. Halterna av Floramite 240 SC:s aktiva substans bifenzat i livsmedel får vara mellan 0,02–20 mg bifenzat/kg livsmedel, beroende på typ av livsmedel (Europaparlamentets

och kommissionens förordning 2020/1565). Tomatplantor undersöktes för olika växtskyddsmedels halveringstider (Shalaby et al. 2022 b). När plantorna hade behandlats togs stickprov av frukterna och bladen ut vid olika intervall, närmare bestämt efter 2 h samt dag 1, 3, 6, 9, 12 och 15. Reduceringen av bifenazat var högre i frukterna än i bladen. Halveringstiderna för bifenazat i frukterna var 1,86 dagar och på bladen 2,16 dagar.

2.3.5 Diabolo (Fungazil 100)

Diabolo, eller Fungazil 100, är ett lösligt koncentrat och det används för att skydda olika typer av odlingar mot svampsjukdomar (Kemikalieinspektionen 2021 e.). För att Diabolo ska verka så effektivt som möjligt är det bäst att växtskyddsmedlet appliceras direkt efter skörd (Agrobase u.å. e.). Halterna av Diablos (Fungazil 100) aktiva substans Imazalil i livsmedel får vara mellan 0,01–5 mg imazalil/kg livsmedel, beroende på typ av livsmedel (Europaparlamentets och kommissionens förordning 2022/856). Li et al. (2021) utvärderade halveringstiden för imazalil på vindruvor och äpplen där imazalil besprutades på frukterna. Stickprov togs slumpmässigt av frukterna efter besprutning, 2 h, samt dag 1, 3, 5, 7, 14, 21 och 28 efter besprutningen. De fann att halveringstiden för imazalil på vindruvor hade halveringstider mellan 23,82 dagar och 24,49 dagar beroende på typen av imazalil. På äpplen varierade halveringstiderna av imazalil mellan 9,82 dagar och 10,09 dagar, beroende på typ av imazalil.

2.3.6 Nissorun SC

Nissorun SC är ett flytande koncentrat och det används mot angrepp av spinnkvalster i olika typer av odlingar (Kemikalieinspektionen 2021 f.). Nissorun SC är effektivt för att förhindra spinnkvalsters reproducering eftersom det är ett mag- och kontaktverkande medel som verkar på kvalstrens ägg och ungstadie (Agrobase u.å. f.). Medlet är inte lika effektivt på vuxna kvalster men det förhindrar dem från att lägga ägg som kan kläckas (ibid.). Halterna av Nissorun SC:s aktiva substans Hexythiazox i livsmedel får vara mellan 0,01–15 mg hexythiazox/kg livsmedel, beroende på typ av livsmedel (Europaparlamentets och kommissionens förordning 2022/78). I en studie undersöktes hexythiazox på jordgubbsplantor (Shalaby et al. 2022 a). När jordgubbsplantorna hade besprutats med hexythiazox togs stickprov av jordgubbarna och bladen efter 2 h, samt dag 1, 3, 6, 9, 12 och 15. Halveringstiden i jordgubbarna var 2,23 dagar och i bladen 2,05 dagar.

2.3.7 Previcur Energy

Previcur Energy är en vätska som appliceras direkt på olika typer av växter som har angripits av svamp (Kemikalieinspektionen 2021 g.). Rötter och växtdelar ovan jord skyddas mot Oomyceter, algsvampar som kan vara parasitära, eftersom medlet innehåller propamocarb och fosetyl (ej analyserbart) (Agrobase u.å. g.). Halterna av Previcur Energys aktiva substans Propamocarb i livsmedel får vara mellan 0,01–40 mg propamocarb/kg livsmedel beroende på typ av livsmedel (Europaparlamentets och kommissionens förordning 2022/856). I en studie från 2016 analyserades fluopikolid och propamocarb i tomater (Sharma et al. 2016). För att erhålla halveringstiderna togs stickprov av tomaterna efter 2 h, samt dag 1, 3, 5, 7, 10 och 15 efter att plantorna hade besprutats med propamocarb. Halveringstiderna varierade mellan 1,00 dag och 2,57 dagar beroende på koncentrationen av propamocarb (ibid.).

2.3.8 Switch 62,5 WG

Switch 62,5 WG är ett vattenlösligt granulat som används mot svampangrepp i odlingar (Kemikalieinspektionen 2021 h). Switch 62,5 WG är effektivt mot gråmögel samt mot

svartfläcksjuka (Agrobase u.å. h.). Granulatet används primärt förebyggande men är även effektivt vid starka infektioner. Växtskyddsmedlet består av två väldigt olika beståndsdelar, cyprodinil och fludioxonil, som skyddar växten på olika sätt.). Cyprodinil tas snabbt upp av vaxlagren och kutikula och substans förs därefter vidare till andra växtdelar. Fludioxinil däremot ger ett långvarande skydd mot kommande svampangrepp. (ibid.). Halterna av SWITCH 62,5 WG:s aktiva substans cyprodinil i livsmedel får vara mellan 0,02–40 mg cyprodinil/kg livsmedel, beroende på typ av livsmedel (Europaparlamentets och kommissionens förordning 2022/1435). För SWITCH 62,5 WG:s andra aktiva substans, fludioxonil, får halterna i livsmedel vara mellan 0,01–40 mg fludioxonil/kg livsmedel (Europaparlamentets och kommissionens förordning 2022/1264). Szpyrka & Sadlo (2009) undersökte tomatplantors blad efter spår av växtskyddsmedel och undersökte däribland SWITCH 62,5 WG och dess aktiva substanser cyprodinil och fludioxonil. Tolv timmar efter att tomatplantorna behandlades med SWITCH 62,5 WG togs stickprov av tomatbladen. Bladen mixades så att det skulle bli en homogen massa som sedan kunde analyseras. Därefter togs ytterligare fyra stickprov under en tre veckor lång period. Szpyrka & Sadlo (2009) fann då att halveringstiden för cyprodinil var 9 dagar, medan halveringstiden för fludioxonil var 31 dagar.

2.3.9 Teppeki

Teppeki är ett vattenlösligt granulat som används som ett skyddsmedel mot bladlöss (Kemikalieinspektionen 2021 i). Växtskyddsmedlet verkar genom att det aktiva substans färdas upp och ut i hela växten. Teppeki tränger dessutom genom bladen, vilket gör det möjligt att nå och döda gömda bladlöss och denna effekt är oberoende av temperatur (Agrobase u.å. i.). Teppeki hindrar bladlössen från att äta och de svälter därigenom ihjäl efter några dagar. Vid en full dos av Teppeki slutar skadeverkningsen på växterna i fråga direkt och effekten varar i fyra veckor (ibid.). Halterna av Teppekis aktiva substans flonicamid i livsmedel får vara mellan 0,02–0,8 mg flonicamid/kg livsmedel, beroende på typ av livsmedel (Europaparlamentets och kommissionens förordning 2022/85). Wang et al. (2018) undersökte halter av flonicamid i vitkål samt i jorden där vitkål odlades vid fyra olika tillfällen. Slumpmässiga stickprov togs 2 h efter att vitkålen behandlades med flonicamid, samt dag 1, 3, 7, 10, 14, 21, 30 och 45. Halveringstiderna varierade mellan 1,49 dagar och 4,59 dagar.

2.3.10 Topas 100 EC

Topas 100 EC är ett emulgerbart koncentrat som används för att tackla svampangrepp i olika typer av odlingar (Kemikalieinspektionen 2021 j). Topas 100 EC agerar både förebyggande och läkande mot olika sjukdomar som kan dyka upp i olika typer av odlingar (Agrobase u.å. j.). Det aktiva substans penkonazol förhindrar skadesvampar från att etablera sig på växterna. Växtskyddsmedlet absorberas av växten som fördelar den i hela växten via saftströmmen. Detta växtskyddsmedel har långtidsverkan för växter, dock är den beroende av tillväxtbetingelser och infektionstryck. Halterna av Topas 100 EC:s aktiva substans *Penkonazol* i livsmedel får vara mellan 0,01–0,15 mg penkonazol/kg livsmedel, beroende på typ av livsmedel (Europaparlamentets och kommissionens förordning 2019/977). Abd-Alrahman & Ahmed (2012) analyserades penkonazol i tomater. Stickprov togs vid olika tidsintervall efter att tomaterna hade behandlats, direkt efter behandlingen av penkonazol (samma dag), samt dag 1, 3, 7, 15 och 21 efter att det tillsatts. Koncentrationen i frukterna minskade med 85 % och i jorden med 65 %. Halveringstiden i frukterna var 5,61 dagar och i jorden 15,51 dagar (ibid.).

2.5 Tidigare studier

Lalander et al. (2016) undersökte nedbrytningen av tre läkemedel och två växtskyddsmedel i organiskt material vid närvaro av amerikanska vapenfluglarver, samt när det organiska materialet inte innehöll några larver. Läkemedlen som granskades i studien var carbamazepine, roxithromycin, trimethoprim, samt växtskyddsmedlen azoxystrobin, propiconazole. Lalander et al. (2016) kunde fastslå att samtliga substanser som utvärderades hade kortare halveringstider i närvaro av fluglarver, jämfört med kontrollen där det inte hade tillsatts några larver. Dessutom påvisades ingen bioackumulation i larverna och studien drog slutsatsen att risken spridning i miljön av läkemedels-, och växtskyddsmedelsrester kan minska genom att fluglarvskompostera det organiska materialet innan det sprids på åkermark.

Purschke et al. (2017) kom också fram till slutsatsen att de växtskyddsmedlen inte bioackumulerades i fluglarverna. I studien undersöktes bioackumulation i larverna, samt inverkan av realistiska substratkontaminationsscenario. Larverna fick en majsbaserad diet som antingen var spetsad med en tungmetall (som antingen var arsenik, kadmium, krom, kvicksilver, nickel eller bly), en mykotoxin (antingen aflatoxins B1/B2/G2, deoxynivalenol, ochratoxin A eller zeralenone) eller ett växtskyddsmedel (antingen chlorpyrifos, chlorpyrifos-metyl eller pirimiphos-metyl). I vissa fall introducerades tungmetallerna, mykotoxinerna eller växtskyddsmedlen via flugornas dricksvatten. Purschke et al. (2017) drog slutsatsen att tungmetallerna hämmade larvernas tillväxt. Mykotoxinerna och växtskyddsmedlen däremot hämmade varken tillväxten hos larverna eller ackumulerades i larverna.

Lievens et al. (2021) utförde en litteraturstudie i befintlig litteratur kring bioackumulering i fluglarver av olika organiska och oorganiska substans, vilket bl.a. inkluderade tungmetaller, växtskyddsmedel, mykotoxiner. De kom fram till att fluglarverna inte påverkas av de kemiska ämnena som undersöktes. Enbart tre metaller, zink, kadmium och bly, låg över EU:s foderlagstiftnings maximala gränsvärden för kemikaliesäkerheten. Övriga substans låg under dessa gränsvärden. Lievens et al. (2021) konstaterade att fler studier behövs om halterna av de ämnen som påvisats bioackumuleras i fluglarverna innan några beslut kan tas kring huruvida fluglarverna kan konsumera avfall som innehåller ämnen.

3 Metod

3.1 Material

Växtresterna som användes i experimenten kom från en gurkodlare i Skåne. Växtresterna bestod primärt av stammar och blad från gurkor, samt en del rester från gurkor som inte höll standard. Dessutom innehöll det juterepstumpar och ståltrådsrester som använts för att hålla upp plantorna (figur 2a). Växtresterna frös in efter skörd och fraktades därefter till Sveriges lantbruksuniversitet där de förvarades i -18°C till dess att experimenten utfördes. När experimenten skulle utföras tinades växtresterna och mellan matningarna kylförvarades det upptinade växtresterna i 8°C. Fluglarverna erhöles från SLU:s vopenflugkoloni som haft kontinuerlig produktion sedan 2015 (Uppsala, Sverige). Två enzymer användes i studien: cellulase och pectinase. Båda enzymen inköptes till SLU från Enzyme Supplies (Oxford, Storbritannien). Frasset som användes till experimentet kom från tidigare behandlingar där larverna hade fötts upp på grisfoder från Svenska Foder.

