



Kemiska växtskyddsmedel i jordbruket

en förutsättning för tryggad livsmedelsförsörjning?

Joakim Stattin

Självständigt arbete i biologi • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för ekologi
Uppsala 2023



Kemiska växtskyddsmedel i jordbruket – en förutsättning för tryggad livsmedelsförsörjning?

Joakim Stattin

Handledare: Riccardo Bommarco, SLU, Institutionen för ekologi
Bitr. handledare: Ola Lundin, SLU, Institutionen för ekologi
Bitr. handledare: Maria Lundesjö, Axfoundation
Examinator: Göran Bergkvist, SLU, Institutionen för växtproduktionsekologi

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i Biologi
Kurskod: EX0894
Program/utbildning: Fristående
Kursansvarig inst.: Institutionen för vatten och miljö
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2023
Omslagsbild: Modifierad från Mechanical, A. (2016).
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: växtskydd, kemiska växtskyddsmedel, livsmedelstrygghet, jordbruk, avkastning, odlingssystem, integrerat växtskydd

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för ekologi

Sammanfattning

Jordbruket står inför stora utmaningar under de kommande decennierna. Jordens ökande befolkning driver upp efterfrågan på livsmedel och biobränslen från jordbruket. Men jordbrukets produktion bör inte öka genom att expandera till ytan eftersom det skulle ske på bekostnad av viktiga naturliga habitat. Den totala ytan som finns att nyttja för livsmedelsproduktion kommer därför sannolikt att minska i framtiden. Om mer livsmedel ska produceras på mindre yta måste produktiviteten per ytenhet öka. Historiska produktivetsökningar i jordbruket har i stor utsträckning tillskrivits kemiska insatsmedel i form av gödnings- och växtskyddsmedel men EU har beslutat att unionens medlemsländer ska halvera användandet av kemiska växtskyddsmedel till år 2030. Kritiska röster menar att jordbrukets förmåga att producera livsmedel kommer minska, vilket kan komma att riskera livsmedelstryggheten, om EU:s målsättning nås. Syftet med den här studien var att redogöra för i vilken utsträckning jordbrukets avkastning är beroende av växtskydd i allmänhet och kemiska växtskyddsmedel i synnerhet. Genom en litteraturstudie sammanställs, presenteras och analyseras tidigare forskning inom området. Resultaten visar att jordbruket är helt beroende av växtskydd och att avkastning uppskattningsvis skulle minska med 50–80 % om inget växtskydd bedrevs. Jordbrukets avkastning är i dagsläget även mycket beroende av kemiska växtskyddsmedel. Beroende på hur stor andel av användandet av de kemiska växtskyddsmedlen som fasas ut och i vilken utsträckning andra förändringar av odlingssystemen genomförs, kommer effekterna på avkastningen att bli mer eller mindre stora. Hur stora dessa effekter skulle bli är svårt att förutse eftersom det råder en brist på forsknings- och dataunderlag. Försök att göra skattningar från en rad källor visar att om kemiska växtskyddsmedel helt fasas ut och inga andra förändringar av odlingssystemen genomförs kommer minst 34 % av jordbrukets befintliga avkastning att gå förlorad. Om odlingssystemen förändras för att kompensera för utfasningen kommer skördeförlusterna kunna begränsas till, i bästa fall, cirka 20 %. En bred omställning till ett jordbruk som drivs enligt det integrerade växtskyddets principer och som halverar sitt användande av kemiska växtskyddsmedel skulle uppskattningsvis leda till en minskad avkastning om 5–13 %. För att framgångsrikt minska användandet av kemiska växtskyddsmedel och samtidigt upprätthålla jordbrukets avkastning är det viktigt att både öka antalet grödor i växtföljden och antalet växtskyddsåtgärder, både preventiva och kurativa, i linje med det integrerade växtskyddets principer. Ett halverat användande av kemiska växtskyddsmedel kommer sannolikt leda till att produktionen av livsmedel minskar även om mycket kan göras för att minskningen ska bli så liten som möjligt. Det betyder dock inte nödvändigtvis att framtidens livsmedelstrygghet är hotad eftersom livsmedelsproduktionen bara är den första länken av flera, i en lång kedja, från jord till bord.

Nyckelord: växtskydd, kemiska växtskyddsmedel, livsmedelstrygghet, jordbruk, avkastning, odlingssystem, integrerat växtskydd

Abstract

The agricultural sector faces major challenges in the coming decades. The world's increasing population is driving up the demand for food and biofuel production. But the availability of agricultural land is limited, and production should not expand into the few natural habitats that still remain. The total area that can be used for food production is therefore likely to decrease in the future. If more food is to be produced on less land, productivity per area unit must increase. Major increases in productivity within the agriculture sector have historically been largely attributed to chemical inputs, i.e. fertilizers and pesticides, but the EU has decided that the Union's member states must reduce their use of pesticides by 50 % by the year 2030. Critics claim that food production will decrease, and threaten food security, if the targets of the EU are reached. The purpose of this study was to account for the extent to which crop yields are dependent on plant protection in general and chemical pesticides in particular. By using the methods of a literature review, previous research within the field is compiled, presented and analysed. The results of the review show that the agricultural sector is completely dependent on crop protection and that yields are estimated to decrease 50–80 % in the absence of crop protection. Crop yields are currently also highly dependent on pesticides. Depending on the extent to which the use of pesticides is phased out, and to what extent other changes to the cropping systems are carried out, yield effects will vary. How big these effects would be is difficult to predict because of the lack of available research and data. Attempts to make estimates from a range of sources show that if pesticides are completely phased out and no other changes to the cropping systems are implemented, at least 34 % of current yields will be lost. If the cropping systems are adjusted to compensate for the reduced use of pesticides, yield losses can be limited to, at best, around 20 %. A broad transition to the practices and principles of integrated pest management, parallel to a 50 % reduction in the use of pesticides, would lead to an estimated yield reduction of 5–13 %. In order to successfully reduce the use of pesticides while at the same time maintaining crop yields, it is important to increase both the number of crops in the crop rotation and the number of plant protection methods, both preventive and curative, in line with the principles of integrated pest management. A 50 % reduction in the use of pesticides will likely lead to a reduction in food production, although much can be done to make the reduction as small as possible. However, this does not necessarily mean that future food security is threatened since food production is only the first of several links in a long chain from farm to fork.

Keywords: crop protection, pesticides, food security, agriculture, yield, cropping system, integrated pest management

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	6
Figurförteckning	7
1. Inledning	8
1.1 Syfte	10
1.2 Frågeställningar	10
1.3 Avgränsningar	10
1.4 Bakgrund.....	11
1.4.1 Växtskydd genom historien.....	11
1.4.2 Växtskydd i dagens jordbruk.....	13
1.4.3 Den stora utmaningen	15
1.4.4 Politisk styrning.....	17
2. Metod	20
3. Resultat	21
3.1 Hur ser förhållandet ut mellan växtskydd och avkastning inom jordbruket?	21
3.1.1 Faktiska förluster	21
3.1.2 Potentiella förluster	23
3.1.3 Växtskyddseffektivitet	23
3.2 Vilka effekter på jordbrukets avkastning kan vi förvänta oss om kemiska växtskyddsmedel helt eller delvis fasas ut?	24
3.2.1 Resultat från Frankrike	24
3.2.2 Resultat från USA	28
3.2.3 Resultat från Frankrike och Spanien	29
4. Diskussion	32
4.1 Resultatdiskussion	32
4.1.1 Kemiska växtskyddsmedel fasas ut helt.....	33
4.1.2 Kemiska växtskyddsmedel fasas ut delvis	34
4.2 Metoddiskussion	38
4.3 Slutsatser	40
Referenser.....	42
Tack 48	

Tabellförteckning

Tabell 1. Faktiska och potentiella förluster, alla skadegörare	22
Tabell 2. Faktiska förluster, skadedjur och patogener.	23
Tabell 3. Växtskyddseffektivitet.	24
Tabell 4. Jordbrukets avkastning som effekt av olika grad minskat användande av kemiska växtskyddsmedel.	25
Tabell 5. Faktiska och potentiella förluster till ogräs samt växtskydds- och herbicideffektivitet.	31

Figurförteckning

Figur 1. Det integrerade växtskyddets hierarkiskt ordnade växtskyddsåtgärder	15
Figur 2. Jordbrukets stora utmaning	17

1. Inledning

När den här uppsatsen författas, hösten 2022, befinner sig världen i efterdyningarna av Covid-19 pandemin samtidigt som Rysslands anfallskrig i Ukraina fortsätter att rasa med full kraft. Båda dessa världsomvälvande händelser har fört med sig omätbara nivåer av mänskligt lidande och på många sätt förändrat människors liv och vardag i grunden.

Utan att på något vis försöka rangordna de konsekvenser som följer i spåren av både pandemi och krig har jag fattat intresse för ett väldigt viktigt och, på förekommen anledning, aktuellt område – livsmedelstrygghet. Livsmedelstrygghet, eller, tryggad livsmedelsförsörjning existerar, enligt definitionen från 1996 års World Food Summit, när ”alla människor, vid alla tillfällen, har fysisk och ekonomisk tillgång till säker och näringsrik mat som möter de krav som deras behov och preferenser ställer för att kunna leva ett aktivt och hälsosamt liv” [”all people, at all times, have physical and economic access to sufficient safe and nutritious food that meets their dietary needs and food preferences for an active and healthy life”] (The World Bank Group, u.å.).

Definitionen innefattar flera dimensioner som samtidigt ska vara uppfyllda för att livsmedelstrygghet kan anses existera. I begreppet inbegrips inte bara produktion av, och tillgång till, mat utan även matens kvalitet och näringsinnehåll samt hushållens ekonomiska förmåga att anskaffa mat kontinuerligt över tid (The World Bank Group, u.å.).

Under pandemin aktualiserades frågor relaterade till livsmedelstrygghet för många, om inte alla, länder när gränser stängdes, distributionskedjor bröts och den globala handeln rubbades i grunden. Kriget mellan Ryssland och Ukraina anstränger den globala handeln av livsmedel ytterligare. De båda länderna är två utav världens viktigaste spannmålsexportörer och står tillsammans för bland annat 30 % av den globala exporten av vete (OECD/FAO, 2022).

Med ovan nämnda kriser som en dyster fondvägg kommer den här uppsatsen handla om livsmedelstrygghet men fokus kommer inte ligga på handel och distribution utan på jordbrukets förmåga att producera livsmedel. Som biologistudent är jag intresserad av den del av jordbrukets livsmedelsproduktion som handlar om att skydda skörden från att gå förlorad till följd av angrepp eller konkurrens från olika skadegörande organismer. Detta område kallas för *växtskydd* och utgörs av en lång rad åtgärder inom olika kategorier som syftar till att skydda grödor från att gå förlorade före och efter skörd (Oerke, 2006). Växtskyddet som bedrivs innan skörd kan ytterligare delas in i preventiva och kurativa åtgärder. En preventiv åtgärd kan

till exempel vara att bearbeta jorden i åkern eller att variera växtföljden och på så vis förebygga konkurrens från ett visst ogräs. Kurativa åtgärder är i stället reaktiva och sätts in först efter att ett angrepp från, till exempel, ett skadedjur har skett (Morales et al., 2021). Denna litteraturstudie kommer fokusera på det kurativa växtskyddsarbetet som bedrivs ute på åkrarna före skörd.

De skadegörande organismer som växtskyddsarbetet ska skydda grödorna från kan delas in i tre kategorier – ogräs, skadedjur och patogener (bakterier, svampar och virus) (Oerke, 2006). Begreppet växtskadegörare används ofta för att beskriva skadedjur och patogener inom växtskyddsområdet. Vanligtvis inbegrips dock inte ogräs i begreppet och mig veterligen finns det inget samlingsbegrepp för alla tre kategorier av skadegörande organismer. Jag kommer dock för enkelhetens skull att härnäst använda ordet skadegörare för att beskriva dessa tre kategorier av organismer.

Kemiska växtskyddsmedel har länge varit en hörnsten i det moderna växtskyddet (Jacquet et al., 2022). Kemiska växtskyddsmedel är en kategori av bekämpningsmedel så för att reda ut vad ett kemiskt växtskyddsmedel är behöver bekämpningsmedel först definieras:

Bekämpningsmedel är kemiska eller biologiska produkter som är till för att förhindra att djur, växter eller mikroorganismer orsakar skada på egendom eller skadar människors eller djurs hälsa. De egenskaperna gör att bekämpningsmedel också kan orsaka skada på hälsan eller miljön. Därför är det viktigt att bekämpningsmedel är godkända och används på rätt sätt. Ett bekämpningsmedel kan vara antingen en biocidprodukt eller ett växtskyddsmedel beroende på vilket användningsområde det har. (Kemikalieinspektionen, 2022)

Av kemikalieinspektionens definition kan utläsas att kemiska växtskyddsmedel är icke-biologiska bekämpningsmedel som är till för att förhindra att djur, växter eller mikroorganismer orsakar skada på de grödor som odlas. Kemiska växtskyddsmedel kan i sin tur delas in i kategorier utefter vilken typ av skadegörare det ska bekämpa. De tre mest förekommande kategorier av kemiska bekämpningsmedel är herbicider, insekticider och fungicider som används för att bekämpa ogräs, insekter respektive svampar (Jacquet et al., 2022).