3.2 Experimentupplägg

Tre behandlingar av växthusresterna genomfördes: 1) i närvaro av larver och med enzymer och frass (LFE); 2) utan larver men med enzymer och frass (FE-K); 3) utan larver, enzym och frass (REN-K). Samtliga behandlingar gjordes i triplikat. Enzymerna tillsattes för att de antogs kunna bryta ner cellulosan respektive pektinet som finns i växtresterna, vilket skulle göra växtresterna mer lättillgängliga för larverna (Uzuner & Cekmecelioglu 2019). Cellulasen bryter ner cellulosa till glukos (Uzuner & Cekmecelioglu 2019), medan pectinase är ett depolymeriserande enzym som bryter ner pektin (ibid.). Anledningen till att frass tillsattes var för att ge larverna lite skydd och struktur i början av experimentet när larverna är små. Frasset tillsattes också för att ge larverna bättre förutsättningar för att kunna smälta växtresterna genom att torka ut materialet². Detta för att frasset agerar som probiotika för larverna, utöver den näring som finns i växtresterna. Utvärdering av påverkan på processeffektiviteten vid olika behandlingsstrategier för fluglarvskompostering (med och utan enzym och frass etc.) av växtrester gjordes parallellt i en annan studie. De två kontrollbehandlingarna utan larver gjordes för att påvisa larvernas påverkan av växtresternas nedbrytning. I tabell 2 ses ett schema över hur mycket växtrester, frass och enzymer tillsattes de olika behandlingarna, samt när tillsatserna gjordes.

² Cecilia Lalander, docent, SLU, samtal 2023-05-15

Tabell 2. Tabell över matning av larver, samt tillsättning av växtrester i de som inte hade några larver. Tillsättningarna är givna per dag under de angivna tidsperioderna

	LFE	FE-K	REN-K
Antal larver	1000	0	0
Tillsättning av växtrester dag 1–3			
Växtsubstrat [kg]	0,092	0,092	0,092
Frass [kg]	0,007	0,007	0
Cellulase [ml]	0,2	0,2	0
Pectinase [ml]	1,2	1,2	0
Tillsättning av växtrester dag 4–7			
Växtsubstrat [kg]	0,275	0,275	0,275
Frass [kg]	0,02	0,02	0
Cellulase [ml]	0,6	0,6	0
Pectinase [ml]	3,2	3,2	0
Förklaring av behandlingsar	Nedbrytning av växtrester med larver, frass & enzymer	Nedbrytning av växtrester med frass & enzymer	Nedbrytning av växtrester, utan larver, frass & enzymer

Vid varje tillsats av växtrester blandades växtresterna med enzym genom droppvis tillsatts med pipett i växtresterna varpå materialet blandades ett flertal gånger med en sked (Figur 2a). Mellan varje tillsättning av växtrester kylförvarades de upptinade växtresterna. Enzymblandningen i växtmaterialet gjordes i en separat låda från behandlingslådan och därefter tillsattes materialet i behandlingslådan. Frasset lades därefter ovanpå växtresterna (figur 2b). Fluglarverna tillsattes i de aktuella behandlingslådan första dagen. Behandlingslådan som nyttjades till behandlingarna hade en volym på 2,31 L samt en bottenarea på 14x16,5 cm² med en höjd på 10 cm. Dessa lådor placerades i behandlingsbackar för att sedan kunna placeras i vagnar med 3 cm mellanrum mellan varje behandlingsback (figur 2c). Behandlingarna gjordes i en container där temperaturen hölls kring 30°C. Nya växtrester, enzymer och frass substrat tillsattes i enlighet med tabell 2.



Figur 2. Bild på a) växtresterna som användes och analyserade i studien, b) behandlingslådorna där experimentet genomfördes samt c) uppställning av experimentet.

Till varje replikat för behandlingen med fluglarver tillsattes ungefär 1000 larver. En mängd sättlarver vägdes (mellan 50–500 larver) och antalet larver i denna mängd räknades och utifrån detta beräknades en medelvikt för larverna. Massan larver att tillsätta beräknades genom att multiplicera det önskade antalet larver med larvmedelvikten.

3.3 Experimentavslut

När behandlingen hade pågått i 16 dagar vägdes hela lådan och pH mättes i behandlingsresten med larverna kvar i behandlingslådan. I behandlingarna med larver plockades larverna ut från växtresterna för hand. Hur växtresterna och larverna såg ut efter genomförd behandling kan ses i figur 3. Larverna vägdes därefter för att erhålla den totala larvbiomassvikten, därefter beräknades larvmedelvikten enligt samma tillvägagångssätt som vid experimentuppstart.



Figur 3. Bild på a) behandlingsresten samt b) larverna efter genomgången fluglarvskompostering.

3.4 Analys

3.4.1 Provtagning

Stickprov för analys av torrsubstans (TS) och glödförlust (VS) togs om minst 10 gram från slumpmässiga ställen i: växtresterna innan behandling, i frasset som tillsattes behandlingen samt från behandlingsresten. Av de obehandlade växtresterna och ingående frasset togs fem prover vid varje matningstillfälle, alltså 35 prover av respektive växtrester och frass. Dessa stickprov togs från spridda platser ur de obehandlade växtresterna och frass. När TS- och VS-halterna i stickproven hade fastställts slogs dessa halter samman och ett medelvärde erhöles.

Efter genomförd behandling togs ett stickprov per replikat av behandlingsresten för analys av TS och VS, alltså tre prover per behandling från behandlingsresten. Resten av behandlingsresten frystes ner för att senare skickas på analys för halter av växtskyddsmedel. Larverna frystes ner innan de räknades. Från de frysta larverna togs ett TS-/VS-prov ut för varje replikat, även här erhöles tre prover per behandling. Material från samtliga behandlingar och fraktioner skickades till Eurofins för analys av halter de aktiva substanserna i de växtskyddsmedel som gurkodlaren angett sig ha använt. Vid varje matningstillfälle, samt vid avslutad behandling, mättes pH-värdet i växtresterna.

3.4.2 Analyser

Vid analys av halten av torrsubstans och glödförlust vägdes först skålar utan några växtrester (m_s), därefter lades minst 10 gram material i skålarna vilket gav våtvikten (m_{vv}). Proverna torkades därefter i en ugn vid 60°C i minst 48 h. När proverna hade torkat vägdes de igen för att erhålla torrsubstansen (m_{TS}). Därefter brändes proverna i en förbränningsugn för att fastställa glödförlusten. Om proverna värms upp för snabbt så kan delar av materialet förgås och för att minimera detta värmdes först proverna upp till en temperatur på 250°C i 2 h för att därefter

brännas i 500°C i 4 h, detta i enlighet med SS-EN 14755:2009. När temperaturen i ugnen hade sjunkit till 80-100°C togs proverna ut ur ugnen och askvikten vägdes (m_a). pH mättes direkt i materialet (Mettler Toledo SevenCompact™ pH meter S210).

Eurofins som är ett ackrediterat labb utförde analyserna av växtskyddsmedlens aktiva substansers nivåer i växtresterna, i behandlingsresten och i larverna. För detektion av de aktiva substanserna i Floramite 240 SC, Flexity och Switch 62,5 WG användes gaskromatografi. De övriga växtskyddsmedlen analyserades med vätskekromatografi.

3.5 Beräkningar & antaganden

3.5.1 Massbalans

Massbalanser utfördes för att erhålla de totala mängderna av de aktiva substanserna i de olika fraktionerna för att beräkna huruvida nedbrytning skett. I massbalansen beräknades den totala mängde av respektive substans i de olika fraktionerna genom att ta koncentrationen (på våtviktbasis) av substansen (j) i de olika fraktionerna med den totala vikten av respektive fraktion. Den totala mängden substans in i varje behandling (i) antogs komma från det obehandlade materialet ($m_{VV, VR, i, j}$). Det antogs att växtskyddsmedlen antingen blev kvar i behandlingsresten ($m_{VV, BR, i, j}$) eller tagits upp av larverna ($m_{VV, L, i, j}$). Om totala mängden ut från behandlingen i samtliga fraktioner ($m_{VV, VR, i, j} + m_{VV, L, i, j}$) var längre än mängden in ($m_{VV, VR, i, j}$) definierades det ej återfunnet ($m_{VV, ej\ funnet, i, j}$). Denna del antas därför representera nedbrytning. Massbalansen för växtskyddsmedlen baserad på våtvikt kan ses i ekvation (1) där index i symboliserar vilken behandling som genomfördes och j symboliserar vilket växtskyddsmedel som behandlades i respektive behandling.

$$m_{VV, ej\ funnet, i, j} = m_{VV, VR, i, j} - m_{VV, BR, i, j} - m_{VV, L, i, j} \quad (1)$$

En liknande massbalans genomfördes för torrsubstansen och glödförlusten i behandlingarna, men där ingick även frasset i beräkningarna. Frasset inkluderades i massbalansen genom att de totala torrsubstans- och glödförlusthalterna beräknades. Detta genomfördes genom att växtresternas torrsubstans summerades med frassets torrsubstans, därefter dividerades denna summa med den totala våtvikten av växtresterna och frasset. Därefter togs ett medelvärde fram av de tre replikatens torrsubstans. Den totala glödförlusten beräknades på samma sätt, förutom det att summan dividerades med den totala torrsubstansen i stället för våtvikten.

$$m_{TS, resp} = m_{TS, inflödesmaterial} - m_{TS, BR} - m_{TS, L} \quad (2)$$

3.5.2 Materialreduktion och Bioomvandlingseffektivitet

Utifrån torrsubstanserna av inflödesmaterialet, där växtresterna och frasset ingår, ($m_{TS, Inflödesmaterial}$) och efter genomförd behandling ($m_{TS, BR}$) kunde den procentuella materialreduktionen (RED_{TS}) på torrsviktbasis beräknas enligt ekvation (3):

$$RED_{TS} = \left(1 - \frac{m_{TS, BR}}{m_{TS, Inflödesmaterial}} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

Samma metod användes för att beräkna materialreduktionen glödförlustbasis.

Baserat på den beräknade totala mängden TS i larverna ($m_{l, TS}$) och den totala beräknade mängden TS i växtresterna ($m_{vr, TS}$) kunde den procentuella bioomvandlingseffektiviteten (BOE_{TS}) på torrviktbasis från växtresterna till larvernas biomassa beräknas enligt ekvation (4):

$$BOE_{TS} = \left(\frac{m_{l,TS}}{m_{vr,TS}} \right) \cdot 100 \quad (4)$$

3.5.3 Överlevnadsgrad av larverna

Från den totala mängden larver togs tre stickprover vilket gav ett medelvärde för larvvikten. Medelvärdet användes för att uppskatta antal larver från den totala vikten av larver. Överlevnadsgraden ($k_{\text{överlevnad}}$) av larverna beräknades enligt ekvation (5):

$$k_{\text{överlevnad}} = \frac{n_{L,\text{slut}}}{n_{L,\text{start}}} \quad (5)$$

Där $n_{L, \text{slut}}$ är antalet larver kvar efter behandlingen och $n_{L, \text{start}}$ är antalet larver innan behandling.

3.5.4 Bioackumulation

Fluglarvernas bioackumulationsfaktor (BAF) beräknades enligt ekvation (6):

$$BAF = \frac{c_L}{c_{VR, \text{in}}} \quad (6)$$

Där c_L är koncentrationen av växtskyddsmedel i larverna och $c_{VR, \text{in}}$ är koncentrationerna av växtskyddsmedel i inflödesmaterialet. Kvot > 1 påvisar bioackumulation.

3.5.5 Statistisk analys

Den statistiska analysen avgjordes med envägs ANOVA (Analysis of Variance) i Excel med en signifikansnivå på 5 % (2304, Microsoft, USA). Detta genomfördes för att utröna huruvida det fanns signifikanta skillnader mellan de olika behandlingarna. Skillnader mellan behandlingarna undersöktes för: 1) materialreduktion (TS- och VS-basis) och 2) de totala mängderna av de aktiva substanserna i behandlingsresten. Bioomvandlingen och överlevnadsgraden utvärderades ej då enbart en behandling erhöll resultat på dessa parametrar.

Om det var en signifikant skillnad mellan de tre behandlingarna utfördes därefter parvisa t-tester, även dessa i Excel. Dessa tester genomfördes för att utröna vilken eller vilka behandlingar som hade en signifikant skillnad från de andra behandlingarna. Dessutom utfördes t-tester för varje växtskyddsmedels totala mängder innan och efter behandling (total mängd växtskyddsmedel i inflödesmaterial jämfört med i behandlingsrest) för att se om det var en signifikant skillnad inom varje behandling.

4 Resultat

4.1 Torrsvikt och Glödförlust

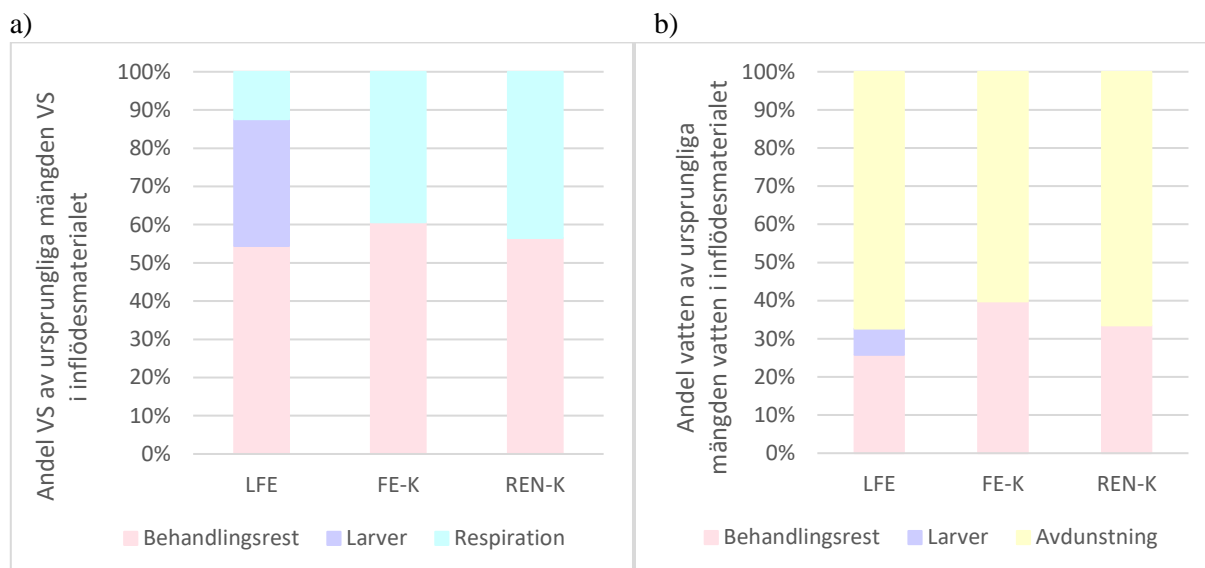
Torrsvikthalt både innan och efter genomgången behandling var lägst i fluglarvsbehandlingen (LFE) (tabell 3). Gällande glödförlusthalten hade REN-K-behandlingen lägst glödförlust i inflödesmaterialet och i behandlingsresten hade LFE-behandlingen lägst glödförlust.

Tabell 3. TS- och VS-halterna innan behandling av växtresterna och frasset samt totalen (vilket är både växtresterna och frasset), i larverna och behandlingsresten. Resultaten redovisas som ett medelvärde av replikaten (n=35 av det ingående materialet och n=3 av det utgående materialet) med standardavvikelsen efter den. VR är en förkortning av växtrester och med total menas den totala mängden av TS respektive VS.

	Ingående material						Larver		Behandlingsrest	
	TS [% av vikt]			VS [% av TS]			TS	VS	TS	VS
	VR	Frass	Total	VR	Frass	Total	[% vikt]	[% TS]	[% vikt]	[% TS]
LFE	14,7±	86,4±	18,7±	71,2±	85,3±	75,7±	8,37±	33,2±	63,9±	54,4±
	2,76	1,61	0,01	5,13	0,69	0,00	0,42	0,39	2,02	1,07
FE-K	21,7±	86,4±	23,6±	72,6±	86,2±	78,0±			66,2±	60,6±
	0,73	6,48	4,30	2,91	1,22	2,03			3,84	2,06
REN-K	21,7±		21,7±	72,6±		72,6±			65,4±	56,5±
	0,73		0,73	2,91		2,91			5,78	6,94

4.2 Fördelning organiskt material och vatten

För samtliga behandlingar återfanns majoriteten av det organiska materialet i behandlingsresten (figur 4a). I samtliga behandlingar avdunstades mer än 60 % av vattnet (figur 4b).



Figur 4. Fördelningen av a) glödförlusten (VS) i inflödesmaterialet i behandlingsrest, larver och respiration och b) den initiala mängden vatten i inflödesmaterialet i behandlingsrest, larver och avdunstning.

4.3 Materialreduktion, bioomvandlingseffektivitet och överlevnadsgrad

Materialreduktion var störst i fluglarvsbehandlingen (LFE) både på TS- och VS-basis jämfört med kontrollbehandlingarna (tabell 4). Överlevnadsgraden var över hundra procent i LFE, vilket innebär det att det var fler än 1 000 larver vid experimentets start.

Tabell 4. Materialreduktion och bioomvandlingseffektivitet (BOE) för inflödesmaterialet (ingående växtrester och frass) på TS- och VS-basis. Överlevnadsgrad för larver efter den avslutade behandlingen av växtresterna. Resultaten redovisas som ett medelvärde av replikaten ($n=3$) med standardavvikelsen efter den.

	RED _{TS}	RED _{VS}	BOE _{TS}	BOE _{VS}	pH		Överlevnad	Larvernas vikt
	[%]	[%]	[%]	[%]	Innan	Efter	k _{överlevnad} [%]	[mg/larv]
LFE	36,1±	45,6±	8,37±	33,2±	7,91±	8,92±	105 ± 7,64	90,26±
	2,04	1,04	0,43	0,39	0,39	0,09		
FE-K	33,8±	39,4±			7,72±	8,99±		
	3,94	2,15			0,26	0,05		
REN-K	34,6±	43,5±			7,72±	9,02±		
	5,77	6,93			0,26	0,02		

4.4 Nedbrytning av växtskyddsmedlen

Från Eurofins mottogs koncentrationer av substanserna i växtskyddsmedlen för de stickprov som togs av det obehandlade materialet, i behandlingsresten och i fluglarverna (tabell 5). Efter fluglarvsbehandlingen hade behandlingsresten lägre halter än växtresterna som behandlades, med undantag för imazalil och spinosad. Halterna av substanser var högre i behandlingsresten än i obehandlade växtrester i de två kontrollbehandlingarna förutom för flonicamid och propamocarb (tabell 5).

Tabell 5. Koncentrationen av de aktiva substanserna på torrviktsbasis för aktiva substanser i respektive behandling. VR står för växtresterna, rest står för behandlingsresten som finns kvar efter behandling. Resultaten redovisas som ett medelvärde av replikaten (n=3) med standardavvikelsen efter den.

	LFE [mg/kg TS]			FE-K [mg/kg TS]			REN – K [mg/kg TS]		
	VR	Larver	Rest.	VR	Larver	Rest.	VR	Larver	Rest.
Bifenazat	1,15± 0,23	0,36± 0,04	0,55± 0,04	0,81± 0,23	-	1,05± 0,14	0,81± 0,23	-	1,33± 0,13
Metrafenon	5,93± 1,48	0,66± 0,12	3,84± 0,70	5,01± 1,02	-	11,51± 0,95	5,01± 1,02	-	13,82± 1,24
Cyprodinil	0,88± 0,13	0,14± 0,02	0,62± 0,07	0,84± 0,11	-	1,18± 0,23	0,84± 0,11	-	1,56± 0,11
Flonicamid	3,78± 1,56	0,26± 0,08	1,60± 0,21	3,41± 0,79	-	1,59± 0,11	3,41± 0,79	-	2,55± 0,37
Fludioxonil	11,9± 1,31	0,93± 0,23	7,00± 2,09	11,96± 1,23	-	16,56± 1,20	11,96± 1,23	-	22,92± 0,91
Hexythiazox	10,5± 1,65	0,92± 0,09	6,68± 2,51	10,09± 1,53	-	15,94± 0,07	10,09± 1,53	-	23,10± 1,63
Imazalil	1,19± 0,63	0,59± 0,05	2,81± 0,24	1,75± 0,09	-	2,41± 0,12	1,75± 0,09	-	3,23± 0,14
Propamocarb	8,27± 4,04	0,29± 0,01	0,40± 0,03	9,44± 1,54	-	1,82± 0,32	9,44± 1,54	-	3,09± 0,88
Proquinazid	0,18± 0,04	0,04± 0,0	0,16± 0,04	0,20± 0,04	-	0,29± 0,08	0,20± 0,04	-	0,31± 0,04
Spinosad	0,02± 0,04	0,0± 0	0,03± 0,01	0±0	-	0,07± 0,01	0±0	-	0,10± 0,01
Penkonazol	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	-	<0,01
Pyriproxyfen	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	-	<0,01

Från koncentrationerna beräknades sedan den totala mängden av substanserna i respektive fraktion (tabell 6). Propamocarb och flonicamid i samtliga behandlingar, medan imazalil inte bröts ner i någon av behandlingarna. Övriga substanser bröts enbart ner i fluglarvsbehandlingen.

Tabell 6. Totala mängderna av de aktiva substanserna i växtskyddsmedlen i respektive behandling. VR står för det de obehandlade växtresterna innan genomförd behandling, rest står för behandlingsresten som finns kvar efter behandling. Resultaten redovisas som ett medelvärde av replikatens totala mängd ($n=3$) \pm standardavvikelsen. Kolumnerna ej funnet är medelvärden som är baserad på massbalansen.

	LFE [total mg]				FE-K [total mg]				REN-K [total mg]			
	VR	Larver	Rest.	Ej funnet	VR	Larver	Rest.	Ej funnet	VR	Larver	Rest.	Ej funnet
Bifenazat	0,23 \pm 1,4E ⁻⁵	0,01 \pm 0,00	0,11 \pm 0,02 ^{*Y}	0,10 \pm 0,02	0,23 \pm 2,2E ⁻⁵	-	0,25 \pm 0,05 ^X	-0,03 \pm 0,05	0,23 \pm 9,08E ⁻⁵	-	0,23 \pm 0,02 ^X	-0,01 \pm 0,02
Metrafenon	1,25 \pm 7,6E ⁻⁵	0,02 \pm 0,0	0,80 \pm 0,20 ^Y	0,44 \pm 0,20	1,25 \pm 0,0001	-	2,77 \pm 0,35 ^{*X}	-1,52 \pm 0,35	1,25 \pm 0,00	-	2,55 \pm 0,38 ^{*X}	-1,29 \pm 0,38
Cyprodinil	0,20 \pm 1,2E ⁻⁵	0,00 \pm 0,00	0,13 \pm 0,02 ^{*Y}	0,07 \pm 0,02	0,20 \pm 2,0E ⁻⁵	-	0,28 \pm 0,06 ^X	-0,09 \pm 0,06	0,20 \pm 7,9E ⁻⁵	-	0,28 \pm 0,02 ^{*X}	-0,08 \pm 0,02
Flonicamid	0,80 \pm 4,9E ⁻⁵	0,01 \pm 0,00	0,33 \pm 0,03 ^{*X}	0,46 \pm 0,06	0,80 \pm 7,9E ⁻⁵	-	0,38 \pm 0,01 ^X	0,42 \pm 0,01	0,80 \pm 0,0003	-	0,45 \pm 0,07 ^{*X}	0,35 \pm 0,07
Fludioxonil	2,76 \pm 0,0002	0,02 \pm 0,01	1,46 \pm 0,53 ^Y	1,27 \pm 0,53	2,76 \pm 0,003	-	3,99 \pm 0,45 ^{*X}	-1,23 \pm 0,45	2,76 \pm 0,0011	-	4,04 \pm 0,10 ^{*X}	-1,29 \pm 0,10
Hexythiazox	2,39 \pm 0,0002	0,02 \pm 0,00	1,40 \pm 0,61 ^Y	0,96 \pm 0,61	2,39 \pm 0,0002	-	3,83 \pm 0,17 ^{*X}	-1,45 \pm 0,17	2,39 \pm 0,001	-	4,07 \pm 0,23 ^{*X}	-1,69 \pm 0,23
Imazalil	0,34 \pm 2,1E ⁻⁵	0,01 \pm 0,00	0,58 \pm 0,08 ^{*X}	-0,25 \pm 0,08	0,34 \pm 3,4E ⁻⁵	-	0,58 \pm 0,05 ^{*X}	-0,24 \pm 0,05	0,34 \pm 0,0001	-	0,57 \pm 0,03 ^{*X}	-0,23 \pm 0,03
Propamocarb	1,97 \pm 0,0001	0,01 \pm 0,00	0,08 \pm 0,00 ^{*Y}	1,88 \pm 0,00	1,97 \pm 0,0002	-	0,44 \pm 0,07 ^{*X}	1,54 \pm 0,07	1,97 \pm 0,0008	-	0,55 \pm 0,16 ^{*X}	1,43 \pm 0,17
Prokinazid	0,04 \pm 2,6E ⁻⁵	0,001 \pm 0,00	0,03 \pm 0,01 ^Y	0,01 \pm 0,01	0,043 \pm 4,3E ⁻⁶	-	0,07 \pm 0,02 ^{*X}	-0,03 \pm 0,02	0,043 \pm 1,7E ⁻⁵	-	0,05 \pm 0,01 ^X	-0,01 \pm 0,01
Spinosad	0,014 \pm 8,6E ⁻⁷	<0,01	0,01 \pm 0,00 ^{*Y}	0,01 \pm 0,00	0,014 \pm 1,4E ⁻⁶	-	0,02 \pm 0,00 ^X	0,00 \pm 0,00	0,014 \pm 5,7E ⁻⁶	-	0,02 \pm 0,00 ^X	0,00 \pm 0,00
Penkonazol	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01
Pyriproxyfen	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01

*Signifikant skillnad inom behandling mellan mängd växtskyddsmedel in (i växtresterna) och mängd ut (i behandlingsrest).