Kemiska växtskyddsmedel ifrågasätts idag som insatsmedel i jordbruket i allt fler länder då dess skadeverkningar på både miljö och människa, som också belyses av Kemikalieinspektionens definition, numera är obestridbara (Geiger, 2010; Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019). Över tid leder också ofta användandet av kemiska växtskyddsmedel till att resistens utvecklas hos skadegörarna vilket innebär att färre och färre växtskyddsmedel har tillfredsställande effekt (Dehne & Schönbeck, 1994). Av dessa anledningar har EU satt upp mål om att användandet av kemiska växtskyddsmedel ska halveras till år 2030 och ersättas av andra växtskyddsåtgärder (EU-kommissionen, 2020). Även Sverige har, precis som

många andra EU-länder, under flera decennier arbetat för att minska användandet av kemiska växtskyddsmedel genom olika nationella handlingsprogram (Miljödepartementet, 2022).

Att på ett hållbart sätt öka livsmedelsproduktionen inom jordbruket, för att möta en ökande efterfrågan från en växande befolkning, samtidigt som ett av växtskyddets viktigaste insatsmedel, de kemiska växtskyddsmedlen, ska fasas ut är en stor och intressant utmaning. Det är denna utmaning jag vill utforska i denna litteraturstudie.

1.1 Syfte

Denna litteraturstudie syftar till att redogöra för i vilken utsträckning jordbrukets avkastning är beroende av växtskydd i allmänhet och kemiska växtskyddsmedel i synnerhet.

1.2 Frågeställningar

För att uppnå studiens syfte kommer följande frågeställningar att besvaras:

- Hur ser förhållandet ut mellan växtskydd och avkastning inom jordbruket?
- Vilka effekter på jordbrukets avkastning kan vi förvänta oss om kemiska växtskyddsmedel helt eller delvis fasas ut?

1.3 Avgränsningar

I den mån det varit möjligt har artiklar som behandlar odlingssystem som producerar jordbruksgrödor i tempererade klimat valts ut. Detta eftersom min utgångspunkt är Europa och för att studiens omfattning ska bli hanterbar. Vidare har extra fokus lagts på de två spannmålen vete och majs eftersom de är två av världens mest odlade grödor och därför ofta förekommer i vetenskapliga studier.

Studier som jämför olika odlingssystem med varandra, i synnerhet ekologiskt med konventionellt jordbruk, har i stor utsträckning exkluderats ur underlaget. Detta eftersom ekologiska odlingssystem, utöver användandet av kemiska växtskyddsmedel, även förbjuder användandet av andra kemiska insatsmedel såsom mineralgödsel. Resultat från den typen av studier blir av den anledningen sällan användbara för mitt syfte eftersom det inte går att utläsa kemiska växtskyddsmedels isolerade effekt på jordbrukets avkastning.

De kommande delarna av detta inledande avsnitt kommer att beskriva det historiska och det industrialiserade jordbrukets samevolution med växtskydd och kemiska växtskyddsmedel, för att sedan förklara varför kemiska växtskyddsmedel är i strålkastarljuset i dagens debatt.

1.4 Bakgrund

1.4.1 Växtskydd genom historien

Ända sedan människan lärde sig att bruka jorden för ca 10 000 år sedan har de grödor som hon odlat konkurrerat om resurser med ogräs och utsatts för angrepp från skadedjur och patogener. Till en början bestod det kurativa växtskyddet främst utav manuella metoder som att för hand, eller med enkla verktyg, röja undan ogräs och skadedjur (Oerke, 2006). Utöver den typen av insatser var de tidiga kurativa växtskyddsåtgärderna sannolikt ganska verkningslösa då de baserades på vidskeplighet och mysticism och exempelvis utgjordes av olika offergåvor eller rituella danser (Flint & van den Bosch, 1981).

I området som ofta tillskrivs civilisationens vagga, den bördiga halvmånen i det forna Mesopotamien, dagens Irak (Nationalencyklopedin [NE], u.å.a), omkring år 2500 f.Kr. använde Sumererna svavelföreningar för att bekämpa insekter och kvalster. Omkring 1300 år senare började man i Kina utvinna insekticider ur växter som sedan användes för fröbehandling och gasning. Även kvicksilver och arsenik användes för att bekämpa olika skadegörare vid den här tidpunkten men det är först från några hundra år före Kristus som det finns tecken på att kineserna lärde sig att använda biologiskt växtskydd med hjälp av naturliga fiender (se avsnitt 1.4.2) och justera tidpunkten för sådd för att undvika skadegörare (Flint & van den Bosch, 1981).

Parallellt med utvecklingen av olika tekniker och bekämpningsmedel i kampen mot skadegörare har även människans förståelse för, och utnyttjande av, växtförädling ökat. Det var först år 1865 som den österrikiska ärftlighetsforskaren Gregor Mendel genom sina experiment kunde visa hur egenskaper gick i arv mellan generationer men det dröjde ända till 1900-talets början innan man förstod hur arvsanlag och genetiken bakom de mönster som Mendel bevisade fungerade (NE, u.å.b; NE, u.å.c). Även fast de tidiga jordbrukarna inte hade den genetiska förståelsen har selektion och förädling skett till exempel när frön från individer som överlevt en farsot, och därmed varit resistent, använts för att odla nästa generation grödor. Selektion av den typen har stärkt växtskyddet men många gånger har växtförädling haft motsatt effekt. Domesticerade grödor har genom historien selekterats ut och förädlats baserat på egenskaper som har med smak, utseende och storlek att göra.

Detta har ofta skett på bekostnad av växternas naturliga försvar som utgjorts av vaxlager, trikomer samt ämnen som luktar och smakar illa, för att nämna några (Stenberg, 2017).

Sedan sextioalet har det globala jordbrukets produktion dubblats (Oerke, 2006). Produktivitetsökningen har varit störst i världens utvecklingsländer där produktionen har tredubblats det senaste halvsekle (Pingali, 2012). Det är i huvudsak fyra innovationer – växtförädling, bevattning, kemiska gödningsmedel samt kemiska växtskyddsmedel – som i kombination möjliggjorde den kraftiga produktivitetsökningen som i efterhand har kommit att kallas ”the Green Revolution”. Framtagandet av nya högproduktiva varianter av vete och ris var den första viktiga pusselbiten. Dessa grödor har väldigt stora behov av vatten och näring varför nya bevattningstekniker samt manipulation av jordens näringsinnehåll med hjälp av mineralgödsel var nödvändigt (Oerke, 2006).

Med hjälp av de tre ovan nämnda innovationerna var det möjligt att frångå det traditionella blandjordbrukets mer komplexa odlingssystem med diversifierade växtföljder, djurhållning, bete samt tider av träda. Jordbruket under 1900-talets andra halva har i stället i stora delar av världen kännetecknats av intensifiering, specialisering och rationalisering genom odling av monokulturer på industriell skala. Dessa monokulturer av högproduktiva varianter har dock en relativt låg motståndskraft mot skadegörare på grund av den kraftigt begränsade genetiska diversiteten (Dehne & Schönbeck, 1994). Det är här den fjärde innovationen, som the Green Revolution vilar på, kommer in – kemiska växtskyddsmedel. När många traditionella preventiva växtskyddsåtgärder, som diversifierade landskap och växtföljder, har rationaliserats bort samtidigt som grödornas naturliga försvarsförmåga har försämrats har kemiska bekämpningsmedel blivit en hörnsten som hela jordbrukssektorn förlitar sig på (Jacquet et al., 2022; Stenberg, 2017).

I den industrialiserade världen har beroendet av kemiska växtskyddsmedel varit särskilt tydligt då det har varit helt avgörande för den intensifiering, specialisering och rationalisering av jordbruket som skett. Ett exempel på detta är hur herbicidernas effektiva ogräsbekämpning banade väg för skörd med hjälp av skördetröskan. Herbiciderna säkerställde snabbt, billigt och effektivt att fälten var fria, eller åtminstone till stor del fria, från ogräs vilket var en förutsättning för att skördetröskan skulle fungera effektivt vilket i sin tur var en viktig förutsättning för det moderna jordbrukets effektivitet (Dehne & Schönbeck, 1994).

Användandet av kemiska växtskyddsmedel har dock inte alltid resulterat i ökad produktivitet utan det finns exempel då bruket har varit kontraproduktivt och fått förödande konsekvenser för jordbrukets avkastning. I Indonesien, i slutet av sextioalet, kontrakterade den indonesiska regeringen ett stort antal företag för att

bespruta landets risodlingar med insekticider för att bekämpa insekten *Scirpophaga incertulas*. Några år senare började man se att en annan mycket värre skadegörande insekt, *Nilaparvata lugens*, blev mer och mer vanlig i de besprutade odlingarna. Regeringen svarade genom att införa kraftiga subventioner på insekticider för att ytterligare stimulera användandet. Parallellt med detta introducerade man även ett antal risvarianter som skulle vara resistenta mot angreppen från *N. lugens*. Konsekvenserna blev katastrofala och i slutet av sjuttioalet gick ris till ett värde av en miljard dollar förlorad. I efterhand har man kunnat bevisa att skadeverkningarna av *N. lugens* var positivt korrelerade med användandet av insekticiderna. Den naturliga genetiska variationen hos *N. lugens* gjorde att det fanns tillräckligt många individer som var resistenta mot insekticiderna och samtidigt kunde äta av de resistenta risvarianterna. Eftersom insekticiderna även tog död på *N. lugens* naturliga fiender fick de genetiskt överlägsna individerna fritt spelrum och kunde snabbt konkurrera ut sämre anpassade individer och därmed föröka sig i större utsträckning och, snart nog, dominera populationen. I mitten av åttiotalet började den indonesiska regeringen lyssna på de rådgivare som argumenterade för att insekticiderna inte var lösningen utan, tvärtom, roten till problemet. På kort tid förbjöds användandet av ett stort antal insekticider, subventionerna togs bort och stora utbildningsinsatser inom integrerat växtskydd (se avsnitt 1.4.2) sjuöattes. Studier har visat att insatserna har resulterat i att användandet av insekticider har minskat med 60 % samtidigt som jordbrukets avkastning och vinster har gått upp och den ekonomiska risken för risbönderna har minskat (Settle et al., 1996).

1.4.2 Växtskydd i dagens jordbruk

De växtskyddsåtgärder som står den moderna jordbrukaren till buds kan delas in i tre kategorier; fysiska (ex: mekanisk bekämpning och jordbearbetning), biologiska (ex: varierad växtföljd, val av gröda och naturliga fiender) och kemiska (växtskyddsmedel) (Oerke, 2006). De olika växtskyddsåtgärderna kan kombineras på olika sätt och bildar, tillsammans med övriga arbetssätt och metoder som jordbrukaren använder sig av, ett odlingssystem (Bégué et al., 2018). Det finns sannolikt närapå lika många odlingssystem som det finns odlingar men nedan beskrivs tre viktiga kategorier av odlingssystem som i olika grad förlitar sig på olika växtskyddsåtgärder.

Konventionellt jordbruk

Att definiera konventionellt jordbruk är lättare sagt än gjort. Faktum är att det finns så många olika beskrivningar och tolkningar av vad ett konventionellt jordbruk är att *Global Food Security* i mars i år publicerade en vetenskaplig artikel med titeln *What is 'conventional' agriculture?* Författarna, Sumberg och Giller (2022), problematiserar i artikeln att begreppet används svepande, både i den allmänna debatten och i den vetenskapliga litteraturen. De menar att begreppet används som

ett vapen i debatten som ställer det konventionella jordbruket mot allt annat "alternativt" jordbruk på ett icke konstruktivt sätt. Begreppets innebörd har skiftat från att på femtio- och sextiotalen referera till "vanligt" jordbruk till att från sjuttio- och åttiotalen i stället användas för att kontrastera, och jämföras med, det ekologiska jordbruket. I dag verkar de flesta åtminstone kunna enas om att det konventionella jordbruket förlitar sig på högproduktiva grödor och kemiska insatsmedel för att uppnå hög avkastning (Sumberg & Giller, 2022).

Moderna högproduktiva grödor har ofta en låg motståndskraft mot skadegörare på grund av låg genetisk diversitet. När växtföljden dessutom enbart består av en gröda, som odlas över stora ytor, gynnar det utvecklingen av de skadegörare som associeras med grödan tack vare den goda tillgången av resurser. Konsekvensen blir ofta att användandet av kemiska växtskyddsmedel ökar. Detta leder i sin tur till att naturliga fiender tar skada samtidigt som resistens utvecklas hos skadegörarna och en ond spiral har skapats (Oerke, 2006; Popp et al., 2012).

Ekologiskt jordbruk

Det finns heller ingen universellt accepterad definition av ekologiskt jordbruk. Enligt FN:s livsmedel- och jordbruksorganisation (FAO) har dock alla definitioner gemensamt att det handlar om ett odlingssystem som förlitar sig på ekologiska processer framför externa insatsmedel som kemiska växtskydds- och gödningsmedel (FAO, u.å.). Ekologiska jordbruk genererar i regel lägre avkastning än konventionella jordbruk (Seufert et al., 2012).

Integrerat växtskydd

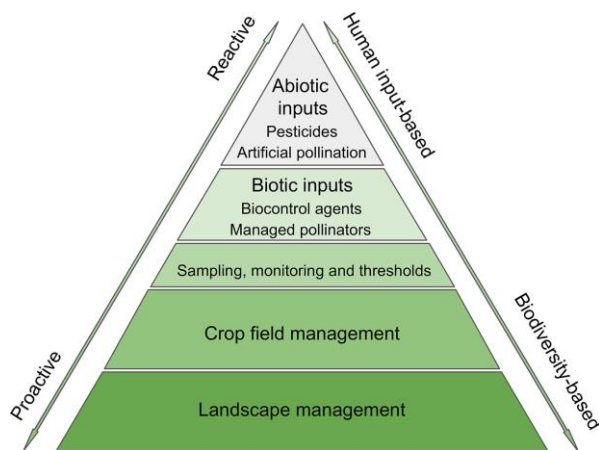
Idén om ett integrerat växtskydd introducerades år 1959 av Stern et al. med följande definition:

Tillämpad skadedjursbekämpning som kombinerar och integrerar biologisk och kemisk kontroll. Kemisk kontroll används vid behov och på ett sätt som är minst störande för biologisk kontroll. Integrerad kontroll kan använda sig av naturligt förekommande biologisk kontroll såväl som biologisk kontroll som utförs av manipulerade eller införda biotiska medel. [Applied pest control which combines and integrates biological and chemical control. Chemical control is used as necessary and in a manner which is least disruptive to biological control. Integrated control may make use of naturally occurring biological control as well as biological control effected by manipulated or introduced biotic agents.] (Stern et al., 1959)

Författarna lägger alltså fokus på det kombinerade användandet av biologisk kontroll och kemiskt växtskydd där biologisk kontroll är prioriterat och kemiskt växtskydd bara används när det är nödvändigt och i minsta möjliga mån påverkar den biologiska kontrollen negativt. Biologisk kontroll är i detta sammanhang naturliga fiender till skadegörare - parasiter, predatorer och patogener - som genom

sin närvaro minskar populationerna av skadegörare. Denna definition av biologisk kontroll är alltså snävare än det som Oerke (2006) lägger in i biologiskt växtskydd. Biologiskt växtskydd, enligt Oerke (2006), är en av tre kategorier av växtskydd där biologisk kontroll men även andra växtskyddsåtgärder av biologisk, och ofta preventiv, karaktär som val av gröda och varierad växtföljd ingår.

Integrerat växtskydd bygger på idén om att de ekonomiska skador som jordbruket lider av skadegörare ska minimeras men inte till vilken kostnad som helst. Målet är inte att utrota skadegörare utan att hålla nere de negativa ekonomiska effekterna de orsakar till acceptabla nivåer. Detta ska uppnås genom att vidta proaktiva åtgärder och använda alla de medel som står till buds men där kemiska växtskyddsmedel alltid är en sista utväg (Stenberg, 2017). Växtskyddsåtgärder som ingår i det integrerade växtskyddet kan kategoriseras och staplas i en pyramid för att illustrera ett hierarkiskt beslutsstödsystem (Figur 1). I botten av pyramiden finns de högst prioriterade och mest proaktiva åtgärder och i toppen finns de lägst prioriterade och mest reaktiva åtgärder. Åtgärder i pyramidens botten grundar sig på biodiversitet och agroekologiska funktioner medan mängden mänskliga insatsmedel ökar för varje nivå i pyramiden. I toppen av pyramiden finns de kemiska växtskyddsmedlen. Pyramidens kärna utgörs av provtagningar, övervakning och gränsvärden vilket illustrerar vikten av ekologisk förståelse, att känna sitt jordbruk och att fatta välinformerade beslut (Lundin et al., 2021).



Figur 1. Det integrerade växtskyddets hierarkiskt ordnade växtskyddsåtgärder (Lundin et al., 2021).

1.4.3 Den stora utmaningen

En ökande efterfrågan

I skrivande stund har jordens befolkning precis passerat 8 miljarder människor. De senaste prognoserna pekar på att populationen kommer att fortsätta växa till 8,5 miljarder år 2030, 9,7 miljarder år 2050 och år 2080 ska befolkningstillväxten nå

sin kulmen vid 10,4 miljarder människor (United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division [UN DESA/POP], 2022).

Fler människor innebär fler munnar att mätta och idag lider redan nästan en miljard människor av kronisk hunger (Foley, 2011). Hunger är inte enbart den enskilt största orsaken till dödsfall i världen utan kronisk hunger och undernäring leder även till att barns tillväxt avstannar, att hjärnan inte utvecklas samt att människor direkt försätts i svält vid händelse av katastrofer (The Hunger Project Sverige, u.å.).

FN:s 193 medlemsländer enades år 2015 om "Agenda 2030" och de 17 globala målen för hållbar utveckling. Ett av målen, "ingen hunger", handlar om att eliminera hungern i världen till år 2030 (FN:s utvecklingsprogram, u.å.). För att nå det målet kommer den globala produktionen av grödor att behöva öka med 24 % de kommande 10 åren. Det motsvarar nästan en dubbling av ökningen som uppnåddes föregående årtionde (OECD/FAO, 2022).

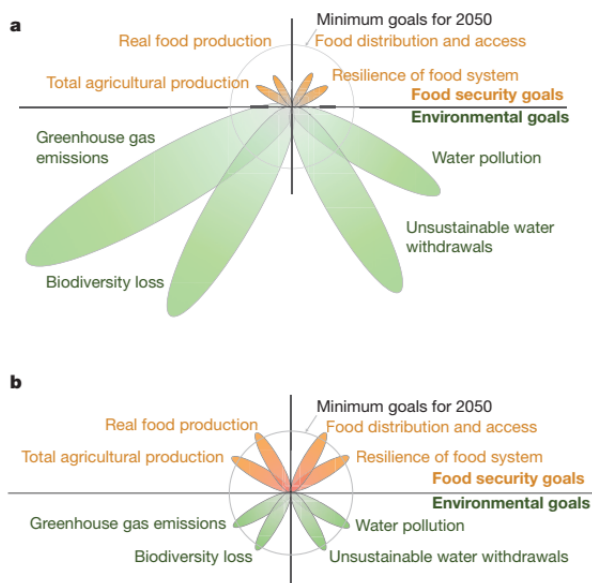
En hållbar produktion

Jordbrukets produktion av livsmedel behöver alltså kraftigt öka under de kommande årtiondena. Ett sätt att öka produktionen är att öka landytan som odlas. Jordbruket nyttjar redan idag den enskilt största landytan på planeten – 38 % av världens terrestra isfria yta används för jordbruk. Resterande delar utgörs till stor del av obrukbara områden som berg, städer, öknar, tundra och naturreservat. En ytterligare expansion skulle således behöva ske på bekostnad av naturliga habitat. Dessa områden finns till stor del i tropiska områden och av den expansion som jordbruket har gjort de senaste 30 åren har också en väsentlig del varit i tropiska områden medan utvecklingen har varit den motsatta i tempererade områden. En vidare expansion av jordbruket på bekostnad av naturliga, vilda habitat bör undvikas av flera anledningar. Dessa områden härbärgerar stora delar av den återstående biodiversiteten och bidrar med helt avgörande ekosystemtjänster. Vidare fungerar dessa, hittills orörda, landområden som stora kolsänkor och avverkning skulle resultera i enorma utsläpp av växthusgaser (Foley, 2011).

Om inte jordbrukets produktion kan öka genom att expandera till ytan återstår enbart alternativet att öka produktiviteten på befintlig yta. Än mer sannolikt är att ytan som används till livsmedelsproduktion kommer minska eftersom en större andel av jordbruket i framtiden kommer upplåtas till produktion av biobränslen (Popp et al., 2012). Som beskrivits tidigare tillskrivs de senaste decenniernas produktivitetsökningar i stor utsträckning kemiska insatsmedel i form av gödnings- och växtskyddsmedel. Dessa insatsmedel ifrågasätts dock numera i allt fler länder eftersom föroreningar, övergödning av sjöar och hav, försämrade markkvalitet och minskad biologisk mångfald, alla är konsekvenser av det intensiva jordbrukets överdimensionerade användning av kemiska insatsmedel (Wittwer et al., 2017).

FN:s mål ”ingen hunger”, som nämnts ovan, handlar inte bara om att få till stånd en livsmedelsproduktion som kan mätta den växande befolkningen utan målet sätter även stort fokus på att produktionen ska vara hållbar. Målet är nedbrutet i flera delmål som bland annat understryker vikten av att livsmedelsproduktionen bevarar den genetiska mångfalden, upprätthåller ekosystemen och successivt förbättrar jord- och markkvaliteten (FN:s utvecklingsprogram, 2022). Att eliminera hungern i världen är dessutom bara ett av de 17 globala målen. Av de övriga 16 målen kan ”hållbar konsumtion och produktion”, ”rent vatten och sanitet för alla”, ”bekämpa klimatförändringarna” och ”ekosystem och biologisk mångfald” nämnas i sammanhanget (FN:s utvecklingsprogram, u.å.).

Jordbrukets stora utmaning utgörs alltså av att möta den ökande efterfrågan genom att öka produktiviteten på ett hållbart sätt. Att minska användningen av kemiska insatsmedel är en av nyckelutmaningarna som jordbruket måste tackla för att minimera sin negativa miljöpåverkan (Wittwer et al., 2017). Foley et al. (2011) sammanfattar den stora utmaning som jordbruket står inför de kommande årtiondena på ett illustrativt sätt i figur 2.



Figur 2. I bildernas övre halva visas fyra avgörande mål för att säkerställa en tryggad livsmedelsförsörjning. Den nedre halvan av bilderna visar fyra avgörande miljömål. **a** illustrerar den nuvarande måluppfyllnadsgraden relativt 2050 års målvärden. **b** illustrerar en hypotetisk situation där både livsmedelsförsörjningen är tryggad och miljömålen uppnås (Foley, 2011).

1.4.4 Politisk styrning

Den europeiska gröna given (the European Green Deal) är ett politiskt initiativ som presenterades av EU-kommissionen i december 2019. Initiativet utgör kommissionens strategi för att tackla de miljö- och klimatrelaterade utmaningar som den kallar ”denna generations definierande uppgift” [”this generation’s

defining task”] (EU-kommissionen, 2019). Den gröna given är en tillväxtstrategi vars långsiktiga och övergripande mål är att EU ska vara klimatneutralt (nettonollutsläpp av växthusgaser) år 2050 samtidigt som unionens ekonomiska tillväxt ska vara fränkopplad dess resursförbrukning. EU-kommissionen understryker att målen inte kan nås utan samarbete med länder utanför unionen. Initiativet är därför en integrerad del i kommissionens arbete med att implementera FN:s ”Agenda 2030” och nå de relaterade målen för hållbar utveckling (EU-kommissionen, 2019).

Jordbruket, eller jordbrukssektorn, är ett av den gröna givens utpekade fokusområden. Som ett styrmedel och verktyg för att nå målen inom jordbrukssektorn presenterade EU-kommissionen några månader efter den gröna given, i maj 2020, den så kallade “från jord till bord-strategin” (the Farm to Fork Strategy) (EU-kommissionen, 2020). Strategin innehåller målsättningar, men också lagförslag, som syftar till att uppnå en omställning till ett rättvist, hälsosamt och miljövänligt livsmedelssystem. Vad gäller jordbrukets produktion av grödor finns det tre konkreta mål som ska vara uppfyllda år 2030:

- Minska användandet av mineralgödsel med 20 %.
- Minska användandet av kemiska, och andra skadliga, växtskyddsmedel med 50 %.
- Öka andelen ekologiskt jordbruk med 25 % (sett till landyta) (EU-kommissionen, 2020).

Att minska användandet av kemiska växtskyddsmedel genom en övergång från konventionella till alternativa odlingssystem är dock inget nytt styrmedel inom EU. Redan år 2009 beslutade EU-parlamentet och EU-rådet om direktiv 2009/128/EC vars ramverk syftar till att uppnå ett hållbart användande av kemiska växtskyddsmedel inom medlemsstaterna. I direktivet ligger stort fokus på vikten av en ökad implementering av det integrerade växtskyddets generella principer och de positiva effekter, för både människa och miljö, som skulle följa av en sådan utveckling. Enligt direktivet måste alla medlemsstater ta fram en handlingsplan där det bland annat ska framgå hur de avser säkerställa att alla professionella jordbrukare har implementerat det integrerade växtskyddets generella principer till den 1 januari 2014 (EU-parlamentet, 2009).

EU har alltså tydliga mål och ambitioner som syftar till att kraftigt minska användandet av kemiska växtskyddsmedel och förändra jordbrukets produktionsmetoder i grunden. Ur ett miljöperspektiv upplevs nog dessa ambitioner som positiva för de flesta. Det finns dock kritiker som varnar för stora och komplexa utmaningar i strategiernas genomförande (Schebesta & Candel, 2020). Andra kritiker pekar på att jordbrukets produktionsförmåga kraftigt skulle minska om

EU:s målsättningar skulle bli verklighet. Det minskade användandet av insatsmedel skulle enligt estimat bland annat leda till att EU:s veteproduktion och totala jordbruksproduktion skulle minska med 49 respektive 12 %. Om jordbruket inom EU lyckades öka sin produktivitet med hjälp av nya teknologier skulle dock den totala produktionsförlusten bara bli 0,4 %. Detta bedöms dock som orealistiskt eftersom det skulle kräva stora investeringar på kort sikt och knappt 30 år av kontinuerliga produktivitetsoökningar. Först då skulle jordbrukets produktivitet ha uppnått de nivåer som krävs för att kompensera för de produktionsförluster som det minskade användandet av insatsmedel skulle resultera i (Beckman et al., 2021).

När den gröna given och från jord till bord-strategin togs fram var det fortfarande fred i Europa. Men, den 24 februari 2022 invaderade Ryssland Ukraina och sedan dess har tidsramen för initiativens målsättningar ifrågasatts från högsta politiska ort. Den 17 mars 2022 höll Frankrikes president Emmanuel Macron en presskonferens där han lyfte sin oro för krigets inverkan på livsmedelstryggheten. Macron menade därför att målen i från jord till bord-strategin eventuellt behöver skjutas på framtiden eftersom de kan resultera i en minskad livsmedelsproduktion och baserades på en värld innan kriget i Ukraina (Struna, 2022).

Livsmedelstrygghet är ett högst aktuellt ämne i dagens Europa. Den bygger på jordbrukets förmåga att producera livsmedel i sådan mängd att efterfrågan kan mötas. I den produktionen har växtskydd alltid spelat en avgörande roll och i modern tid har en av växtskyddets hörnstenar utgjorts av kemiska växtskyddsmedel. När denna hörnsten nu ska tas bort, eller åtminstone halveras, är det både viktigt och brådskande att förstå förhållandet mellan växtskydd, kemiska växtskyddsmedel och jordbrukets avkastning.