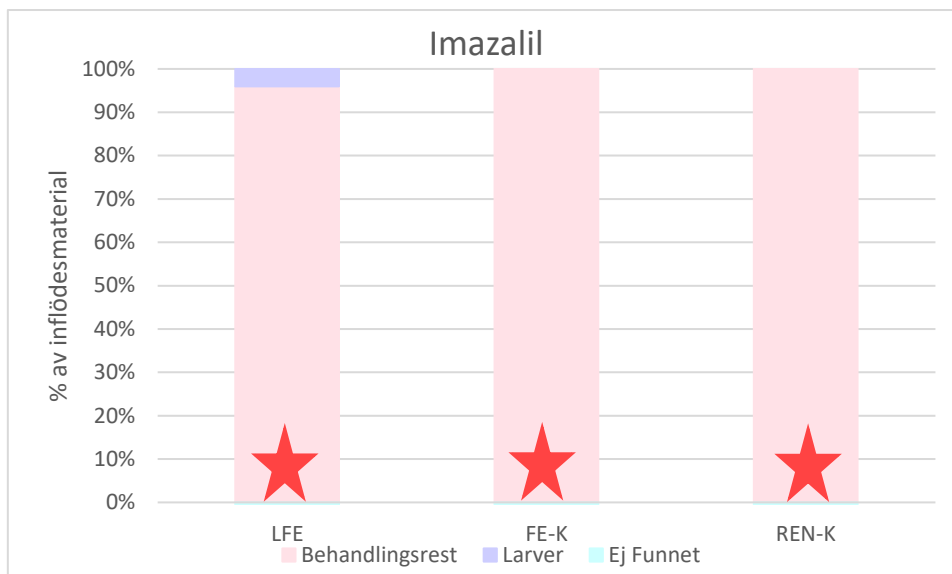
^{X, Y}Signifikant skillnad mellan behandlingar för mängd växtskyddsmedel i behandlingsresterna. Värdet med samma bokstav är inte signifikant skilda.

4.4.1 Halter under detektionsgränsen

Detektionsgränsen för substanserna var 0,01 mg/kg. Admiral 10 EC:s aktiva substans *pyriproxyfen* och Topas 100 ES:s aktiva substans *penkonazol* var båda lägre än denna gräns och kunde därav ej detekteras i analyserna i några av behandlingarna.

4.4.2 Ingen nedbrytning

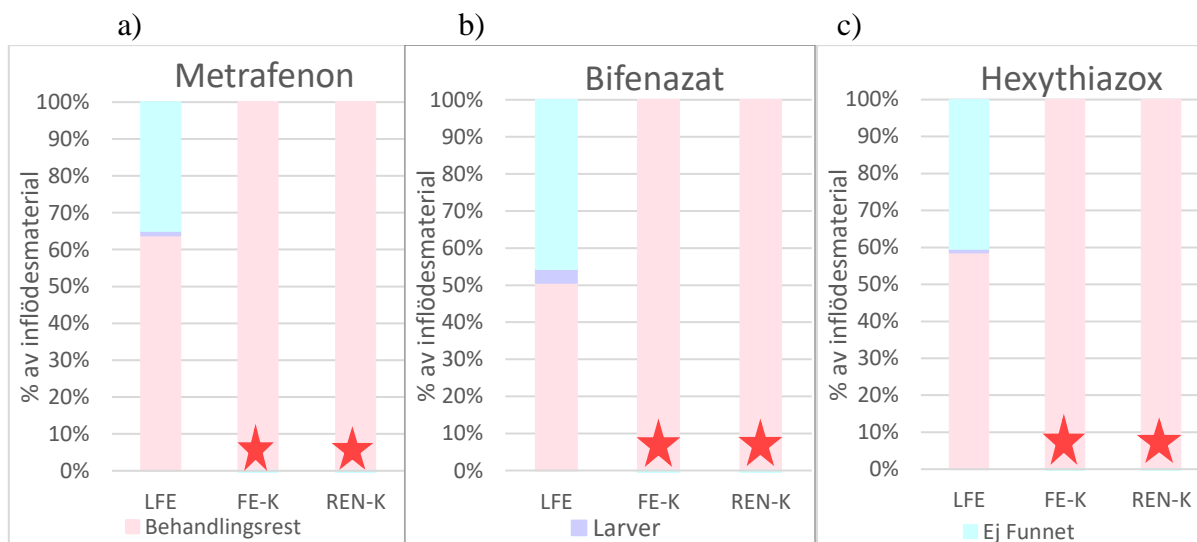
Den aktiva substansen i Diabolo (Fungazil), hade ingen påtaglig nedbrytning (figur 5). Ungefär 4 % av den initiala mängden av imazalil återfanns i fluglarverna i LFE-behandlingen och resterande mängd återfanns i behandlingsresten. I alla behandlingarna återfanns högre mängder imazalil i behandlingsprodukterna (behandlingsresten + larverna) än i inflödesmaterialet, detta indikeras med en röd stjärna i figuren.



Figur 5. Totala mängderna av imazalil på våtviktsbasis.

4.4.3 Nedbrytning enbart i fluglarvskomposteringen

Vissa substanser bröts endast ner i fluglarvskomposteringen: 63,9 % av den initiala mängden av Flexitys aktiva substans *metrafenon*, 50,7 % av Floramite 240 SC:s aktiva substans *bifenazat* och 58,7 % av den aktiva substansen i Nissorun SC, *hexythiazox*, återfanns i behandlingsresten i LFE-behandlingen (figur 6), medan 1,2 % av metrafenon, 3,7 % av bifenazat och 0,9 % av hexythiazox återfanns i larverna. Alltså var den potentiella reduktionen 34,9 % av metrafenon, 50,7 % av bifenazat och 40,4 % hexythiazox. I de två kontrollbehandlingarna var den totala mängden av dessa substanser högre i behandlingsresten än i inflödesmaterialet, detta indikeras med en röd stjärna i figuren.



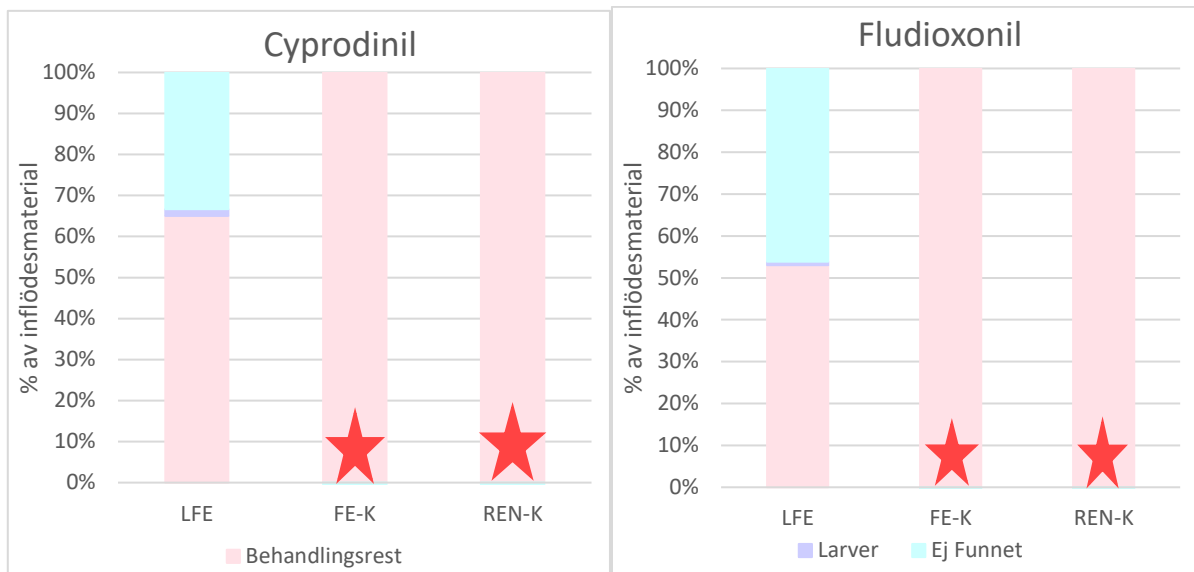
Figur 6. Totala mängderna av a) metrafenon, b) bifenazat och c) hexythiazox på våtviktsbasis.

I LFE-behandlingen återfanns 65,0 % av den initiala mängden cyprodinil i behandlingsresten och 53,0 % av den andra aktiva substansen i SWITCH 62,5 WG *fludioxonil* (figur 7), medan 1,6 % av *cyprodinil* och 0,8 % av *fludioxonil* återfanns i larverna. Nedbrytningen av dessa substanser var således 33,4 % för *cyprodinil* och 46,2 % för *fludioxonil*. I de två

kontrollbehandlingarna var den totala mängden av dessa substanser högre i behandlingsresten än i inflödesmaterialet, detta indikeras med en röd stjärna i figuren.

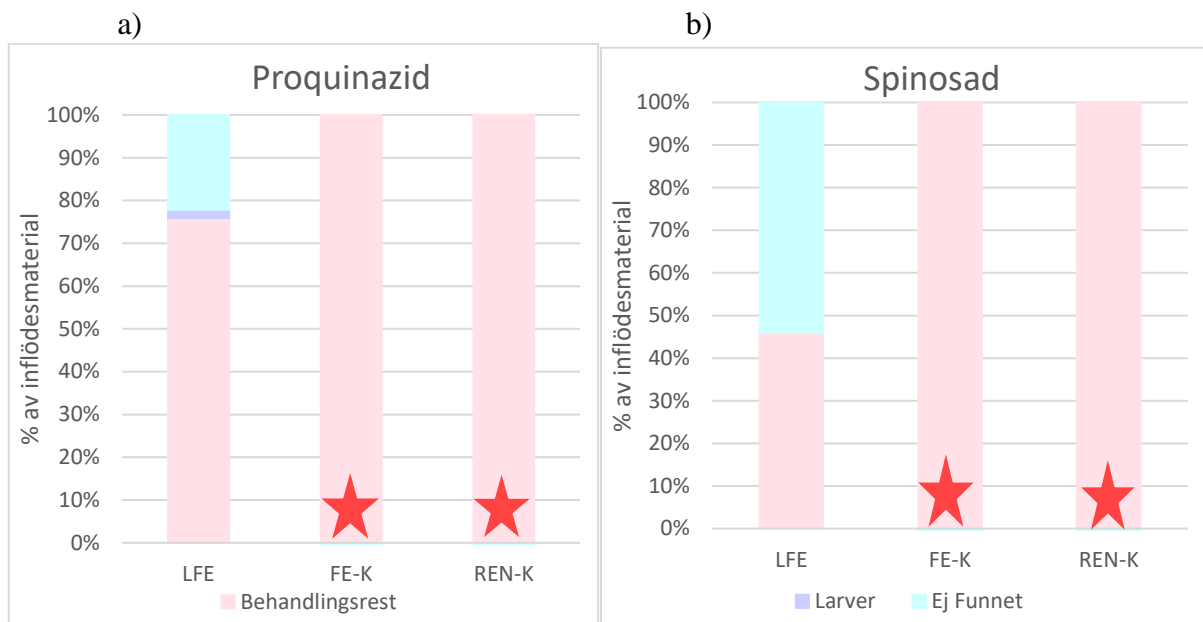
a)

b)



Figur 7. Totala mängderna av a) cyprodinil och b) fludioxonil på våtviktsbasis.

I fluglarvsbehandlingen återfanns 75,9 % av den initiala mängden av den aktiva substansen *prokinazid* och 45,9 % av Conserves aktiva substans *spinosad* i (figur 8), medan 2,0 % av *prokinazid* och 0,0 % *spinosad* återfanns i larverna. Således bröts 22,1 % av den initiala mängden *prokinazid* och 54,1 % av *spinosad* ned. I de två kontrollbehandlingarna var den totala mängden av dessa substanser högre i behandlingsresten än i inflödesmaterialet, detta indikeras med en röd stjärna i figuren.