2. Metod

Detta arbete är en litteraturstudie av, i huvudsak, vetenskapligt granskat material. Den stora majoriteten av underlaget är hämtat från vetenskapliga artiklar som sökts fram i databasen Web of Science som gjorts tillgänglig genom SLU:s bibliotekstjänst Primo. I viss mån har även källor av icke-vetenskaplig, men likväl trovärdig, karaktär använts, exempelvis hemsidor och material från organisationer och myndigheter såsom OECD, FAO och EU.

Arbetet med att söka fram relevant litteratur har varit dynamiskt och fortlöpt med varierande intensitet under processens samtliga faser. I arbetets inledande skeden användes breda och övergripande sökord för att successivt bli mer specifika och avgränsade vartefter nya kunskaper och insikter erhöles. När efterforskningarna resulterat i en särskilt intressant och relevant artikel har dess referenslista inte sällan varit en givande källa till ytterligare användbart underlag. Det omvända förfarandet, att utgå ifrån en relevant artikel och söka fram de artiklar som i sin tur använt nämnda artikel som källa, är enkelt att genomföra i Web of Science och har också varit ett välanvänt verktyg i arbetet med denna litteraturstudie.

Under hela arbetets gång har en kontinuerlig kontakt hållits med arbetets handledare. Via digitala möten och e-mail har en dialog kring ämnet förts och förslag på vetenskapliga artiklar, webbsidor och sökord har delats.

Sökord i urval som använts i olika kombinationer: pesticide*, "pesticide use", "plant protection product*", "crop protection", "crop protection product*", pest-control, "pest control", "crop yield", "yield loss*", agricultural, "agricultural productivity".

3. Resultat

3.1 Hur ser förhållandet ut mellan växtskydd och avkastning inom jordbruket?

I Galaterbrevet 6:7 kan man läsa att ”det man sår får man också skörda”. Ordspråket syftar på att man får det man förtjänar. Har man ansträngt sig och gjort rätt från början, utan genvägar, kommer skörden att bli god. Man får ”skörda frukten” av sitt hårda arbete som ett annat ordspråk lyder. Men, mellan utsäde och skörd står det ofta många hinder. Vädret är förstås den enskilt största faktorn som jordbrukaren inte kan påverka men likväl måste hantera och anpassa sig efter. Vädret reglerar flera faktorer som strålning, temperatur och vattentillgång som i sin tur har stor påverkan på skörden (Flint & van den Bosch, 1981). Om vi bortser från dessa och andra abiotiska faktorer som näringstillgång kvarstår de biotiska faktorerna ogräs, skadedjur och patogener för jordbrukaren att hantera. Till buds i arbetet med att skydda sin skörd står alla de växtskyddsåtgärder som tidigare beskrivits. Först när skörden är bärgad och vägd kan resultatet av växtskyddsåtgärderna utvärderas och ställas mot jordbrukets avkastning. För att beskriva det förhållandet används måtten faktiska förluster, potentiella förluster och växtskyddseffektivitet. De faktiska förlusterna är den andel av skörden som gick förlorad trots alla de insatser som gjordes för att skydda grödorna. De potentiella förlusterna är skattningar av hur stor andel av skörden som skulle ha gått förlorad ifall inga växtskyddsåtgärder alls hade vidtagits och växtskyddseffektivitet är den andel av de potentiella förlusterna som undviks tack vare växtskyddsåtgärder (Oerke, 2006). Dessa tre mått kan hjälpa oss att förstå hur det gick mellan sådd och skörd. Hur stort var trycket från skadegörare och hur effektiva var de motåtgärder som sattes in? När året ska summeras - hur mycket av det som såddes fick man också skörda?

3.1.1 Faktiska förluster

Tillgängligheten av kvantifierbara data av skördeförluster till följd av skadegörare är begränsad. Detta beror bland annat på att det är väldigt tidskrävande och besvärligt att generera tillförlitliga experimentbaserade data samtidigt som data baserat på observationer av faktiska skördeförluster kan variera kraftigt mellan en odlingssäsong till en annan beroende på till synes godtyckliga och oförutsägbara händelser. Det är dessutom väldigt svårt och problemfyllt att göra rent teoretiska skattningar av skördeförluster (Oerke, 2006). Dessa utmaningar till trots, har det ändå gjorts flera försök att uppskatta hur stora skördeförluster jordbruket lider till följd av skadegörare. En amerikansk studie från 1993 uppskattade att andelen grödor som varje år gick förlorade till följd av skadegörare mellan åren 1942 och

1989 ökade från 31,5 till 37 %. Detta trots alla de växtskyddsåtgärder som vidtogs under perioden och det faktum att användandet av kemiska växtskyddsmedel under samma period ökade 33 gånger om (Pimentel et al., 1993).

Motsvarande siffror på den globala skalan går att hitta i Organisationen för ekonomiskt samarbete och utvecklings (OECD) och FAO:s rapport *Agricultural Outlook*. Här uppskattas att 26–40 % av världens totala produktion av grödor varje år förloras till följd av angrepp eller konkurrens från skadegörare (OECD/FAO, 2012). Detta intervall kan jämföras med 32 % vilket, enligt en tredje skattning, är de sammanvägda globala faktiska förlusterna för några av våra mest odlade grödor; vete, ris, majs, potatis, sojabönor och bomull (Tabell 1). Det kan i sammanhanget även vara intressant att notera att de globala årliga faktiska förlusterna, år 1960–2004, ökade trots att användandet av kemiska växtskyddsmedel under samma period ökade 15–20 gånger (Oerke, 2006).

Tabell 1. Faktiska och potentiella förluster, alla skadegörare.

Artikel	Skadegörare	Grödor	Spatiell skala	Faktiska förluster (%)	Potentiella förluster (%)
Pimentel et al. (1993)	Alla	40 vanligaste	USA	37	-
OECD/FAO (2012)	Alla	Alla	Globalt	26-40	52-80
Oerke (2006)	Alla	Vete, ris, majs, potatis, soja, bomull	Globalt	32	69

Nyligen har de globala faktiska förlusterna skattats av vete, ris, potatis, majs och sojabönor sammanvägt, och gröda för gröda. Denna studie inkluderar dock inte effekten av ogräs i sina beräkningar utan undersöker enbart den negativa påverkan som skadedjur och patogener har på de globala skördenivåerna för dessa fem viktiga grödor (Savary et al., 2019). För att kunna jämföra de faktiska förlusterna från Savary et al. (2019) med resultaten från Oerke (2006) behöver man först utesluta bomull och rensa för ogräsets effekter i den senare studien. När det är gjort kan man konstatera att de båda studierna, trots olika metodik, presenterar väldigt lika resultat. Savary et al. (2019) uppskattade de sammanvägda globala faktiska förlusterna för de fem grödorna till 22,5 % och Oerke (2006) till 23,8 % (Tabell 2).

Tabell 2. Faktiska förluster, skadedjur och patogener.

Artikel	Skadegörare	Grödor	Spatiell skala	Faktiska förluster (%)
Oerke (2006)	Skadedjur och patogener	Vete, ris, majs, potatis, soja	Globalt	23,84
	Skadedjur och patogener	Vete	Globalt	20,50
	Skadedjur och patogener	Majs	Globalt	20,70
Savary et al. (2019)	Skadedjur och patogener	Vete, ris, majs, potatis, soja	Globalt	22,54
	Skadedjur och patogener	Vete	Globalt	21,50
	Skadedjur och patogener	Majs	Globalt	22,60

3.1.2 Potentiella förluster

Eftersom ingen kommersiell, eller rationell, jordbrukare skulle bedriva ett jordbruk där det som odlas lämnades vind för våg och utan hjälp i försvaret mot skadegörare behövs måttet potentiella förluster för att förstå rollen som växtskyddsåtgärder spelar inom jordbruket. OECD/FAO estimerar exempelvis att de globala faktiska skördeförlusterna om 26–40 % hade kunnat dubblas ifall inga växtskyddsåtgärder hade tillämpats. De potentiella förlusterna skulle alltså i värsta fall kunna uppgå till 80 % utan växtskyddsåtgärder (OECD/FAO, 2012). Motsvarande siffra för de sex grödorna vete, ris, majs, potatis, sojabönor och bomull uppskattar Oerke (2006) till 69 % (Tabell 1).

3.1.3 Växtskyddseffektivitet

De globala faktiska skördeförlusterna är alltså substantiella trots alla de insatser som görs för att begränsa dem så mycket som möjligt. Om man subtraherar de faktiska förlusterna från de potentiella får man reda på hur stor del av skörden som undviks gå förlorad tack vare de växtskyddsåtgärder som tillämpas. Tar man sedan den differensen och dividerar med de potentiella förlusterna får man fram växtskyddseffektiviteten, eller andelen av de potentiella förlusterna som undviks tack vare växtskyddsåtgärder (Oerke, 2006).

Formeln kan skrivas: $VE = \frac{PF-FF}{PF}$ där VE står för växtskyddseffektivitet, PF står för potentiella förluster och FF står för faktiska förluster.

Den globala växtskyddseffektiviteten för hela jordbrukets produktion av grödor uppgår därför till 50 % enligt OECD/FAO (2012) och till 54 % för grödorna vete, ris, majs, potatis, sojabönor och bomull enligt Oerke (2006) (Tabell 3).

Tabell 3. Växtskyddseffektivitet.

Artikel	Skadegörare	Grödor	Spatiell skala	Faktiska förluster (%)	Potentiella förluster (%)	Växtskydds-effektivitet (%)
OECD/FAO (2012)	Alla	Alla	Globalt	26-40	52-80	50
Oerke (2006)	Alla	Vete, ris, majs, potatis, soja, bomull	Globalt	32	69	54

3.2 Vilka effekter på jordbrukets avkastning kan vi förvänta oss om kemiska växtskyddsmedel helt eller delvis fasas ut?

3.2.1 Resultat från Frankrike

Den så kallade *Ecophyto 2018-planen* togs fram på uppdrag av den franska presidenten år 2008 med målsättningen att minska användningen av kemiska växtskyddsmedel med 50 % inom 10 år (INRA, 2008). Målet uppnåddes dock inte inom 10-årsperioden och målets slutdatum sköts sedermera fram från år 2018 till år 2025 (Lechenet et al., 2017). Den konkreta målsättningen om en halvering av användandet av kemiska växtskyddsmedel har sedan planen togs fram varit utgångspunkten för flera forskningsrapporters frågeställningar. Resultaten från tre av dessa studier kommer presenteras i detta avsnitt. Studiernas ansats är inte att reda ut hur stora skördeförlusterna skulle bli ifall kemiska växtskyddsmedel fasades ut helt, utan de intresserar sig i stället för hur olika nivåer av minskad användning av kemiska växtskyddsmedel korrelerar med avkastningen inom olika odlingssystem. Eftersom studierna jämför olika odlingssystem, med olika kombinationer av växtskyddsåtgärder, ges även indikationer om vilka växtskyddsåtgärder som bäst kan kompensera för det minskade användandet av kemiska växtskyddsmedel. Vidare har de gemensamt att de använder behandlingsfrekvens [Treatment Frequency Index (TFI)] som mått för användande av kemiska växtskyddsmedel och sätter det i relation till jordbrukets avkastning. Enligt Hossard et al. (2014) beräknas indexet genom att mängden påfört växtskyddsmedel per hektar divideras med den rekommenderade dosen per hektar. Det finns därför en jämförbarhet mellan studierna även fast de har genererat sina dataunderlag på olika sätt samt att deras metodik i övrigt skiljer sig åt i flera avseenden.

Sammantaget visar de tre studierna att det finns goda förutsättningar för att minska användandet av kemiska växtskyddsmedel utan stora negativa konsekvenser på jordbrukets avkastning (Tabell 4). Det franska nationella institutet för agronomisk forskning (ursprungligen INRA, sedan år 2020 INRAE) bedömde det dock som

Tabell 4. Jordbrukets avkastning som effekt av olika grad minskat användande av kemiska växtskyddsmedel.

Artikel	Skadegörare	Växtskyddsåtgärder	Grödor	Spatiell skala	Minskingsgrad (%)	Andel av underlaget (%)	Effekt avkastning (%)
INRA (2010)	Alla	Kemiska växtskyddsmedel	Jordbruksgrödor	Frankrike	50	100	-12
	Alla	Kemiska växtskyddsmedel	Jordbruksgrödor	Frankrike	40	100	-7
	Alla	Kemiska växtskyddsmedel	Jordbruksgrödor	Frankrike	34	100	-6
	Alla	Kemiska växtskyddsmedel	Majs	Frankrike	40	100	+/- 0
Hossard et al. (2014)	Alla	Kemiska växtskyddsmedel	Höstvete	Frankrike	50	100	-5 till -13
	Alla	Kemiska växtskyddsmedel	Höstvete	Frankrike	100	100	-24 till -33
Lechenet et al. (2017)	Alla	Kemiska växtskyddsmedel	Alla	Frankrike	42	59	+/- 0
	Alla	Kemiska växtskyddsmedel	Alla	Frankrike	30	100	+/- 0
	Alla	Kemiska växtskyddsmedel	Alla	Frankrike	6 (H), 39 (F), 86 (I)	39	+
Pimentel et al. (1993)	Alla	Kemiska växtskyddsmedel	Alla (40 vanligaste)	USA	50	100	+/- 0
	Skadedjur (insekter)	Insekticider	Majs	USA	80	100	+
	Ogräs	Herbicider	Majs	USA	60	100	+/- 0

orealistiskt att uppnå det övergripande målet om halverad användning av kemiska växtskyddsmedel till år 2018 i sin rapport *Ecophyto R&D* från år 2010 (INRA, 2010). Denna bedömning visade sig också vara korrekt eftersom målets slutdatum, som nämndes ovan, sköts fram med sju år.

Ambitionen med *Ecophyto R&D* var att, med utgångspunkt i befintliga odlingssystem och tekniker, måla upp tänkbara nationella scenarier vid reducerad användning av kemiska växtskyddsmedel och prognostisera sannolikheten att femtioprocentmålet uppnås. Dataunderlaget hämtades från en rad källor av olika karaktär såsom nationell statistik från myndigheter, experimentdata och undersökningar bland jordbrukare. Författarna till rapporten understryker dock att grunddatans tillgänglighet och kvalitet varierade mycket beroende på vilken del av jordbrukets produktion som undersöktes. En konsekvens av detta var att författarna fick vända sig till olika experter för hjälp med att fylla luckorna genom extrapolering från tillgängliga data (INRA, 2010).

Studiens resultat visar att beroende på vilka grödor som odlas och vilka odlingssystem som tillämpas kommer omställningen att vara mer eller mindre svår och kostsam. För att uppnå femtioprocentmålet vad gäller produktionen av jordbruksgrödor skulle det krävas att hela produktionen ställde om till integrerat växtskydd och ökade antalet grödor i växtföljden. Jordbruksgrödor är enligt INRA:s definition alla grödor som inte är grönsaker eller som kommer från vin-, frukt- eller trädgårdsodlingar. Växter som enbart används till foder, såsom gräs och klöver, exkluderas också ur INRA:s definition av jordbruksgrödor. Trots en så omfattande omställning skulle produktionen av jordbruksgrödor, i detta scenario, minska med 12 % (INRA, 2010).

Skattningen från INRA kan jämföras med resultatet av ett 17-årigt fältexperiment som fokuserade på den gröda som upptar störst odlad yta både i Frankrike och globalt – vete. Experimentet av Hossard et al. (2014) omfattade 176 vetefält fördelade på fyra regioner i Frankrike. Olika odlingssystem tillämpades på fälten så att metoder i enlighet med, inte bara konventionellt och ekologiskt jordbruk, utan även det integrerade växtskyddet praktiserades. Användande av kemiska växtskyddsmedel och skördenivåer mättes så att behandlingsfrekvensen för respektive fält kunde beräknas och relateras till avkastningen med hjälp av statistiska modeller. Resultatet visade att en övergång till integrerat växtskydd och en halvering av användandet av kemiska växtskyddsmedel skulle resultera i 5–13 % lägre avkastning än vad som uppnås vid dagens genomsnittliga behandlingsfrekvens. Studien visade också att en omställning till odlingssystem som inte använder några kemiska växtskyddsmedel alls, men där andra preventiva

och kurativa växtskyddsåtgärder bedrivs, skulle leda till att jordbrukets veteproduktion minskade med 24–33 % (Hossard et al., 2014).

Även om Frankrike, precis som EU, har ett uttalat mål att halvera användandet av kemiska växtskyddsmedel är det inte den enda tänkbara minskningsgraden. INRA (2010) estimerar även hur andra nivåer av minskat användande av kemiska växtskyddsmedel skulle påverka avkastningen för olika grödor. Vid en minskad användning om 40 % skulle till exempel produktionen av jordbruksgrödor minska med 7 %. Detta förutsätter att de odlingssystem som använder kemiska växtskyddsmedel mest intensivt helt överges och att en viss expansion av ekologiskt jordbruk sker samtidigt som ett storskaligt skifte mot integrerat växtskydd genomförs. Det framgår även att det skulle vara möjligt att minska användningen av kemiska växtskyddsmedel med cirka en tredjedel utan att behöva genomföra storskaliga förändringar av själva odlingssystemen. I stället skulle det räcka med betydande förändringar av hur jordbruken bedrivs. Majs lyfts fram som ett exempel där det skulle vara möjligt att minska användandet av kemiska växtskyddsmedel med 40 % utan några effekter på avkastningen, bara genom effektivare besprutning (INRA, 2010).

Den tredje studien från Frankrike, av Lechenet et al. (2017), baseras på observationer från 946 icke-ekologiska kommersiella gårdar med olika odlingssystem och strategier för att hantera skadegörare. Författarna kommer fram till att 59 % av gårdarna har förutsättningar att kunna minska sitt användande av kemiska växtskyddsmedel med 42 % utan att vare sig avkastning eller lönsamhet skulle bli lidande förutsatt att odlingssystemen förändras. Exakt hur gårdarna ska förändra sina odlingssystem för att klara av minskningsgraden och samtidigt upprätthålla avkastning och lönsamhet framgår inte. Däremot framgår att gårdar med hög behandlingsfrekvens ska förändra sina odlingssystem och efterlikna systemen på jämförbara gårdar, som har snarlika odlingsförutsättningar, men låg behandlingsfrekvens. Utslaget på samtliga gårdar i Frankrike skattas att det, givet ovan nämnda omställning av odlingssystemen, skulle vara möjligt att minska användandet av kemiska växtskyddsmedel med 30 % utan att vare sig avkastning eller lönsamhet skulle minska (Lechenet et al., 2017).

Det visade sig dessutom att bara 6 % av gårdarna uppvisade en positiv korrelation mellan behandlingsfrekvens och produktivitet, vilket innebär att produktiviteten på dessa gårdar skulle bli lidande om användandet av kemiska växtskyddsmedel minskade. Omvänt kunde författarna påvisa att det på 39 % av gårdarna rådde en negativ korrelation mellan behandlingsfrekvens och produktivitet. Dessa gårdar skulle alltså kunna uppnå en högre produktivitet genom att minska användandet av kemiska växtskyddsmedel. Störst var potentialen att minska användandet av insekticider (86 %), därefter fungicider (39 %) medan herbicidanvändandet enbart

kunde minskas med 6 %. Sammantaget skulle 77 % av gårdarna kunna minska sitt användande av kemiska växtskyddsmedel, i någon grad, utan att vare sig produktivitet eller lönsamhet skulle minska. Resterande 23 % av gårdarna skulle riskera en nedgång i produktivitet och/eller lönsamhet om de minskade sitt användande av kemiska växtskyddsmedel (Lechenet et al., 2017).

De gårdar där en negativ korrelation mellan behandlingsfrekvens och produktivitet rådde bedrev ofta boskapsskötsel och upplät stora delar av sin mark till majsodlingar och gräsmarker. Cirka hälften av dessa gårdar hade en behandlingsfrekvens över genomsnittet vilket indikerar att ett kraftigt minskat användande av kemiska växtskyddsmedel skulle vara möjligt utan att jordbrukets avkastning skulle påverkas negativt. De gårdar där en positiv korrelation mellan behandlingsfrekvens och produktivitet rådde odlade ofta sockerbeter och potatis, bedrev sällan boskapsskötsel, odlade majs i liten utsträckning och hade inga gräsmarker. För att dessa gårdar skulle kunna minska sitt användande av kemiska växtskyddsmedel, utan att ändra sina odlingssystem, och utan att avkastning eller lönsamhet skulle påverkas negativt krävs nya innovationer som kan ersätta användandet av kemiska växtskyddsmedel (Lechenet et al., 2017).

Sammanfattningsvis visar Lechenet et al. (2017) att en majoritet av gårdarna som ingick i studien skulle kunna nära nog halvera sitt användande av kemiska växtskyddsmedel utan negativa effekter på vare sig avkastning eller lönsamhet förutsatt att de förändrade sina odlingssystem. Författarna poängterar också att en omställning till odlingssystem som i lägre grad förlitar sig på kemiska växtskyddsmedel innebär stora utmaningar eftersom det ökar komplexiteten i att bedriva jordbruket. Förändringar av odlingssystemen skulle ytterligare kunna försvåras på grund av de osäkerheter och ekonomiska risker som är associerade med stora förändringar i allmänhet varför jordbrukarna kommer behöva hjälp, guidning och ekonomiska incitament för att omställningen ska bli lyckosam (Lechenet et al., 2017).

3.2.2 Resultat från USA

I början av nittiotalet genomfördes en studie i USA av Pimentel et al. (1993) med snarlik utgångspunkt som de tre ovan nämnda franska studierna. Författarnas ambition var att uppskatta de miljömässiga och ekonomiska konsekvenserna för det amerikanska jordbruket vid ett halverat användande av kemiska växtskyddsmedel. Tillgängliga data från USA:s jordbruksdepartement (USDA) samlades in och kompletterades med expertutlåtanden. Studien visade att det borde vara möjligt att minska användningen av kemiska bekämpningsmedel i USA med 50 % utan en negativ påverkan på skördenivåerna (Tabell 4). Estimatet omfattar 40 av de mest odlade grödorna där majs och sojabönor ligger i topp och svarar för bland annat 70

% av användningen av herbicider. Reduktionen om 50 % bygger dels på en effektivare applicering av kemiska växtskyddsmedel där författarna pekar på två studier som visar att bara 25–50 % av den besprutning som sker med flygplan når de avsedda områdena. Vidare krävs ett skifte till andra växtskyddsåtgärder och en förändring av odlingssystemen. En nyckelåtgärd som lyfts fram är en återgång till flera grödor i växtföljden, från de kontinuerliga monokulturer som är praxis inom många konventionella odlingar idag (Pimentel et al., 1993).

Insekticidbesprutningen av majs lyfts fram som ett exempel där det skulle vara möjligt att minska besprutningen med hela 80 % om rätt kompensatoriska insatser sattes in. Majs var i USA, vid tillfället som studien skrevs, särskilt utsatt av angrepp från de två insekterna *Ostrinia nubilalis* och *Blissus leucopterus*. Pimentel et al. (1993) menar därför att det genom att använda en växtföljd där majsvarianter som är resistent mot dessa skadegörare roteras med en annan gröda med likartat ekonomiskt värde, som soja, skulle vara möjligt att minska besprutningen med 80 % samtidigt som både avkastning och vinst ökar. Även när det kommer till bekämpning av ogräs i majsodlingar är ett fränsteg från monokulturer med enbart majs i växtföljden ett viktigt verktyg. En växtföljd med soja tillsammans med en ökad mekanisk ogräsbekämpning skulle tillåta en minskad användning av herbicider med 60 % i majsproduktionen utan negativa effekter på avkastning. Författarna estimerar dock att produktionskostnaderna skulle öka med i snitt 30 % eftersom alla alternativa växtskyddsåtgärder och växtföljder inte är lönsamma (Pimentel et al., 1993).

3.2.3 Resultat från Frankrike och Spanien

Ogräs är en kategori av skadegörare och herbicider är den kategori av kemiska växtskyddsmedel som används för att bekämpa ogräsets skadeverkningar inom jordbruket. Olika grödor är olika utsatta av, och sårbara för, olika kategorier av skadegörare. Vete och majs är till exempel mest sårbara för ogräs, och herbicider är därför en viktig del i växtskyddsarbetet med dessa två grödor (Oerke, 2006). Även fast denna uppsats fokus är litteratur som behandlar kemiska växtskyddsmedel som grupp, och inte herbicider specifikt, är en studie om herbiciders relation till jordbrukets avkastning särskilt relevant. Studien av Colbach och Cordeau (2018) undersöker relationen mellan ogräs, avkastning inom jordbruket och olika odlingssystem. Genom att använda en, enligt författarna unikt kraftfull simuleringsmodell, kan olika variabler inom respektive odlingssystem variera och effekten på jordbrukets avkastning läsas av. Avkastningen utgör med andra ord modellens beroende variabel och herbicider, jordbearbetning, växtföljd, bevattning med mera utgör modellens oberoende variabler. Simuleringarnas dataunderlag hämtades från Spanien och Frankrike och baserades på intervjuer med jordbrukare, statistik från jordbruket och olika expertutlåtanden. Mängden

herbicer som användes i simuleringarna uttrycks i termer av HTFI (Herbicide Treatment Frequency Index) vilket är analogt med TFI, som beskrivits tidigare. Modellen möjliggjorde avancerade simuleringar över 27 år och 10 olika väderförhållanden. Genom att exkludera herbicer helt ur simuleringarna, och låta allt annat vara lika, kunde de redovisa herbicidernas direkta effekt på jordbrukets avkastning på kort och lång sikt. Vidare kunde simuleringarna visa vilka odlingssystem som var mest känsliga för en utfasning av herbicer samt hur andra växtskyddsåtgärder påverkade avkastningen (Colbach & Cordeau, 2018).

Resultaten av simuleringarna visade att skördeförlusterna, på kort sikt (ett år), var 19 % när herbicer användes och uppgick till 53 % när herbicer helt togs bort från systemet, men allt annat fick förbli lika. På längre sikt var skördeförlusterna 36 % när herbicer användes och 58 % när herbicer inte användes (Colbach & Cordeau, 2018).

Måtten ”faktiska förluster”, ”potentiella förluster” och ”växtskyddseffektivitet” kan hjälpa oss att förstå relationen mellan jordbrukets avkastning och växtskydd i stort. Resultaten som Colbach och Cordeau (2018) presenterar fyller samma funktion men de beskriver enbart relationen mellan jordbrukets avkastning, ogräs och den delen av växtskyddet som utgörs utav herbicer. Colbach och Cordeau (2018) skulle alltså kunna prata om ”faktiska förluster till ogräs”, ”potentiella förluster till ogräs” och, genom att använda formeln som presenterats i avsnitt 3.1.3, även få fram måttet ”herbicideffektivitet”. Om man genomför den beräkningen framgår det att herbicideffektiviteten är 64 % på kort sikt (ett år) och att den sjunker till 38 % på lång sikt (Tabell 5). Oerke (2006) särredovisar ogräsets effekter på skörden men i måttet växtskyddseffektivitet ingår alla växtskyddsåtgärder som används för att begränsa ogräsets skadeverkningar. De faktiska förlusterna till ogräs uppgår till 9 % och växtskyddseffektiviteten för ogräs uppgår till 74 % enligt Oerke (2006).