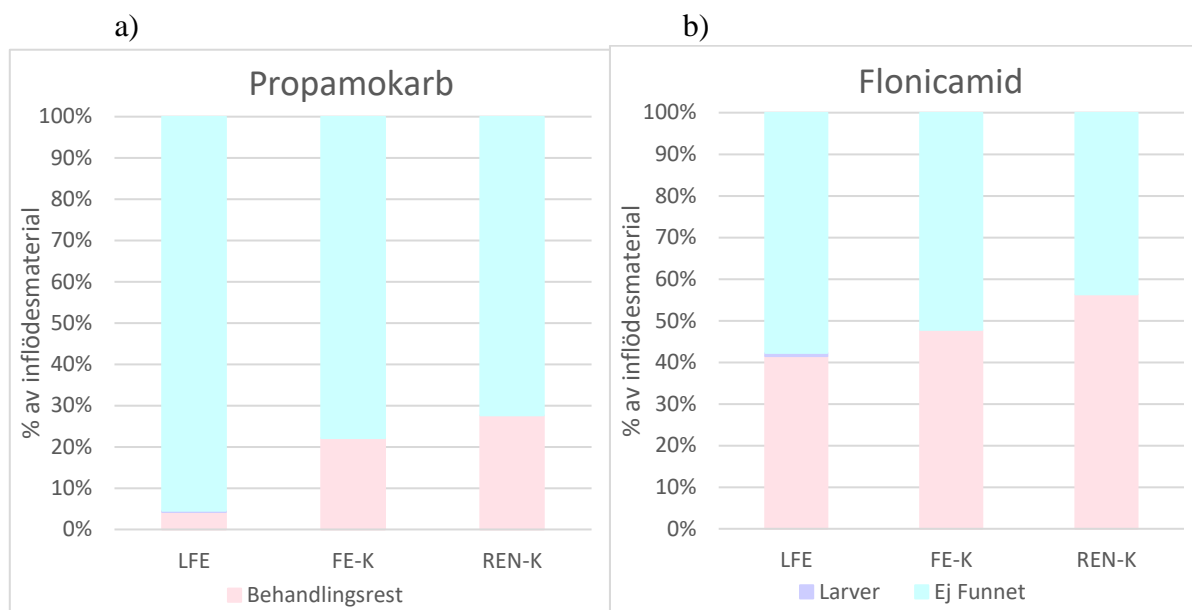


Figur 8. Totala mängderna av a) prokinazid och b) spinosad på våtviktsbasis.

4.4.4 Nedbrytning i samtliga behandlingar

I LFE återfanns 4,2 % av den aktiva substansen i Previcur Energy, *propamokarb*, i behandlingsresten, 0,3 % av propamokarb i larverna, medan 95,5 % inte återfanns (figur 9). I FE-K återfanns 22,2 % av propamokarb i behandlingsresten, medan 77,8 % inte återfanns. I REN-K återfanns 27,7 % av propamokarb i behandlingsresten, medan 72,3 % inte återfanns.

För Teppeki återfanns 41,5 % av den aktiva substansen *flonicamid* i behandlingsresten i LFE-behandlingen, 0,8 % återfanns i larverna och 57,7 % återfanns ej. I FE-K-behandlingen återfanns 47,8 % av flonicamid i behandlingsresten, medan 52,2 % inte återfanns. I REN-K återfanns 56,3 % av propamokarb i behandlingsresten och 43,7 % återfanns inte.



Figur 9. Totala mängderna av a) propamokarb och b) flonicamid på våtviktsbasis.

4.4.5 Bioackumulation av växtskyddsmedlen

För LFE beräknades bioackumulationskvoten av respektive växtskyddsmedel. Vid kvot <1, dvs lägre koncentration i larverna jämfört med växtresterna in till behandlingen, antas ingen bioackumulation ske (tabell 7). Ingen av de undersökta substanserna bioackumulerades. Substanserna penkonazol (Topas 100 EC), pyriproxyfen (Admiral 10 EC) och spinosad (CONSERVE) hade halter som var lägre än 0,01 mg pesticid per kg larver, baserat på våtviktsbasis. Detta innebär att det inte finns några detekterbara halter av dessa växtskyddsmedel i fluglarverna och således skedde det inte någon bioackumulation av dessa substanser.

Tabell 7. Bioackumulationen av de växtskyddsmedel som kunde hittas i fluglarverna.

	Bioackumulation
Bifenazat	0,47
Metrafenon	0,17
Cyprodinil	0,24
Flonicamid	0,11
Fludioxonil	0,12
Hexythiazox	0,13
Imazalil	0,74
Propamocarb	0,06
Prokinazid	0,31

5. Diskussion

5.1 Behandlingspåverkan

5.1.1 Materialreduktion

Samtliga behandlingar hade en materialreduktion mellan 34–36 % på torrviktsbasis och mellan 39–46 % på glödförlustbasis (tabell 4). Detta är en relativt låg materialreduktion, t.ex. hade Lalander et al. (2017) en glödförlustbaserad materialreduktion på 58,9 % i matavfall och 56,6 % i fekalier. En anledning till att en låg materialreduktion uppnåddes i denna studie kan vara att växtresterna var svårtillgängliga för fluglarverna. Isibika et al. (2021), visade att när enbart banan- och apelsinskalen fluglarvskomposterades erhöles en glödförlustbaserad materialreduktion runt 40 %, i enighet med resultaten för denna studie. Vid inblandning av fiskrens, som är mer tillgängligt för larverna, ökade materialreduktionen.

5.1.2 Bioomvandlingseffektivitet

På torrviktsbasis var bioomvandlingseffektivitet mycket lägre (8,37 %) än vad Lalander et al. (2017) rapporterade för matavfall och fekalier, där 35 %, respektive 35,8 % erhöles. Det kan även jämföras med bioomvandlingseffektivitet av kogödsel och slaktavfall från fjäderfäproduktion rapporterat av Gold et al. (2020); där en bioomvandlingseffektivitet på torrviktsbasis för kogödsel var 3,8 % och för slaktavfallet 13,4 %. Alltså var bioomvandlingseffektivitet från denna studie mitt emellan kogödsel och slaktavfallet. Gold et al. (2020) konstaterade att kogödsel hade betydligt lägre proteininnehåll, fetter och fiberlösa kolhydrater än slaktavfallet. Detta skulle kunna betyda att proteininnehållet, fettnivåerna och kolhydratnivåerna borde befinna sig mellan nivåerna i kogödsel och slaktavfall från fjäderfäproduktion. Denna hypotes kan dock inte styrkas i och med att studiens bioomvandlingseffektivitet med avseende på glödförlust blev 33,2 %, vilket är högre än det resultat som Gold et al. (2020) erhöles för kogödsel och slaktavfallet, vilka låg på 23,1 % och 4,1 % respektive. I och med att enzym användes i studien förbättrades troligtvis bioomvandlingseffektivitet på VS-basis, något som Lindberg et al (2022) påvisade i sin studie där glödförlusthalten ökade med 22 % när enzymer tillsattes.

5.1.3 Överlevnadsgrad

Larverna i LFE hade en genomsnittlig överlevnadsgrad på 105 %. Det innebar att det var fler fluglarver än vad som beräknades vid behandlingsstarten. Estimeringen av antalet larver efter behandling är betydligt enklare då larverna var större, och kan antas vara mer korrekt. Fler larver än vad som ämnades tillsattes troligen. I och med att det enbart var fluglarver i en behandling kan inte överlevnadsgraden och storlek på jämföras mellan behandlingar. Detta är en väldigt hög överlevnadsgrad, särskilt när den jämförs med andra överlevnadsgrader. Myers et al (2008) rapporterade överlevnadsgrader mellan 71–85 % oavsett vilken föda de matade fluglarverna med.

I och med att överlevnadsgraden var så pass hög kan spekulationer om växtskyddsmedlens inverkan på larverna göras. Primärt tyder denna höga överlevnadsgrad på att koncentrationerna, oavsett om våtvikt eller torrsvikt beaktas, av de analyserade substanserna inte påverkade larverna.

5.2 Nedbrytning av de aktiva substanserna i växtskyddsmedel

5.2.1 Halter under detektionsnivå

Halterna av de aktiva substanserna pyriproxyfen i Admiral 10 EC och penkonazol i Topas 100 EC var under detektionsnivå i de obehandlade växtresterna. Detta tyder på att dessa substanser bröts ner redan i växthuset och därför inte riskeras att lakas ut.

5.2.2 Ingen nedbrytning

När växthusrester besprutade med Diabolo (fungazil 100) behandlades med fluglarvskompostering återfanns 4,0 % av den initiala mängden imazalil i larverna och resten återfanns i behandlingsresten (figur 5). I båda kontrollbehandlingarna återfanns all tillsatt imazalil i behandlingsresten. Li et al. (2021), erhöll en halveringstid av imazalil i äpplen på 9,82–10,09 dagar och i vindruvor mellan 23,82–24,49 dagar. Om resultatet i denna studie hade haft en liknande halveringstid av substansen bör en del av imazalil inte ha återfunnits i denna studie. I och med att all imazalil påträffades i antingen behandlingsresten eller i fluglarverna innebär det att ingen nedbrytning av substansen skedde i någon behandlingarna.

Dock visar resultaten från Li et al, (2021) att imazalil bryts ner relativt långsamt jämfört med de andra substanserna i denna studie. Resultatet från denna studie överensstämmer således med tidigare studie. Vidare kan slutsatsen dras att fluglarvskompostering inte är en effektiv metod för att bryta ner imazalil i växtrester.

5.2.3 Nedbrytning enbart i fluglarvskomposteringen

I LFE återfanns inte 34,9 % av metrafenon, 50,7 % av bifenazat och 40,4 % av hexythiazox, (figur 6). Detta tyder på att någon form av nedbrytning av substanserna skett. I kontrollbehandlingarna däremot återfanns allt (t.o.m. högre mängd) av dessa substanser i behandlingsresten. Detta tyder på att larverna påskyndade nedbrytningen av dessa substanser.

Balkan & Kara (2022) rapporterade en halveringstid av metrafenon i vindruvsblad på 2,52 dagar. Liknande halveringstid rapporterades för bifenazat på tomater (1,86 dagar) och på tomatblad (2,16 dagar) (Shalaby et al. 2022 b). Shalaby et al. (2022 a) rapporterade en halveringstid för hexythiazox på jordgubbar på 2,23 dagar och på jordgubbsblad på 2,05 dagar. Om dessa substanser skulle ha haft liknande halveringstider som i ovanstående studier skulle en betydligt högre andel av substanserna inte ha återfunnits. Dock verkar fluglarvsbehandling vara en mer effektiv behandling av dessa substanser än de två kontrollbehandlingarna.

I LFE påvisades att 33,4 % av cyprodinil och 46,2 % av fludioxonil i SWITCH 62,5 WG inte återfanns i vare sig fluglarverna eller i behandlingsresten (figur 7). Resultatet tyder på att båda substanserna har brutits ned på något sätt. Ingen nedbrytning skedde däremot i de två kontrollbehandlingarna. Detta tyder på att larverna påskyndade nedbrytningen av dessa substanser.

Szpyrka & Sadlo (2009) rapporterade halveringstid av cyprodinil på tomatblad på 9 dagar och av fludioxonil på 31 dagar. Detta tyder på att cyprodinil kan brytas ner relativt snabbt, medan att fludioxonil bryts ner desto långsammare, vilket stod i motsats till vad denna studie fann. Om substanserna skulle haft liknande halveringstider skulle en större andel cyprodinil ej ha återfunnits, medan en större mängd fludioxonil skulle ha påträffats i larverna och

behandlingsresten. I kontrollbehandlingarna skedde ingen reducering, detta då all cyprodinil och fludioxonil återfanns i behandlingsresten.

Substansen *prokinazid* detekterades i växtresterna och därmed också i behandlingsrest och fluglarver trots att den inte var listad som använd av gurkodlaren. Substansen dök upp i samtliga prover då prokinazid ingick i det analyspaket som Eurofins genomförde på proverna. Anledningen till att substansen påträffades i resultaten är oklar.

I LFE-behandlingen återfanns inte 22,1 % av prokinazid och 54,1 % av spinosad (figur 8). I kontrollbehandlingarna återfanns all prokinazid och spinosad i behandlingsresten. Detta resultat står dock i kontrast med vad Shalaby et al. (2022 a) kom fram till, som fann att spinosad halverades på 3,24 dagar när substansen fanns på jordgubbar och 2,86 dagar på jordgubbsblad. Om spinosad hade haft en liknande halveringstid hade en betydligt större andel av substansen inter återfunnits i behandlingarna i denna studie. Detta tyder på att prokinazid och spinosad bröts ner i fluglarvskompostering och således att det är en mer effektiv behandling än de två kontrollbehandlingarna.