Simuleringarna kunde även visa hur avkastningen inom olika odlingssystem påverkades när herbicer uteslöts. De odlingssystem där avkastningen sjönk mest när herbicer togs bort, och alltså hade störst beroende av herbicer, karaktäriserades av att ha enbart en gröda i växtföljden, låg plöjningsfrekvens och ett stort herbicidanvändande. Intressant att notera i sammanhanget är att skördeförlusterna ökade som mest i simuleringar där jordbearbetning exkluderades men allt annat förblev lika. I ett sådant scenario ökade skördeförlusterna från 34 till 66 % på kort sikt (ett år) och från 23 till 42 % på lång sikt (Colbach & Cordeau, 2018).

Tabell 5. Faktiska och potentiella förluster till ogräs samt växtskydds- och herbicideffektivitet.

Artikel	Skadegörare	Växtskyddsåtgärder	Grödor	Temporal skala	Spatuell skala	Faktiska förluster till ogräs (%)	Potentiella förluster till ogräs (%)	Växtskydds-effektivitet (%)	Herbicid-effektivitet (%)
Oerke (2006)	Ogräs	Alla	Vete, ris, majs, potatis, soja, bomull	2001-2003	Globalt	9	34	74	-
Colbach och Cordeau (2018)	Ogräs	Herbicerider	Alla	Ettårig	Spanien, Frankrike	19	53	-	64
	Ogräs	Herbicerider	Alla	Flerårig	Spanien, Frankrike	36	58	-	38

4. Diskussion

4.1 Resultatdiskussion

Syftet med denna litteraturstudie var att redogöra för i vilken utsträckning jordbrukets avkastning är beroende av växtskydd i allmänhet och kemiska växtskyddsmedel i synnerhet. Två frågor skulle besvaras för att uppfylla litteraturstudiens syfte:

- Hur ser förhållandet ut mellan växtskydd och avkastning inom jordbruket?
- Vilka effekter på jordbrukets avkastning kan vi förvänta oss om kemiska växtskyddsmedel helt eller delvis fasas ut?

Uppsatsens resultatavsnitt ger ett entydigt svar på den första frågan. Jordbrukets avkastning är helt beroende av växtskydd. Utan några växtskyddsåtgärder, preventiv eller kurativa, skulle uppskattningsvis hälften av jordbrukets totala avkastning gå förlorad och, i värsta fall, skulle 70–80 % av den uppnåeliga skörden riskera gå förlorad till följd av konkurrens från ogräs och angrepp från skadedjur och patogener (OECD/FAO, 2012; Oerke, 2006).

Olika grödor har olika stor motståndskraft mot skadegörare och är därmed olika beroende av växtskydd. Två av världens mest odlade grödor, vete och majs, kan stå exempel för detta. De globala faktiska förlusterna beräknas, av två oberoende studier, vara 20,5–21,5 % och 20,7–22,6 % för vete respektive majs (Oerke, 2006; Savary et al., 2019). De potentiella förlusterna för de båda spannmålen uppskattades enbart av Oerke (2006). Det gör att det är svårt att bedöma hur nära sanningen estimaten om 50 respektive 69 %, för vete och majs, ligger. För att beräkna växtskyddseffektiviteten för de båda grödorna behöver man likväl förlita sig på Oerkes (2006) skattning. Formeln, som presenterats i avsnitt 3.1.3, resulterar i en växtskyddseffektivitet om 43 respektive 54 % för vete och majs. Intervallet representerar även den totala växtskyddseffektiviteten för produktionen av några av de mest odlade jordbruksgrödorna väl. Utan växtskydd kan vi alltså förvänta oss att skördeförlusterna inom jordbruket skulle dubblas och avkastningen halveras (Oerke, 2006).

Litteraturstudiens andra frågeställning består av två delfrågor. Att besvara dem var en mer komplex uppgift än att besvara den första frågeställningen. Jag har därför valt att dela upp diskussionen av den andra frågeställningen i två delar.

4.1.1 Kemiska växtskyddsmedel fasas ut helt

Enbart två av studierna som jag undersökt i min litteraturstudie försöker, på olika sätt, uppskatta vilka effekter en fullständig utfasning av olika kemiska växtskyddsmedel skulle få på jordbrukets avkastning. Hossard et al. (2014) kom genom sina fältexperiment fram till att 24–33 % av det franska jordbrukets nuvarande produktion av vete skulle gå förlorade om jordbruket helt slutade använda kemiska växtskyddsmedel men samtidigt anpassade sina odlingssystem för att minimera de negativa effekterna på avkastningen som utfasningen av de kemiska växtskyddsmedlen skulle leda till. Simuleringarna som Colbach och Cordeau (2018) genomförde fokuserar visserligen uteslutande på ogräsets effekter på jordbrukets avkastning men deras resultat är likväl intressanta i sammanhanget. Studien visar att utan herbicider skulle skördeförlusterna till ogräs öka från 19 till 53 % på ett år och från 36 till 58 % på lång sikt om inga övriga förändringar av odlingssystemet genomfördes. Beroende på tidsrymd kan man alltså säga att mellan 22 och 34 % av skörden undviks gå förlorad, till följd av konkurrens från ogräs, tack vare herbicider (Colbach & Cordeau, 2018). Intervallen från de båda studierna, 24–33 %, respektive 22–34 %, är väldigt snarlika men där slutar också likheterna.

Hossard et al. (2014) studerar enbart effekterna på vete och i experimenten har samtliga kemiska växtskyddsmedel tagits bort men odlingssystemen har förändrats och andra växtskyddsåtgärder har bedrivits för att minimera de negativa effekterna på avkastningen. Colbach och Cordeau (2018) genomförde simuleringar för att utreda herbiciders direkta effekter på jordbrukets produktion av ett stort antal grödor. När herbicider helt fasades ut, och inga förändringar av odlingssystemen i övrigt genomfördes, ökade skördeförlusterna kraftigt. Det är dock ett orealistiskt scenario eftersom den kemiska bekämpningen, i verkligheten, skulle ha ersatts med andra växtskyddsåtgärder för att minimera de negativa effekterna på avkastningen. Simuleringarna visade också att herbicider inte var den viktigaste växtskyddsåtgärden och att användandet kunde ersättas av andra åtgärder utan att avkastningen påverkades negativt i någon större utsträckning (Colbach & Cordeau, 2018).

Resultaten från Hossard et al. (2014) och Colbach och Cordeau (2018) visar, trots studiernas många olikheter, att stora delar av jordbruket i hög grad förlitar sig på kemiska bekämpningsmedel respektive herbicider för att bekämpa skadegörare och på så vis undvika skördeföruster. En fullständig utfasning av kemiska bekämpningsmedel är dock mer en teoretisk tankeövning än ett realistiskt

framtidsscenario, åtminstone inom en överskådlig framtid. Resultaten från Colbach och Cordeau (2018) utesluter de skadegörande effekter som skadedjur och patogener har på skördenivåerna. Hade dessa två kategorier av skadegörare inkluderats är det rimligt att anta att skördeförlusterna, utan kemiska växtskyddsmedel, hade ökat med mer än 34 %. Enligt samma logik, är det rimligt att anta att skördeförlusterna hade kunnat dämpas ifall anpassningar av odlingssystemen hade genomförts för att kompensera för att kemikalier helt uteslutits som verktyg i växtskyddsarbetet. Det är svårt att jämföra resultaten från de båda studierna men sammanfattningsvis kan man säga att jordbrukets produktion hade minskat med uppskattningsvis 24–33 % om kemiska växtskyddsmedel helt uteslöts som växtskyddsåtgärd men odlingssystemen anpassades för att på bästa sätt kompensera för utfasningen. Hade inga kompensatoriska förändringar av odlingssystemen genomförts hade en total utfasning av kemiska växtskyddsmedel sannolikt lett till att skördeförlusterna ökade med minst 34 % (Colbach & Cordeau, 2018; Hossard et al., 2014).

4.1.2 Kemiska växtskyddsmedel fasas ut delvis

Fyra av artiklarna som jag baserar mina resultat på estimerar hur mycket olika nivåer av minskat användande av kemiska växtskyddsmedel påverkar jordbrukets avkastning. De intresserar sig inte för hur avkastningen inom jordbruket hade svarat på en total utfasning av kemiska växtskyddsmedel. Skattningarna utgår heller inte ifrån scenarion där de kemiska växtskyddsmedlen delvis fasas ut och allt annat inom odlingssystemen förblir lika. I stället jämför man en mängd olika odlingssystem med olika kombinationer av växtskyddsåtgärder och olika nivåer av kemiska växtskyddsmedel. Metodiken skapar förutsättningar för jämförelse mellan olika odlingssystem och kan därmed ge indikationer på vilka system, och kombinationer av växtskyddsåtgärder, som ger högst avkastning med minsta möjliga användande av kemiska växtskyddsmedel. Att angripa problemet på det viset är, enligt mig, mer relevant än att undersöka hur avkastningen inom jordbruket skulle påverkas om de kemiska växtskyddsmedlen fasades ut men allt annat förblev lika. Detta eftersom de olika scenarierna som målas upp är mer verklighetsnära och förankrade i hur dynamiskt jordbruk faktiskt bedrivs. Vidare kan studierna sättas i relation till de aktuella politiska målsättningar som finns inom området både vad gäller att få ner nivåerna av kemiska växtskyddsmedel samt att följa det integrerade växtskyddets principer.

Pimentel et al. (1993) uppskattade att det amerikanska jordbruket skulle kunna minska sitt användande av kemiska växtskyddsmedel med 50 % utan att avkastningen skulle bli lidande. Detta skulle uppnås bland annat genom en mer precis och effektiv besprutning och genom att ersätta monokulturer med mer diversifierade odlingssystem. Resultatet är det mest optimistiska av alla studier i

uppsatsens underlag. Att avkastningen inte skulle påverkas alls av ett halverat bruk av kemiska växtskyddsmedel sticker ut i jämförelse med övriga resultat som presenterats i denna litteraturstudie. Anledningarna till detta kan vara flera. Till att börja med är studien från Pimentel et al. (1993) cirka 20–30 år äldre än övriga studier och mycket kan ha förändrats vad gäller mätmetoder, vilka sorter av grödor som odlas samt vilka metoder och verktyg som används inom jordbruket. Det är exempelvis rimligt att anta att besprutningsteknikerna har förbättrats och blivit mer precisa sedan nittiotalet. Under det senaste decenniet har det globala användandet av kemiska växtskyddsmedel ökat med 50 % jämfört med nittiotalets nivåer (FAO, 2022). Det är därför troligt att beroendet av kemiska växtskyddsmedel i dagens jordbruk är större än det var för 30 år sedan och att en utfasning av den anledningen skulle få större konsekvenser på avkastningen idag än vad den skulle få på nittiotalet.

Studien av Pimentel et al. (1993) utforskar det amerikanska jordbruket när övriga artiklars studieområden är inom Frankrike och Spanien. Vidare var det svårt att utläsa hur Pimentel et al. (1993) gick till väga för att komma fram till sina resultat vilket gör det svårt att bedöma hur resultaten står sig i jämförelse med övriga studiers. Att studien av Pimentel et al. (1993) skiljer sig från de europeiska studierna i så många avseenden är, i min mening, inte bara negativt utan bidrar också med mångfald och perspektiv.

Fältexperimenten som genomfördes av Hossard et al. (2014) presenterade även estimat av hur avkastningen skulle påverkas vid ett halverat användande av kemiska växtskyddsmedel. Resultaten visade att jordbrukets veteproduktion skulle minska 5–13 % i ett sådant scenario (Hossard et al., 2014). Detta kan jämföras med resultatet från INRA (2010) som fastslår att skördeförlusterna av jordbruksgrödor skulle öka med 12 % om besprutningen halverades. De båda studiernas resultat ligger väldigt nära varandra, trots att de undersöker olika omfattning av jordbrukets produktion – vete respektive jordbruksgrödor. Resultaten från studierna bygger även på att samma förändring av odlingssystemen genomförs – en bred omställning till integrerat växtskydd (INRA, 2010; Hossard et al., 2014).

Fältstudien av Lechenet et al. (2017) visar att knappt 60 % av de franska gårdarna som ingick i studien skulle kunna minska sitt användande av kemiska växtskyddsmedel med 42 % utan att avkastningen skulle påverkas. Utslaget på hela det franska jordbruket skattas den potentiella minskningen av behandlingsfrekvensen, utan påverkan på avkastningen, till 30 %. Det minskade användandet förutsätter dock att gårdarna förändrar sina odlingssystem. Sådana förändringar skulle öka komplexiteten i driften av, och beslutsfattandet inom, jordbruket varför jordbrukarna kommer behöva hjälp med att anpassa sina odlingar (Lechenet et al., 2017). Men, Lechenet et al. (2017), INRA (2010) och Pimentel et

al. (1993) poängterar också att det finns förutsättningar att minska användandet av kemiska växtskyddsmedel, inom delar av jordbruket, utan systemomvälvande förändringar och utan att avkastningen skulle minska. Studierna pekar bland annat på ett verkningslöst överanvändande, och oprecis applicering, av kemiska växtskyddsmedel (INRA 2010; Lechenet et al., 2017; Pimentel et al., 1993).

Resultatet av denna litteraturstudie visar att ett halverat användande av kemiska bekämpningsmedel uppskattningsvis skulle minska produktionen av jordbruksgrödor, per ytenhet, med 5–13 % jämfört med dagens skördenivåer. Minskningen i avkastning är att förvänta trots att jordbruket ersätter de kemiska växtskyddsmedlen med andra växtskyddsåtgärder i linje med det integrerade växtskyddets principer. Skördeförlusterna om 5–13 % är i nivå med den minskning i avkastning om 12 % som Beckman et al. (2021) estimerade för det europeiska jordbruket ifall EU:s målsättningar i ”från jord till bord-strategin” införlivades. Viktigt att notera är dock att estimaten enligt Beckman et al. (2021) utgår ifrån hela jordbrukets produktion och inte bara ifrån produktionen av vete och andra jordbruksgrödor. Veteproduktionen inom EU skulle enligt Beckman et al. (2021) minska med 49 % vilket inte alls är i nivå med minskningen i veteproduktionen om 5–13 % som Hossard et al. (2014) slog fast. Den kraftigt högre siffran som Beckman et al. (2021) presenterar kan åtminstone delvis förklaras av att författarna, i sin skattning, har tagit alla tre av målen i ”från jord till bord-strategin” i beaktning. Utöver ett halverat användande av kemiska växtskyddsmedel har alltså även en minskad användning av mineralgödsel med 20 %, och en expansion av det ekologiska jordbruket med 25 %, vägts in i estimatet. Vidare skiljer sig Beckman et al. (2021) från Hossard et al. (2014), Lechenet et al. (2017) och INRA (2010) såtillvida att de antar att inga ändringar av odlingssystemen i övrigt genomförs. Dessutom är modellerna som Beckman et al. (2021) använt sig av, för att komma fram till sina resultat, av ekonomisk, snarare än ekologisk, karaktär.

Samtliga studier som presenterades i avsnitt 3.2, och som diskuterats i detta avsnitt, har gemensamt att en ökad diversitet inom odlingssystemen lyfts fram som en nyckelåtgärd för att lindra, eller helt eliminera, de ökade skördeförlosterna som en utfasning av kemiska växtskyddsmedel skulle leda till. Detta är i linje med flera studier som undersökt hur diversitet av grödor och växtskyddsåtgärder korrelerar med avkastning och användandet av kemiska insatsmedel inom jordbruket (Bennett et al., 2011; Davis et al., 2012; Isbell et al., 2017; Lechenet et al., 2014; Tamburini et al., 2020). En av dessa var en åttaårig fältstudie som visade att majs- och sojaodlingar med tre- och fyraåriga rotationer med fyra respektive fem grödor i växtföljden hade lika hög, eller högre, avkastning än system med tvååriga rotationer och enbart majs och sojabönor i växtföljden. Detta trots att systemen med högre diversitet använde 80–90 % mindre herbicider och kvävebaserat konstgödsel än det tvååriga odlingssystemet (Davis et al., 2012).

Denna litteraturstudie har visat att det redan idag finns en uppsjö av anpassningar och förändringar av odlingssystemen som kan genomföras för att avhjälpa de negativa effekter som en utfasning av kemiska växtskyddsmedel skulle ha på jordbrukets avkastning. Ett återkommande tema i litteraturen är diversitet och mångfald. Dels en mångfald av grödor i jordbruket, dels en mångfald av växtskyddsåtgärder. De mest preventiva, eller proaktiva, växtskyddsåtgärder är insatser på landskaps- och fältnivå och dessa återfinns i botten av det integrerade växtskyddets pyramid (Figur 1). Att förändra odlingssystemen på dessa nivåer innebär förändringar av odlingssystemens fundament. Effekterna av dessa förändringar kan sannolikt få väldigt positiva effekter på lång sikt genom en ökad biodiversitet i odlingslandskapet och ett minskat beroende av kemiska insatsmedel. Men, att förändra ett system i grunden är svårt och involverar stora risker. Det kräver en långsiktighet och tar stora resurser och kunskaper i anspråk. Det är sannolikt därför som det, enligt mig, inte ännu har skett en större omställning till det integrerade växtskyddets principer. Det är förmodligen enklare, mindre kostsamt och mindre riskfyllt att genomföra förändringar i toppen av pyramiden än i dess fundament. Konsekvensen blir att jordbruket präglas av reaktivitet och kemiska insatsmedel i stället för proaktivitet och biodiversitet. Jag tror att jordbrukaren kommer att fortsätta fokusera på insatser i toppen av pyramiden så länge det är ekonomiskt rationellt att göra det. Först när de insatserna förlorar sin verkan kommer de att överges. Diffusa miljönyttor som är svåra att mäta räcker inte som incitament för att driva en systemomvälvande omställning. Att de kemiska växtskyddsmedlen som finns tillgängliga på marknaden blir mindre och mindre effektiva allteftersom skadegörarna utvecklar resistens mot dem är givetvis alarmerande ur ett perspektiv men samtidigt kanske vad som krävs för att det katalysera en omställning. Kanske kan de reaktiva, kurativa växtskyddsåtgärder i pyramidens topp bli mindre attraktiva vartefter de förlorar sin verkan samtidigt som de proaktiva, preventiva växtskyddsåtgärder i pyramidens fundament återstår som det enda rationella alternativet.

Utöver det integrerade växtskyddets välkända principer finns det även nya kunskapsområden och tekniker med lovande utsikter. Precisionsjordbruk är ett av flera sådana områden som pekas ut i EU:s ”från jord till bord-strategi” som särskilt intressanta (EU-kommissionen, 2020). Genom tillgång till höghastighetsinternet ska data från bland annat satelliter, drönare, och avancerade sensorer hjälpa jordbrukaren att fatta välinformerade beslut. Tanken är att applicering av både kemiska gödnings- och växtskyddsmedel kommer att förenklas och bli mycket mer effektivt eftersom de enbart kommer appliceras på den plats, och vid det tillfället, de verkligen behövs. Detta kommer resultera i ett kraftigt minskat användande av kemiska insatsmedel vilket i sin tur leder till sänkta kostnader för jordbrukaren (Alexoaei et al., 2022).

4.2 Metoddiskussion

Denna uppsats är en litteraturstudie som sammanställer, jämför och analyserar resultat från tidigare forskning. En stor, första, utmaning i det arbetet är att söka fram och välja ut litteratur som är tillräckligt relevant, aktuell och heltäckande för att kunna uppfylla studiens syfte. Sök- och urvalsprocessen påverkas av författarens förkunskaper i ämnet. Då mina förkunskaper inom agronomi och växtskydd var begränsade när arbetet inleddes hade jag stor nytta av mina handledare och den litteratur som min huvudhandledare skickade till mig i uppsatsprocessens initiala skede. Sökprocessen, som beskrivits i metodavsnittet, genererade ett stort antal forskningsrapporter och vartefter jag läste dessa ökade successivt min förståelse för ämnesområdet och det allmänna forskningsläget. Det är samtidigt rimligt att anta att mitt urval, med all sannolikhet, missade flera artiklar som hade varit relevanta för min studie.

Nästa stora utmaning låg i att utvärdera de olika studiernas metodik, dataunderlag och resultat för att avgöra deras relevans men också deras jämförbarhet med varandra. De olika studierna är genomförda i olika länder, under olika år och fokuserar på olika delar av jordbrukets produktion. Vidare samlas dataunderlaget in på olika sätt och flera av författarna förklarar också att det ofta förekom luckor i dataunderlaget. De olika studierna använder sig även utav olika metoder för att bearbeta och analysera dataunderlaget och skatta hur jordbrukets avkastning påverkas av, eller avsaknaden av, olika växtskyddsåtgärder. Jämförbarheten mellan studierna är därför i grunden låg men jag har, i den mån det varit möjligt och efter bästa förmåga, ”rensat” och sorterat de olika studiernas resultat så att någon grad av jämförelse varit möjlig.

Flera av studierna som jag baserar mitt resultat på är knutna till det som tidigare var det franska nationella institutet för agronomisk forskning (INRA) men sedan år 2020 är det nationella forskningsinstitutet för jordbruk, livsmedel och miljö (INRAE). Detta har varit både en styrka och en svaghet för min studie. Det har varit en styrka såtillvida att de franska studierna har haft många likheter i utgångspunkt, angreppssätt, terminologi och metod vilket har möjliggjort jämförelse. Det är en svaghet för studien eftersom ett dataunderlag baserat på flera studier, med samma avsändare, riskerar bli ensidigt och, i värsta fall vinklat. Jag bedömer dock de olika studierna som trovärdiga och objektiva. Att flera forskare inom samma land och forskningsområde är knutna till det nationella forskningsinstitutet inom det aktuella forskningsområdet kan också vara fullt naturligt, eller till och med oundvikligt.

Litteraturstudiens mest frekvent använda referens är artikeln *Crop losses to pests* av E.C. Oerke som publicerades i *Journal of Agricultural Science* år 2006. Artikeln har i skrivande stund citerats av 2 282 studier i *Web of Science Core Collection* och

en väldigt stor del av den litteratur jag läst under mitt arbete refererar också till artikeln. Även litteratur som är av icke-vetenskaplig karaktär, och därför inte återfinns i Web of Science, hänvisar ofta till Oerke (2006). Ett sådant exempel är rapporten *Farming without plant protection products*. Den är framtagen på Europaparlamentets begäran och beskriver Oerke på följande vis: "Oerke (2006) har genomfört omfattande studier av skördeförkluster inom jordbruket och är ansedd att vara den främsta referensen inom detta område" ["Oerke (2006) has extensively studied crop losses in agriculture and is considered as the reference in this field"] (Keulemans et al., 2019).

Att Oerke är en dignitet inom området växtskydd och skördeförkluster ledde till att jag i arbetets inledande faser influerades mycket av hans forskning. Som tidigare nämnts, hade jag begränsade förkunskaper om agrologi och växtskydd när jag inledde uppsatsprocessen och tog mig därför ann uppgiften med neutralt och öppet sinne samt med låg förförståelse. Den tidiga uppfattningen om Oerkes inflytande inom forskningsområdet bidrog sannolikt till att skapa en förförståelse och förväntan på övrig forskning som var färgad av Oerkes forskning.

Att studera Oerke ledde mig till att tro att övrig och efterföljande forskning skulle adaptera hans angreppssätt och terminologi med faktiska förluster, potentiella förluster och växtskyddseffektivitet. De skattningar som Oerke (2006) presenterar handlar dock konsekvent om växtskydd i stort och han särredovisar aldrig potentiella förluster vid avsaknad av en specifik kategori av växtskyddsåtgärder, såsom kemisk bekämpning. Trots detta, eller snarare på grund av detta, antog jag att forskarsamfundet, jordbrukarna och deras rådgivare, skulle följa Oerkes metodik och försöka fylla kunskapsluckan kring "potentiella förluster utan kemiska växtskyddsmedel" och "kemiska växtskyddsmedels effektivitet". Min initiala tanke och förhoppning var att i litteraturen kunna finna svar på hur stor andel av jordbrukets potentiella förluster som undviks tack vare kemiska växtskyddsmedel och därmed kunna besvara litteraturstudiens andra frågeställning med samma terminologi och mätetal som jag använde för att besvara den första. Det hade då också funnits möjligheter att sätta olika kategorier av växtskyddsåtgärder i relation till varandra samt till växtskydd i stort. Det saknas dock studier som undersöker hur en fullständig eller delvis utfasning av kemiska växtskyddsmedel, utan att några andra förändringar av odlingssystemen genomförs, skulle påverka jordbrukets avkastning. Forskning av den typen hade bidragit med värdefulla data kring faktiska och potentiella förluster, med och utan växtskyddsmedel, vilket sannolikt i sin tur hade underlättat vidare framtida forskning inom området.

Flera av forskningsrapporterna som ingått i denna litteraturstudie beskriver också problem med att samla in heltäckande dataunderlag från jordbruket. Det är problematiskt att det saknas data om odlingssystemens utformning och avkastning

från många länder och för många grödor. Det leder till att forskare måste komplettera bristfälliga data genom att göra antaganden vända sig till källor av olika karaktär. Det vore alltså bra om det fanns standardiserade verktyg och metoder för inrapportering av data inom jordbruket, samt incitament för att använda dem.

Oavsett om det finns tillförlitliga och tillgängliga jordbruksdata eller inte, borde framtida forskning generera mer egna data genom fältexperiment och fältstudier. Det vore välkommet med fler studier som på detaljnivå undersöker hur olika nivåer av användande av kemiska växtskyddsmedel påverkar olika odlingssystem. Fler länder borde följa i Frankrikes fotspår och inspireras av den forskning som bedrivs där och som har presenterats i den här litteraturstudien. De franska studierna har dock en brist i att de inte undersöker hur miljön påverkas av olika odlingssystem och grad av besprutning. Framtida forskning borde fokusera på att studera hur olika nivå av användande av kemiska växtskyddsmedel påverkar både jordbrukets avkastning och miljön. Hade tillgängligheten på data från fler studier av den sorten varit större hade samhället haft ett väldigt mycket starkare beslutsunderlag att luta sig mot i svåra framtida vägval och avvägningar.

4.3 Slutsatser

Bristen på tillförlitliga och tillgängliga jordbruksdata är stor. En konsekvens av detta är att det finns relativt få studier som utreder i vilken utsträckning jordbrukets avkastning är beroende av växtskydd i allmänhet och kemiska växtskyddsmedel i synnerhet. Bristerna i dataunderlaget leder också till att de studier som ändå finns antingen genererar sina egna data, genom fältstudier eller fältexperiment, eller extrapolerar data från det underlag som finns. Få studier har därför liknande förutsättningar vilket komplicerar jämförelse och sammanställning. Med det sagt, har jag, utifrån den litteratur som ingått i den här studien, kommit fram till följande slutsatser:

- Om inget växtskydd bedrevs skulle uppskattningsvis 50–80 % av jordbrukets befintliga avkastning gå förlorad till följd av konkurrens från ogräs och angrepp från skadedjur och patogener.
- En fullständig utfasning av kemiska växtskyddsmedel skulle uppskattningsvis leda till att 24–33 % av jordbrukets befintliga avkastning skulle gå förlorad, om odlingssystemen anpassades för att kompensera för utfasningen. Om kemiska växtskyddsmedel helt fasades ut, och inga andra förändringar av odlingssystemen genomfördes, skulle minst 34 % av jordbrukets befintliga avkastning gå förlorad.
- Om användandet av kemiska växtskyddsmedel halverades och jordbruket samtidigt ställde om till att följa det integrerade växtskyddets principer

uppskattas produktionen av jordbruksgrödor minska med uppskattningsvis 5–13 %.