Trots att nedbrytningen av dessa ämnen var längre i fluglarvskompostering än vad som rapporterats i litteraturen kan fluglarvskompostering ses som en mer effektiv metod för att bryta ner metrafenon, bifenazat, hexythiazox, cyprodinil, fludioxonil, prokinazid och spinosad än nuvarande avfallshanteringssystemet.

5.2.4 Nedbrytning i samtliga behandlingar

I LFE påvisades att 95,5 % respektive 57,7 % av de aktiva substanserna propamokarb och flonicamid inte återfanns i vare sig behandlingsresten eller fluglarverna (figur 9). Detta tyder på att en stor nedbrytning av substanserna har skett. I FE-K, däremot, påvisades att 77,8 % respektive 52,2 % av de aktiva substanserna ej återfanns i behandlingsresten (figur 9), medan det i REN-K påvisades att 72,3 % respektive 43,7 % av substanserna inte återfanns i behandlingsresten.

Sharma et al. (2016) erhöll en halveringstid av propamokarb i vitkål som varierade mellan 1–2,57 dagar. Liknande halveringstid rapporterades för flonicamid på tomater (1,49–4,59 dagar) (Wang et al. 2018). Dessa halveringstider påvisar att substanserna kan brytas ner snabbt under specifika förutsättningar, något som observerades för propamokarb men inte för flonicamid i fluglarvskomposteringen. Om flonicamid hade haft en liknande halveringstid som i studien från Wang et al (2018) hade en större andel inte återfunnits. Detta resultat tyder på att tillsatts av frass och enzymer påskyndar nedbrytningen av substanserna under de förhållanden som rådde vid genomförandet av denna studie. I närvaro av fluglarver påskyndades nedbrytningen av substanserna ytterligare, därav kan slutsatsen dras att fluglarvskompostering är en mer effektiv metod för att bryta propamokarb och flonicamid än den nuvarande hanteringen av det organiska avfallet i svensk växthusproduktion.

5.2.5 Andra faktorer som påverkar nedbrytningen av de aktiva substanserna

Samtliga substanser, utom fludioxonil och propamokarb, hade långsammare nedbrytning i denna studie än vad som angetts i litteraturen. Fludioxonil och propamokarb bröts ner i lika stor grad i fluglarvskomposteringen som i tidigare studier. Detta tyder på att det kan vara yttre förhållanden som har lett till en snabbare nedbrytning i de andra studierna. En möjlig förklaring till detta kan vara solinstrålning. Detta experiment genomfördes i en container utan direkt

solinstrålning på behandlingarna, medan substanserna som studerades i de citerade studierna återfanns på blad och frukter som befann sig i direkt solljus. Ultraviolettt strålning kan bryta ner många substanser snabbt, bland annat växtskyddsmedel (Yang & Zhang 2019). Detta skulle kunna vara en förklaring till varför inte mer av substanserna har brutits ner i denna studie i jämförelse med tidigare rapporterade halveringstider för dessa substanser.

I kontrollbehandlingarna var det många substanser (bifenazat, metrafenon, cyprodinil, fludioxonil, hexythiazox, imazalil, prokinazid och spinosad) där det var högre totala mängder i behandlingsresten än vad det var i det obehandlade inflödesmaterialet. För imazalil var även totala mängden i behandlingsresten i fluglarvskomposteringen högre än i det obehandlade materialet. En orsak till detta kan vara att växtresterna varierade i koncentration av de aktiva substanserna i olika delar av de totala växtresterna (figur 2a). Trots att det var låga standardavvikelser för TS och VS (tabell 3), som brukar indikera på att materialet är homogent. Dock ingick juterepstumpar och metallklipp som inte ingick i analysmaterialet. Dessa kan ha påverkat vikten av de olika fraktionerna utan att ha påverkat koncentrationen.

För många av de aktiva substanserna (bifenazat, metrafenon, cyprodinil, fludioxonil, hexythiazox, propamokarb, prokinazid, spinosad) hade behandlingen med fluglarverna en signifikant högre nedbrytning jämfört med kontrollbehandlingarna. Detta följer mönstret från materialreduktionen där LFE hade högre materialreduktion.

5.2.6 Gränsvärden för växtskyddsmedlen i larverna och i behandlingsresten

Det finns inte några specifika gränsvärden för de aktiva substanserna som återfinns i växtskyddsmedel i djurfoder, däremot finns det gränsvärden för hur mycket olika livsmedel får innehålla av respektive substans. Ett intervall för varje substans framställdes baserat på det lägsta och högsta värdet som tillåts i olika livsmedlen. Även om prokinazid inte var listad av gurkodlaren erhöles koncentrationer av substansen i samtliga prover, därav togs även gränsvärden för prokinazid fram. Eftersom det inte fanns en kategori för insekter valdes intervallet av alla livsmedel som EU hade med i sin kartläggning av livsmedel³. Det livsmedel som ansågs mest likt larvbiomassa vara nötkött, således presenteras gränsvärden för nötkött separat (tabell 8). Koncentrationen av metrafenon, hexythiazox, fludioxonil och imazalil låg runt 16, 4, 11 och 7 gånger, respektive, över det tillåtna gränsvärdet för nötkött, medan koncentrationen av bifenazat, cyprodinil och propamokarb låg strax över gränsvärdet. För de övriga substanserna var koncentrationen i larverna under gränsvärdet för nötkött. Detta resultat tyder på att dessa fluglarver eventuellt inte lämpar sig för användning i djurfoder, speciellt eftersom värdena var så pass mycket över gränsvärdena för vissa substanser att det inte går att späda ut effekten. Vidare forskning krävs för att kunna dra några slutsatser angående möjligheten att använda dessa larver i djurfoder. Vidare behövs mer forskning på hur larvernas innehåll ser ut när de har fått växtrester för att identifiera vilken djurproduktion som fluglarverna skulle passa till, utifrån deras fett- och proteininnehåll.

³ Europaparlamentets och kommissionens förordning 2023/679; Europaparlamentets och kommissionens förordning 2022/1435; Europaparlamentets och kommissionens förordning 2022/1406; Europaparlamentets och kommissionens förordning 2022/1264; Europaparlamentets och kommissionens förordning 2022/476; Europaparlamentets och kommissionens förordning 2022/85; Europaparlamentets och kommissionens förordning 2022/78; Europaparlamentets och kommissionens förordning 2020/1565; Europaparlamentets och kommissionens förordning 2020/856; Europaparlamentets och kommissionens förordning 2019/977; Europaparlamentets och kommissionens förordning 2018/687

Tabell 8. Intervall av tillåtna koncentrationer av växtskyddsmedlen som får finnas i livsmedel samt tillåtna koncentrationer som får finnas i nötdjur enligt EU och koncentrationerna av växtskyddsmedlen som återfanns i larverna. Samtliga koncentrationer är på våtviktsbasis.

Växtskyddsmedel	Tillåtna koncentrationer i livsmedel [mg/kg]	Tillåtna koncentrationer i nötdjur [mg/kg]	Koncentration i larverna [mg/kg]
Bifenazat	0,02 (kryddor, animaliska proteiner etc.) –20 (humle)	0,02	0,0885
Metrafenon	0,01 (kryddor, animaliska proteiner etc.) –80 (humle)	0,01	0,1623
Cyprodinil	0,02 (kryddor, animaliska proteiner etc.) –40 (övriga bladväxter)	0,02	0,0332
Fonicamid	0,02 (honung, reptiler, vilda djur) – 6 (färska örter)	0,15	0,0646
Fludioxonil	0,01 (spannmål, animaliska proteiner etc.) –40 (sallader)	0,02	0,2283
Hexythiazox	0,01 (fågelägg, oljefrön & frukter etc.) –15 (Teer)	0,05	0,2234
Imazalil	0,01 (Protein från djur, oljefrön & frukter etc.) –5(citroner, lime & mandariner)	0,02	0,1449
Propamocarb	0,01 (protein från djur, sockerplantor etc.) –40 (sallader)	0,01	0,0710
Prokinazid	0,01 (sockerplantor, spannmål etc.) –2 (jordgubbar)	0,02	0,0089
Spinosad	0,02 (honung, reptiler, sockerplantor etc.) –60 (persilja)	0,3	Spår av substans detekterades
Penkonazol	0,01 (sockerprotein, spannmål etc.) –0,15 (kärnfrukter t.ex. äpplen)	0,05	Spår av substans detekterades
Pyriproxyfen	0,05 (djurprotein, spannmål etc.) – 15 (teer)	0,05	Spår av substans detekterades

Det finns inga specifika gränsvärden för hur mycket växtskyddsmedel olika gödningsmedel får innehålla. Löfkvist (2020) lyfter problematiken med påträffandet av växtskyddsmedel som inte är tillåtna i Sverige. Dessa kan ha kommit in i Sverige t.ex. genom att sticklingar har importerats från andra länder. Organiska restströmmar från detta material får ej återanvändas i odlingar (ibid.). I och med att halten av alla växtskyddsmedel utom ett minskade i behandlingsresten jämfört med de obehandlade växtresterna bör risken att sprida denna behandlingsrest vara mindre än spridningen som sker idag, av växtrester som legat på hög en odefinierad tid. Dock är det inte säkert att koncentrationen i behandlingsresten är tillräckligt låg för att säkerställa att dessa substanser inte lakar ut i miljön om denna behandlingsrest sprids. Mer forskning krävs för att säkerställa vilka halter av dessa substanser i olika gödselmedel som kan anses säkra för spridning i miljön.

5.2.6 Andra faktorer som påverkar fluglarvsbehandlingen

Om fokus endast är på nedbrytning av substanserna i de utvärderade växtskyddsmedel, kan slutsatsen att fluglarvskompostering är en mer lämplig avfallshanteringsmetod än att lägga materialet på hög utanför växthusen. Dock finns det andra faktorer som avgör huruvida fluglarvskompostering kan användas som behandlingsmetod. Enligt Lalander et al (2017) är en av de största fördelarna med fluglarvskompostering värdet av de erhållna produkterna, som ska kunna bära kostanden av behandlingen. I detta fall var bioomvandlingseffektiviteten relativt låg. Vidare var koncentrationen av de flesta studerade substanser i larvbiomassan över gränsvärdet som är tillåtet i nötkött som livsmedel, vilket gör att larverna möjligen inte kan användas riskfritt i djurfoder. Värdet av erhållna produkter minskar då avsevärt, vilket kan leda till att denna behandling inte blir ekonomiskt lönsam.

5.3 Framtida studier & förbättringar

En förbättring av studien hade kunnat vara att undersöka halveringstiden av de studerade substanserna. Detta kunde inte utföras eftersom halterna av substanserna enbart mättes innan och efter behandlingen. Med denna design av experimentet, med matning av fluglarverna kontinuerligt under en veckas tid, var det inte möjligt att mäta halveringstiden. En alternativ design på experimentet skulle kunna vara att ge allt material till larverna på en gång och sedan adaptera en liknande design som Lalander et al. (2016), där lite material plockades ut dagligen från behandlingen. Detta skulle ytterligare förbättra studiens jämförbarhet med studier där halveringstiderna av de olika substanserna har undersökts och för att då tydligare utröna om fluglarvskompostering påskyndar nedbrytningen av dessa substanser.

En förbättring av studien för att ytterligare utröna huruvida larver som är uppfödda på växtrester från växthusproduktioner är en lämplig föda till djurproduktioner är att designa en studie som förutom att undersöka halterna av växtskyddsmedel även undersöker fetthalterna och proteinhalterna i larverna. Detta för att avgöra bättre om larverna är lämpliga som foderkälla till djur när de har fötts upp på fluglarver.

En förbättring av studien för att få resultaten ännu mer representativ hade kunnat vara att homogenisera materialet innan någon behandling genomfördes. Växtresterna visades sig vara väldigt svårmalet, därav var materialet heterogent i denna studie. I en framtida studie bör materialet finfördelas ännu mer.