- Nyckelåtgärder för att framgångsrikt minska användandet av kemiska växtskyddsmedel och samtidigt upprätthålla jordbrukets avkastning är att öka både variationen av grödor i växtföljden och variationen av växtskyddsåtgärder, både preventiva och kurativa, i linje med det integrerade växtskyddets principer.

Den stora utmaningen för jordbruket, att öka produktiviteten på ett hållbart sätt, är verkligen en stor utmaning. Resultatet från denna litteraturstudie pekar mot att utmaningen kommer vara övermäktig. Det verkar dock finnas goda utsikter att kraftigt minska användandet av kemiska växtskyddsmedel inom jordbruket med relativt lindriga negativa effekter på jordbrukets avkastning som följd. En minskad livsmedelsproduktion från jordbruket är negativt för livsmedelstryggheten men ansvaret att trygga livsmedelsförsörjningen vilar inte enbart på jordbruket. Kedjan från jord till bord är lång och det finns givetvis stora förbättringsmöjligheter inom kedjans samtliga länkar. Den här litteraturstudien har fokuserat på den första länken av kedjan men självfallet finns det stora insatser att göra även i distribution- och konsumtionsled. Genom att minska svinn och förluster av livsmedel, efter att de lämnat jordbruket, kan många fler munnar mättas. Det torde dessutom finnas en enorm hävstångseffekt i förändringar av dieter och konsumtionsmönster. Vi kan helt enkelt göra mer med det som redan finns genom en bättre hushållning och distribution av livsmedel. Lägg där till nya innovationer inom jordbruksproduktionen och det finns hopp om att ekvationen kan gå ihop.

Referenser

Alexoaei, A. P., Robu, R. G., Cojanu, V., Miron, D., & Holobiuc, A. (2022). Good practices in reforming the common agricultural policy to support the European green deal – a perspective on the consumption of pesticides and fertilizers. *Amfiteatru Economic*, 24(60), 525–545. <https://doi.org/10.24818/EA/2022/60/525>

Beckman, J., Ivanic, M., & Jelliffe, J. (2021). Market impacts of Farm to Fork: Reducing agricultural input usage. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 44(4), 1995–2013. <https://doi.org/10.1002/aepp.13176>

Bennett, A. J., Bending, G. D., Chandler, D., Hilton, S., & Mills, P. (2012). Meeting the demand for crop production: The challenge of yield decline in crops grown in short rotations. *Biological Reviews*, 87(1), 52–71. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00184.x>

Bégué, A., Arvor, D., Bellón, B., Betbeder, J., de Aballeyra, D., Ferraz, R., Lebourgeois, V., Lelong, C., Simoes, M., & Verón, S. (2018). Remote Sensing and Cropping Practices: A Review. *Remote Sensing*, 10. <https://doi.org/10.3390/rs10010099>

Colbach, N., & Cordeau, S. (2018). Reduced herbicide use does not increase crop yield loss if it is compensated by alternative preventive and curative measures. *European Journal of Agronomy*, 94, 67–78. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.12.008>

Davis, A. S., Hill, J. D., Chase, C. A., Johanns, A. M., & Liebman, M. (2012). Increasing Cropping System Diversity Balances Productivity, Profitability and Environmental Health. *PLOS ONE*, 7(10), e47149. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047149>

Dehne, H-W., Schönbeck, F. (1999). Crop protection – past and present. I E-C. Oerke, H-W. Dehne, F. Schönbeck & A. Weber (Red.), *Crop Production and Crop Protection* (s. 45–71). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-82095-2.50008-7>

INRA. (2008). *The Ecophyto 2018 plan for reduction in pesticide use over the period 2008–2018*. <https://agriculture.gouv.fr/le-plan-ecophyto-2018>

INRA. (2010). *Ecophyto R&D - Which options to reduce pesticide use?*. <https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/a49705e31379b0b924d1bfc53976a34c.pdf>

Isbell, F., Adler, P. R., Eisenhauer, N., Fornara, D., Kimmel, K., Kremen, C., Letourneau, D. K., Liebman, M., Polley, H. W., Quijas, S., & Scherer-Lorenzen, M. (2017). Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems. *Journal of Ecology*, *105*(4), 871–879. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12789>

EU-kommissionen, Generaldirektoratet för hälsa och livsmedelssäkerhet. (20 maj 2020). A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. EUR-lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52020DC0381>

EU-kommissionen, Generalsekretariatet. (11 december 2019). The European Green Deal. EUR-lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52019DC0640>

EU-parlamentet. (2009). Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0128&from=EN>

FAO. (2022). *Pesticides use, pesticides trade and pesticides indicators - - Global, regional and country trends, 1990–2020*. FAOSTAT Analytical Briefs, no. 46. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc0918en>

FAO. (u.å.). *Organic Agriculture: What is organic agriculture?* <https://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq1/en/>

Flint, M.L., & van den Bosch, R. (1981). A History of Pest Control. In: Introduction to Integrated Pest Management. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-9212-9_4

Foley, J., Ramankutty, N., Brauman, K. *et al.* (2011) Solutions for a cultivated planet. *Nature*, *478*, 337–342. <https://doi.org/10.1038/nature10452>

FN:s utvecklingsprogram. (u.å.). *Om globala målen*. Globala målen. <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/>

FN:s utvecklingsprogram. (18 oktober 2022). *Mål 2: Ingen hunger*. Globala målen. <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-2-ingen-hunger/>

Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W. W., Emmerson, M., Morales, M. B., Ceryngier, P., Liira, J., Tschardtke, T., Winqvist, C., Eggers, S., Bommarco, R., Pärt, T., Bretagnolle, V., Plantegenest, M., Clement, L. W., Dennis, C., Palmer, C., Oñate, J. J., ... Inchausti, P. (2010). Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology*, *11*(2), 97–105. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2009.12.001>

Hossard, L., Philibert, A., Bertrand, M., Colnenne-David, C., Debaeke, P., Munier-Jolain, N., Jeuffroy, M.H., Richard, G., & Makowski, D. (2014). Effects of halving pesticide use on wheat production. *Sci Rep* 4, 4405. <https://doi.org/10.1038/srep04405>

Jacquet, F., Jeuffroy, M-H., Jouan, J., Le Cadre, E., Litrico, I., Malausa, T., Reboud, X., & Huyghe, C. (2022). Pesticide-free agriculture as a new paradigm for research. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(8). <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00742-8>

Kemikalieinspektionen. (14 november 2022.) *Bekämpningsmedel*.
<https://www.kemi.se/bekampningsmedel>

Keulemans, W., Bylemans, D., & De Coninck, B. (2019). *Farming without plant protection products: Can we grow without using herbicides, fungicides and insecticides?* (PE 634.416). European Parliament, Directorate General for Parliamentary Research Services. <https://data.europa.eu/doi/10.2861/05433>

Lechenet, M., Bretagnolle, V., Bockstaller, C., Boissinot, F., Petit, M.-S., Petit, S., & Munier-Jolain, N. M. (2014). Reconciling Pesticide Reduction with Economic and Environmental Sustainability in Arable Farming. *PLOS ONE*, 9(6), e97922. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097922>

Lechenet, M., Dessaint, F., Py, G., Makowski, D., & Munier-Jolain, N. (2017). Reducing pesticide use while preserving crop productivity and profitability on arable farms. *Nature Plants*, 3(17008). <https://doi.org/10.1038/nplants.2017.8>

Lundin, O., Rundlöf, M., Jonsson, M., Bommarco, R., & Williams, N.M. (2021). Integrated pest and pollinator management – expanding the concept. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 19(5), 283–291. <https://doi.org/10.1002/fee.2325>

Mechanical, A. (2016). *Tractor spray fertilize field with insecticide herbicide chemicals in agriculture field and evening sunlight* [Fotografi].
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tractor_Fertilize_Field_Pesticide_And_Insecticide.jpg

Miljödepartementet. (2022). *Förordning om hållbar användning av växtskyddsmedel Fakta-pm om EU-förslag (2021/22:FPM112)*. Regeringskansliet.
https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/fakta-pm-om-eu-forslag/forordning-om-hallbar-anvandning-av_H906FPM112

Morales, H., Armbrrecht, I., Gonthier, D., & Wyckhuys, K. A. G. (2021). Editorial: Moving From a Curative to Preventative Pest Management Paradigm. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.808124>

Nationalencyklopedin. (u.å.a). Sumer. Hämtad 3 november 2022 från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/sumer>

Nationalencyklopedin. (u.å.b). Gregor Mendel. Hämtad 4 november 2022 från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/gregor-mendel>

Nationalencyklopedin. (u.å.c). Genetik. Hämtad 4 november 2022 från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/genetik>

OECD/FAO. (2022). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2022–2031*. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/f1b0b29c-en>

OECD/FAO. (2012). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2012–2021*. OECD Publishing and FAO. http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2012-en

Oerke, E.C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31–43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>

Peterson, M.A., Collavo, A., Ovejero, R., Shivrain, V., & Walsh, M.J. (2018). The challenge of herbicide resistance around the world: A current summary. *Pest Manag. Sci.* 74, 2246–2259. <https://doi.org/10.1002/ps.4821>

Pimentel, D., McLaughlin, L., Zepp, A., Lakitan, B., Kraus, T., Kleinman, P., Vancini, F., Roach, W.J., Graap Loth, E., Keeton, W., & Selig, G. (1993). Environmental and economic effects of reducing pesticide use in agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 46. 273–288. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(93\)90030-S](https://doi.org/10.1016/0167-8809(93)90030-S)

Pingali, P.L. (2012). Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(31). 12302–12308. <https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109>

Popp, J., Pető, K., & Nagy, J. (2013). Pesticide productivity and food security. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(1), 243–255. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0105-x>

Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S.J., Esker, P., McRoberts, N., & Nelson, A. (2019). The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nat Ecol Evol*, 3(3), 430–439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>

Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>

- Schebesta, H., & Candel, J.J.L. (2020), Game-changing potential of the EU's Farm to Fork Strategy. *Nat Food*, 1, 586–588. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-00166-9>
- Settle, W., Ariawan, H., Astuti, E., Cahyana, W., Hakim, A. L., Hindayana, D., Lestari, A., & Pajarningsih. (1996). Managing Tropical Rice Pests Through Conservation of Generalist Natural Enemies and Alternative Prey. *Ecology*, 77. <https://doi.org/10.2307/2265694>
- Seufert, V., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485(7397), 229–232. <https://doi.org/10.1038/nature11069>
- Stenberg, J. (2017). A Conceptual Framework for Integrated Pest Management. *Trends in Plant Science*, 22(9), 759–769. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.06.010>
- Stern, V., Smith, R., van den Bosch, R., & Hagen, K. (1959). The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid: The integrated control concept. *Hilgardia*, 29(2), 81–101. <https://doi.org/10.3733/hilg.v29n02p081>
- Struna, H. (18 mars 2022). *Macron wants to 'adapt' EU Farm to Fork to the post-Ukraine war world*. www.euractiv.com. <https://www.euractiv.com/section/agriculture-food/news/macron-wants-to-adapt-eu-farm-to-fork-to-the-post-ukraine-war-world/>
- Sumberg, J., & Giller, K. E. (2022). What is 'conventional' agriculture? *Global Food Security*, 32, 100617. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100617>
- Tamburini, G., Bommarco, R., Wanger, T. C., Kremen, C., van der Heijden, M. G. A., Liebman, M., & Hallin, S. (n.d.). Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Science Advances*, 6(45), eaba1715. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba1715>
- The Hunger Project Sverige. (u.å.). *Vad är hunger?* <https://thehungerproject.se/om-hunger/>
- The World Bank Group. (u.å.). *What is Food Security?* <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/food-security-update/what-is-food-security>
- United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2022). *World Population Prospects 2022: Summary of Results* (UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3). https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf

Wittwer, R. A., Dorn, B., Jossi, W., & van der Heijden, M.G.A. (2017). Cover crops support ecological intensification of arable cropping systems. *Scientific Reports*, 7(1), 41911. <https://doi.org/10.1038/srep41911>

Tack

Jag vill rikta ett stort tack till mina handledare, Riccardo Bommarco, Ola Lundin och Maria Lundesjö för den tid ni lagt ner och all hjälp och stöttning som ni bidragit med under hela arbetets gång.

Ett extra stort tack till min huvudhandledare, Riccardo, som genom sitt handledande har varit en guide och stort stöd inom ett område som jag, fram tills nyligen, var relativt obekant med.

Tack till Göran Bergkvist som ställde upp som examinator och som kom med kloka och konstruktiva kommentarer under min presentation.

Tack till Markus Sollenberg för en väl genomförd och konstruktiv opponering.

Tack också till bibliotekarie Karin Eriksson och studierektorerna på institutionen för ekologi för hjälp med formalia och administration till en ibland lite vilsen fristående student.

Avslutningsvis vill jag tacka min älskade pappa, Björn, som sin vana trogen generöst bidrog med sin tid, korrekturläste och kom med kloka kommentarer. Vila i frid.

Tack!

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.