6. Slutsatser

Totala mängderna av de aktiva substanserna i Admiral 10 EC och Topas 100 EC var under detektionsnivå innan någon av behandlingarna kunde genomföras, därigenom kunde slutsatsen dras att dessa substanser förmodligen bryts ner redan i växthuset. Det aktiva ämnet i Diabolo bröts inte ned i någon av behandlingarna. De aktiva substanserna i Flexity, Floramite 240 SC, Nissorun SC, SWITCH 62,5 WG, Prokinazid, Conserve, Previcur Energy och Teppeki däremot, bröts ner mer effektivt i fluglarvskompostering än i kontrollbehandlingarna. Även om resultaten tyder på att nedbrytningen kan påskyndas genom fluglarvskompostering visar tidigare studier att snabbare nedbrytning är möjlig. Andra faktorer, såsom exempelvis solinstrålning, kan eventuellt påskynda nedbrytningen av studerade substanser mer än vad fluglarvskompostering gör. Ingen av de studerade substanserna bioackumulerades i larverna. Däremot var halterna av majoriteten av substanserna i larvbiomassan över gränsvärdet tillåtet i nötkött som livsmedel. Detta kan innebära att larverna inte lämpar sig som foderråvara i foder.

Slutsatsen av studien visar på att fluglarvskompostering är en mer lämplig metod för att hantera organiskt avfall, från grönsaksproduktion i växthus, som blivit behandlat med växtskyddsmedel än kontrollbehandlingen, om fokus endast är på nedbrytning av de aktiva substanserna. Däremot fanns det andra faktorer som försvårar implementering av denna behandlingsmetod för restströmmar från växthus.

Referenser

- A. A., S., Kmel, A. & Al-Rajhi, D.H. (2008). Detection and Elimination of Certain Insecticide Residues from Tomatoes and Green Peppers Fruits. *Alexandria Science Exchange Journal*, 29 (October-December), 223–229. <https://doi.org/10.21608/asejaiqsae.2008.3202>
- Abd-Alrahman, S.H. & Ahmed, N.S. (2012). Dissipation of Penconazole in Tomatoes and Soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 89 (4), 873–876. <https://doi.org/10.1007/s00128-012-0776-7>
- Agrobase (u.å. a.). *Admiral 10 EC*. Tillgänglig: <https://agrobaseapp.com/sweden/pesticide/admiral-10-ec> [2023-02-09]
- Agrobase (u.å. b.). *Conserve*. Tillgänglig: <https://agrobaseapp.com/sweden/pesticide/conserved-1> [2023-02-14]
- Agrobase (u.å. c.). *Flexity*. Tillgänglig: <https://agrobaseapp.com/sweden/pesticide/flexity-4> [2023-02-14]
- Agrobase (u.å. d.). *Floramite 240 SC*. Tillgänglig: <https://agrobaseapp.com/sweden/pesticide/floramite-240-sc-1> [2023-02-14]
- Agrobase (u.å. e.). *Fungazil 100*. Tillgänglig: <https://agrobaseapp.com/sweden/pesticide/fungazil-100> [2023-02-14]
- Agrobase (u.å. f.). *Nissorun*. Tillgänglig: <https://agrobaseapp.com/sweden/pesticide/nissorun> [2023-02-14]
- Agrobase (u.å. g.). *Previcur Energy*. Tillgänglig: <https://agrobaseapp.com/sweden/pesticide/previcur-energy-3> [2023-02-14]
- Agrobase (u.å. h.). *Switch 62,5 WG*. Tillgänglig: <https://agrobaseapp.com/sweden/pesticide/switch-62-5-wg-1> [2023-02-09]
- Agrobase (u.å. i.). *Teppeki*. Tillgänglig: <https://agrobaseapp.com/sweden/pesticide/teppeki-1> [2023-02-09]
- Agrobase (u.å. j.). *Topas 100 EC*. Tillgänglig: <https://agrobaseapp.com/sweden/pesticide/topas-100-ec-2> [2023-02-09]
- Balkan, T. & Kara, K. (2022). Dissipation kinetics of some pesticides applied singly or in mixtures in/on grape leaf. *Pest Management Science*, 79 (3), 1234–1242. <https://doi.org/10.1002/ps.7299>
- Barona, E., Ramankutty, N., Hyman, G. & Coomes, O.T. (2010). The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters*, 5 (2), 024002. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/5/2/024002>
- Barragan Fonseca, K., Dicke, M. & van Loon, J. (2017). Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3, 105–120. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055>
- Čičková, H., Newton, G.L., Lacy, R.C. & Kozánek, M. (2015). The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 35, 68–80. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.026>
- Diener, S., Studt Solano, N.M., Roa Gutiérrez, F., Zurbrugg, C. & Tockner, K. (2011 a). Biological Treatment of Municipal Organic Waste using Black Soldier Fly Larvae. *Waste and Biomass Valorization*, 2 (4), 357–363. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1007/s12649-011-9079-1>
- Diener, S., Zurbrugg, C., Roa-Gutiérrez, F., Hong Dang, N., Morel, A., Koottatep, T. & Tockner, K. (2011 b). Black soldier fly larvae for organic waste treatment - prospects and constraints. *Solid Waste in the Developing Countries 2*. Tillgänglig:

- https://www.researchgate.net/publication/235704020_Black_soldier_fly_larvae_for_organic_waste_treatment_-_prospects_and_constraints
- English, G., Wanger, G. & Colombo, S.M. (2021). A review of advancements in black soldier fly (*Hermetia illucens*) production for dietary inclusion in salmonid feeds. *Journal of Agriculture and Food Research*, 5, 100164. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100164>
- Europaparlamentets och kommissionens förordning (EU) 2023/679 av den 23 mars 2023 om ändring av bilagorna II och III till Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 396/2005 vad gäller gränsvärden för pyridaben, pyridat, pyriproxifen och triklopyr i eller på vissa produkter (EUT L 70, 16.3.2005, s. 1). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/679/oj> [2023-05-13]
- Europaparlamentets och kommissionens förordning (EU) 2022/1435 av den 26 augusti 2022 om ändring av bilagorna II och IV till Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 396/2005 vad gäller gränsvärden för kalciumkarbonat, koldioxid, cyprodinil och kaliumvätekarbonat i eller på vissa produkter (EUT L 70, 16.3.2005, s. 1). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/1435/oj> [2023-05-11]
- Europaparlamentets och kommissionens förordning (EU) 2022/1406 av den 3 augusti 2022 om ändring av bilagorna II, III och V till Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 396/2005 vad gäller gränsvärden för metoxifenozid, propoxur, spinosad och tiram i eller på vissa produkter (EUT L 070, 16.3.2005, s. 1). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/1406/oj> [2023-05-11]
- Europaparlamentets och kommissionens förordning (EU) 2022/1264 av den 20 juli 2022 om ändring av bilaga II till Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 396/2005 vad gäller gränsvärden för fludioxonil i eller på vissa produkter (EUT L 70, 16.3.2005, s. 1). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/1264/oj> [2023-05-11]
- Europaparlamentets och kommissionens förordning (EU) 2022/476 av den 24 mars 2022 om ändring av bilagorna II, III och IV till Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 396/2005 vad gäller gränsvärden för ättiksyra, azoxistrobin, bensovindiflupyr, cyantraniliprol, cyflufenamid, emamektin, flutolanil, kalciumpolysulfid, maltodextrin och prokinazid i eller på vissa produkter (EUT L 70, 16.3.2005, s. 1). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/476/oj> [2023-05-11]
- Europaparlamentets och kommissionens förordning (EU) 2022/85 av den 20 januari 2022 om ändring av bilaga II till Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 396/2005 vad gäller gränsvärden för flonicamid i eller på vissa produkter (EUT L 70, 16.3.2005, s. 1). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/85/oj> [2023-05-11]
- Europaparlamentets och kommissionens förordning (EU) 2022/78 av den 19 januari 2022 om ändring av bilagorna II och III till Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 396/2005 vad gäller gränsvärden för dazomet, hexytiazox, metam och metylisotiocyanat i eller på vissa produkter (EUT L 70, 16.3.2005, s. 1). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/78/oj> [2023-05-11]
- Europaparlamentets och kommissionens förordning (EU) 2020/1565 av den 27 oktober 2020 om ändring av bilagorna II, III och IV till Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 396/2005 vad gäller gränsvärden för 1,4-diaminobutan, 1-metylcyklopropen, ammoniumacetat, bifenazat, klorantraniliprol, klormekvat, cyprodinil, kalksten, mandipropamid, peppar, pyridaben, repellenter: blodmjöl, algextrakt och trimetylamminhydroklorid i eller på vissa produkter (EUT L 70, 16.3.2005, s. 1). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/1565/oj> [2023-05-11]
- Europaparlamentets och kommissionens förordning (EU) 2020/856 av den 9 juni 2020 om

- ändring av bilagorna II och III till Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 396/2005 vad gäller gränsvärden för cyantraniliprol, cyazofamid, cyprodinil, fenpyroximat, fludioxonil, fluxapyroxad, imazalil, isofetamid, kresoximmetyl, lufenuron, mandipropamid, propamokarb, pyraklostrobin, pyriofenon, pyriproxifen och spinetoram i eller på vissa produkter (EUT L 70, 16.3.2005, s. 1). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/856/oj> [2023-05-11]
- Europaparlamentets och kommissionens förordning (EU) 2019/977 av den 13 juni 2019 om ändring av bilagorna II och IV till Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 396/2005 vad gäller gränsvärden för aklonifen, Beauveria bassiana stam PPRI 5339, Clonostachys rosea stam J1446, fenpyrazamin, mefentrifluconazol och penkonazol i eller på vissa produkter (EUT L 70, 16.3.2005, s. 1). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/977/oj> [2023-05-13]
- Europaparlamentets och kommissionens förordning (EU) 2018/687 av den 4 maj 2018 om ändring av bilagorna II och III till Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 396/2005 vad gäller gränsvärden för acibenzolar-S-metyl, bensovindiflupyr, bifentrin, bixafen, klorantraniliprol, deltametrin, flonicamid, fluazifop-P, isofetamid, metrafenon, pendimetalin och teflubenzuron i eller på vissa produkter (EUT L 70, 16.3.2005, s. 1). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2018/687/oj> [2023-05-11]
- Friedman, M. & Brandon, D.L. (2001). Nutritional and health benefits of soy proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (3), 1069–1086. <https://doi.org/10.1021/jf0009246>
- Gold, M., Cassar, C.M., Zurbrügg, C., Kreuzer, M., Boulos, S., Diener, S. & Mathys, A. (2020). Biowaste treatment with black soldier fly larvae: Increasing performance through the formulation of biowastes based on protein and carbohydrates. *Waste Management*, 102, 319–329. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.036>
- Green, J.M.H., Croft, S.A., Durán, A.P., Balmford, A.P., Burgess, N.D., Fick, S., Gardner, T.A., Godar, J., Suavet, C., Virah-Sawmy, M., Young, L.E. & West, C.D. (2019). Linking global drivers of agricultural trade to on-the-ground impacts on biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116 (46), 23202–23208. <https://doi.org/10.1073/pnas.1905618116>
- Gönczi, M. (2020). *Miljöeffekter av bekämpningsmedel*. <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/SLU-Centrum-for-kemiska-bekampningsmedel-i-miljon/information-om-bekampningsmedel-i-miljon1/exponering-och-miljoeffekter/> [2023-03-23]
- Göteborgs Universitet (2022). *Varför matas odlad fisk med fisk?* Tillgänglig: <https://www.gu.se/swemarc-marint-vattenbruk/18-varfor-matas-odlad-fisk-med-fisk> [2023-03-03]
- Holtermans, B. (2023). *Understanding the Life Cycle of the Black Soldier Fly*. <https://www.insectschool.com/uncategorized/understanding-the-life-cycle-of-the-black-soldier-fly/> [2023-03-27]
- Isibika, A., Vinnerås, B., Kibazohi, O., Zurbrügg, C. & Lalander, C. (2021). Co-composting of banana peel and orange peel waste with fish waste to improve conversion by black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.), Diptera: Stratiomyidae) larvae. *Journal of Cleaner Production*, 318, 128570. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128570>
- Jordbruksverket (2022). *Giftfri miljö*. <https://jordbruksverket.se/jordbruket-miljon-och-klimatet/giftfri-miljo> [2023-03-22]
- Kemikalieinspektionen (2021 a.). *Admiral 10 EC*. Tillgänglig:

- <https://apps.kemi.se/BkmRegistret/Kemi.Spider.Web.External/Produkt/Details?produktId=10591&produktVersionId=10593> [2023-02-06]
- Kemikalieinspektionen (2021 b.). *Conserve*. Tillgänglig:
<https://apps.kemi.se/BkmRegistret/Kemi.Spider.Web.External/Produkt/Details?produktId=10145&produktVersionId=10149> [2023-02-06]
- Kemikalieinspektionen (2021 c.). *Flexity*. Tillgänglig:
<https://apps.kemi.se/BkmRegistret/Kemi.Spider.Web.External/Produkt/Details?produktId=11520&produktVersionId=17553> [2023-02-06]
- Kemikalieinspektionen (2021 d.). *Floramite 240 SC*. Tillgänglig:
<https://apps.kemi.se/BkmRegistret/Kemi.Spider.Web.External/Produkt/Details?produktId=11467&produktVersionId=18415> [2023-02-06]
- Kemikalieinspektionen (2021 e.). *Fungazil 100*. Tillgänglig:
<https://apps.kemi.se/BkmRegistret/Kemi.Spider.Web.External/Produkt/Details?produktId=11389&produktVersionId=11389> [2023-02-06]
- Kemikalieinspektionen (2021 f.). *Nissorun SC*. Tillgänglig:
<https://apps.kemi.se/BkmRegistret/Kemi.Spider.Web.External/Produkt/Details?produktId=15430&produktVersionId=20087> [2023-02-06]
- Kemikalieinspektionen (2021 g.). *Previcur Energy*. Tillgänglig:
<https://apps.kemi.se/BkmRegistret/Kemi.Spider.Web.External/Produkt/Details?produktId=12137&produktVersionId=12137> [2023-02-06]
- Kemikalieinspektionen (2021 h.). *Switch 62.5 WG*. Tillgänglig:
<https://apps.kemi.se/BkmRegistret/Kemi.Spider.Web.External/Produkt/Details?produktId=10882&produktVersionId=10886> [2023-02-06]
- Kemikalieinspektionen (2021 i.). *TEPPEKI*. Tillgänglig:
<https://apps.kemi.se/BkmRegistret/Kemi.Spider.Web.External/Produkt/Details?produktId=11885&produktVersionId=11885> [2023-02-06]
- Kemikalieinspektionen (2021 j.). *Topas 100 EC*. Tillgänglig:
<https://apps.kemi.se/BkmRegistret/Kemi.Spider.Web.External/Produkt/Details?produktId=6297&produktVersionId=15920> [2023-02-06]
- Kreuger, J., Graaf, S., Patring, J. & Adielsson, S. (2009). *Bekämpningsmedel i vattendrag från områden med odling av trädgårdsgrödor under 2008*. Swedish University of Agricultural Sciences. Division of Water Quality Management. http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=5511&pid=diva2%3A770464&c=1&searchType=SIMPLE&language=sv&query=bek%C3%A4mpningsmedel+i+vattendrag+fr%C3%A5n+omr%C3%A5den+med+odling+av+tr%C3%A4dg%C3%A5rdsgr%C3%B6dor+under+2008&af=%5B%5D&aq=%5B%5B%5D%5D&aq2=%5B%5B%5D%5D&aqe=%5B%5D&noOfRows=50&sortOrder=author_sort_asc&sortOrder2=title_sort_asc&onlyFullText=false&sf=all [2023-03-06]
- Kroeckel, S., Harjes, A.-G.E., Roth, I., Katz, H., Wuertz, S., Susenbeth, A. & Schulz, C. (2012). When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute — Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 364–365, 345–352. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.08.041>
- Lalander, C., Diener, S., Magri, M.E., Zurbrugg, C., Lindström, A. & Vinnerås, B. (2013). Faecal sludge management with the larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) — From a hygiene aspect. *Science of The Total Environment*, 458–460, 312–318. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.033>

- Lalander, C., Diener, S., Zurbrügg, C. & Vinnerås, B. (2019). Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Journal of Cleaner Production*, 208, 211–219. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.017>
- 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*, 35 (1), 261–271. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0235-4>
- Lalander, C., Nordberg, Å. & Vinnerås, B. (2017). A comparison in product-value potential in four treatment strategies for food waste and faeces – assessing composting, fly larvae composting and anaerobic digestion. *GCB Bioenergy*, 10 (2), 84–91. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12470>
- Lalander, C., Senecal, J., Gros Calvo, M., Ahrens, L., Josefsson, S., Wiberg, K. & Vinnerås, B. (2016). Fate of pharmaceuticals and pesticides in fly larvae composting. *Science of The Total Environment*, 565, 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.147>
- Li, R., Pan, X., An, X., Wang, K., Dong, F., Xu, J., Liu, X., Wu, X. & Zheng, Y. (2021). Monitoring the behavior of imazalil and its metabolite in grapes, apples, and the processing of fruit wine at enantiomeric level. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101 (13), 5478–5486. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11196>
- Lievens, S., Poma, G., Smet, J., Van Campenhout, L., Covaci, A. & Van Der Borgh, M. (2021). Chemical Safety of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia Illucens*), Knowledge Gaps and Recommendations for Future Research: a Critical Review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7, 1–14. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0081>
- Lindberg, L., Vinnerås, B. & Lalander, C. (2022). Process efficiency in relation to enzyme pre-treatment duration in black soldier fly larvae composting. *Waste Management*, 137, 121–127. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.10.033>
- Lindberg, L. (2018). *Utsläpp av växthusgaser och ammoniak under fluglarvskompostering*. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-372893> [2023-03-29]
- Lopes, I.G., Yong, J.W. & Lalander, C. (2022). Frass derived from black soldier fly larvae treatment of biodegradable wastes. A critical review and future perspectives. *Waste Management*, 142, 65–76. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.02.007>
- Löfkvist, K. (2020). *Kemikalieläckage från växthus - en kartläggning och beskrivning av nuläget samt investeringsbehov*. Skåne: HIR. <https://jordbruksverket.se/download/18.1e38b19c17ed7499d8ac221/1644311104640/Kemikalielackage-fran-vaxthus-slutrapport-tga.pdf>
- Löfkvist, K., Hansson, T., Svensson, S.A. (2009). *Förluster av växtskyddsmedel till omgivande mark och vatten vid användning i svenska växthus – en genomgång av möjliga riskmoment*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap. https://pub.epsilon.slu.se/3661/1/LTJ-rapport_2009_6.pdf [2023-03-06]
- Mungkung, R., Aubin, J., Prihadi, T.H., Slembrouck, J., van der Werf, H.M.G. & Legendre, M. (2013). Life Cycle Assessment for environmentally sustainable aquaculture management: a case study of combined aquaculture systems for carp and tilapia. *Journal of Cleaner Production*, 57, 249–256. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.05.029>
- Myers, H.M., Tomberlin, J.K., Lambert, B.D. & Kattes, D. (2008). Development of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae fed dairy manure. *Environmental Entomology*, 37 (1), 11–15. Tillgänglig: [https://doi.org/10.1603/0046-225x\(2008\)37\[11:dobsfd\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1603/0046-225x(2008)37[11:dobsfd]2.0.co;2)

- Newton, L., Sheppard, D.C., Watson, D.W., Burtle, G., Dove, C.R., Tomberlin, J. & Thelen, E.E. (2005). The black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a manure management/resource recovery tool. - Tillgänglig: https://www.researchgate.net/publication/237345975_The_black_soldier_fly_Hermetia_illucens_as_a_manure_managementresource_recovery_tool
- Nguyen, T.T.X., Tomberlin, J.K. & Vanlaerhoven, S. (2015). Ability of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae to Recycle Food Waste. *Environmental Entomology*, 44 (2), 406–410. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1093/ee/nvv002>
- Oliveira, F., Doelle, K., List, R. & O'Reilly, J.R. (2015). Assessment of Diptera: Stratiomyidae, genus *Hermetia illucens* (L., 1758) using electron microscopy. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 147–152. https://www.researchgate.net/publication/305378530_Assessment_of_Diptera_Stratiomyidae_genus_Hermetia_illucens_L_1758_using_electron_microscopy
- Purkayastha, D. & Sarkar, S. (2022). Sustainable waste management using black soldier fly larva: a review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19 (12), 12701–12726. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03524-7>
- Purschke, B., Scheibelberger, R., Axmann, S., Adler, A. & Jäger, H. (2017). Impact of substrate contamination with mycotoxins, heavy metals and pesticides on growth performance and composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for use in the feed and food value chain. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34, 1410–1420. <https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1299946>
- Salomone, R., Saija, G., Mondello, G., Giannetto, A., Fasulo, S. & Savastano, D. (2017). Environmental impact of food waste bioconversion by insects: Application of Life Cycle Assessment to process using *Hermetia illucens*. *Journal of Cleaner Production*, 140, 890–905. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.154>
- Sánchez-Muros, M.-J., Barroso, F.G. & Manzano-Agugliaro, F. (2014). Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 16–27. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.068>
- Sealey, W.M., Gaylord, T.G., Barrows, F.T., Tomberlin, J.K., McGuire, M.A., Ross, C. & St-Hilaire, S. (2011). Sensory Analysis of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*, Fed Enriched Black Soldier Fly Prepupae, *Hermetia illucens*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42 (1), 34–45. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2010.00441.x>
- Shalaby, A., El-Sheikh, E.-S., Refaat, A. & Ragheb, D. (2022 a). Residue analysis and associated risk assessment of hexythiazox and spinosad applied on strawberry plants. *Egyptian Journal of Chemistry*, 65 (11), 489–498. <https://doi.org/10.21608/ejchem.2022.116664.5269>
- Shalaby, A.A., Seloma, A.S.O. & Shalaby, M.A. (2022 b). Study of Bifenazate, Indoxacarb and Emamectin Benzoate Residues on Tomato. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 13 (7), 169–174. <https://doi.org/10.21608/jppp.2022.148670.1086>
- Sharma, K.K., Shukla, V.R., Patel, A.R., Vaghela, K.M., Patel, H.K., Shah, P.G., Banerjee, H., Banerjee, T., Hudait, R.K., Sharma, D., Sahoo, S.K., Singh, B. & Tripathy, V. (2016). Multilocation field trials for risk assessment of a combination fungicide Fluopicolide + Propamocarb in tomato. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188 (11), 604. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5610-y>
- Sheppard, D.C., Newton, G.L., Thompson, S.A. & Savage, S. (1994). A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresource Technology*, 50 (3), 275–279. Tillgänglig: [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(94\)90102-3](https://doi.org/10.1016/0960-8524(94)90102-3)

- St-Hilaire, S., Sheppard, C., Tomberlin, J.K., Irving, S., Newton, L., McGuire, M.A., Mosley, E.E., Hardy, R.W. & Sealey, W. (2007). Fly Prepupae as a Feedstuff for Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38 (1), 59–67.
Tillgänglig: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00073.x>
- Surendra, K.C., Olivier, R., Tomberlin, J.K., Jha, R. & Khanal, S.K. (2016). Bioconversion of organic wastes into biodiesel and animal feed via insect farming. *Renewable Energy*, 98, 197–202. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.022>
- Sveriges miljömål (2023). *Giffri miljö*. Tillgänglig: <https://sverigesmiljomal.se/miljomalen/giffri-miljo/> [2023-03-02]
- Sveriges miljömål (u.å.). *Sveriges miljömål*. <https://sverigesmiljomal.se/miljomalen/> [2023-03-06]
- Sveriges vattenmiljö (2018). *Påverkas växter och djur i våra vatten av bekämpningsmedel?* <https://www.sverigesvattenmiljo.se/artiklar/paverkas-vaxter-och-djur-i-vara-vatten-av-bekampningsmedel> [2023-04-16]
- Szpyrka, E. & Sadło, S. (2009). Disappearance of Azoxystrobin, Cyprodinil, and Fludioxonil Residues on Tomato Leaves in a Greenhouse. *Journal of Plant Protection Research*. <https://doi.org/10.2478/v10045-009-0030-4>
- USDA (2018). Soybeans, mature seeds, raw.
Tillgänglig: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/174270/nutrients> [2023-02-28]
- Uzuner, S. & Cekmecelioglu, D. (2019). Chapter 3 - Enzymes in the Beverage Industry. I: Kuddus, M. (red.) *Enzymes in Food Biotechnology*. Academic Press. 29–43.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813280-7.00003-7>
- Wang, S., Jin, F., Cao, X., Shao, Y., Wang, J., She, Y., Qi, Y., Zhang, C., Li, H., Jin, M., Wang, J., Shao, H. & Zheng, L. (2018). Residue behaviors and risk assessment of flonicamid and its metabolites in the cabbage field ecosystem. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 161, 420–429. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.05.074>
- Wang, Y.-S. & Shelomi, M. (2017). Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. *Foods (Basel, Switzerland)*, 6 (10), 91.
<https://doi.org/10.3390/foods6100091>
- Weththasinghe, P., Øvrum Hansen, J., Mydland, L. & Øverland, M. (2021). A systematic meta-analysis based review on black soldier fly (*Hermetia illucens*) as a novel protein source for salmonids. *Reviews in Aquaculture*, 14. <https://doi.org/10.1111/raq.12635>
- Yang, L. & Zhang, Z. (2019). Degradation of six typical pesticides in water by VUV/UV/chlorine process: Evaluation of the synergistic effect. *Water Research*, 161, 439–447. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.06.021>