



# Gröddiversifiering i potatis

## – tillämpningar och möjligheter

---

*Potato crop diversification – practices and prospects*

Lisa Ericsson

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap (NJ)/Institutionen för ekologi  
Agronomprogrammet - mark/växt  
Uppsala 2021





# Gröddiversifiering i potatis – tillämpning och möjligheter

*Potato crop diversification – practices and prospects*

Lisa Ericsson

**Handledare:** Laura Riggi, SLU, Institutionen för ekologi  
**Bitr. handledare:** Ortrud Jäck, SLU, Institutionen för växtproduktionsekologi  
**Examinator:** Erland Liljeroth, SLU, Institutionen för växtskyddsbiologi

**Omfattning:** 15 hp  
**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E  
**Kurstitel:** Självständigt arbete i biologi  
**Kurskod:** EX0894  
**Program/utbildning:** Agronomprogrammet - mark/växt  
**Kursansvarig inst.:** Institutionen för vatten och miljö

**Utgivningsort:** Uppsala  
**Utgivningsår:** 2021  
**Omslagsbild:** *Potato Flowers* av Wallygroom. Licenskopia:  
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/>

**Nyckelord:** Potatis, gröddiversifiering, hållbart jordbruk, agroekologi, samodling

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap (NJ)

Institutionen för ekologi

## Publicering och arkivering

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.

## Sammanfattning

De storskaliga monokulturella jordbruk som finns idag är i stor utsträckning beroende av insatser i form av pesticider och mineralgödsel vars användning och produktion tär på jordens resurser och ekosystem. Behov finns att utforma odlingssystem som är långsiktigt hållbara med en fortsatt hög produktivitet. Diversifiering av odlingssystem genom ökning av antalet arter i systemet kan vara en del i att uppnå dessa mål. Potatis är en viktig gröda i Sverige men det finns utmaningar, speciellt i den ekologiska odlingen, som skulle kunna mötas med gröddiversifiering.

Genom att ta del av empiriska studier med gröddiversifiering i potatis nämnt i sin titel har den här litteratursammanställningen undersökt olika aspekter av gröddiversifiering i potatis. Studien sökte information om var olika diversifieringsåtgärder förekom och hur de användes, vilka ytterligare experimentella faktorer som undersöktes i studierna och vilka målvariabler såsom skörd, näring och förekomst av skadegörare, som mättes för att kvantifiera diversifieringen. Diversifieringens effekter på målvariablerna identifierades och diskuterades utifrån möjligheter att med hjälp av gröddiversifiering hantera utmaningar som produktionen av matpotatis står inför.

För att lantbrukare ska motiveras att implementera gröddiversifiering i potatis är det viktigt att det finns dokumenterade effekter av diversifieringen som pekar på fördelar såsom minskade utgifter, reducerad arbetsbörda eller ökade inkomster. Litteraturen visade en i huvudsak positiv effekt av diversifiering på målvariabler inom ogräs- och skadegörarkontroll, markbevarande och total produktivitet i systemet – trots att arealskornden av potatis oftast gick ned till följd av diversifieringen. Till följd av en hög variationsrikedom i studierna konstaterades ett behov av mer forskning under förhållanden lika Sveriges för att ge en tydligare bild av vad gröddiversifiering kan innebära för potatisodlingen här.

*Nyckelord:* Potatis, gröddiversifiering, hållbart jordbruk, agroekologi, samodling

## Abstract

The large scale monocultural agricultures existing today is dependent on inputs of pesticides and fertilizers, thus putting a strain on the environment. There is a necessity to design novel cropping systems to enhance agroecosystem sustainability while maintaining productivity. Diversification of cropping systems by increasing the number of plant species in the system has been suggested as a viable alternative for food production. Potato is an important crop in Swedish agriculture but there are issues in the potato production, especially in organic farming. Diversification could be a tool to improve the potato crop and promote organic potato production.

The aim of this literature review was to assess different aspects of crop diversification in potatoes using a title-based word search. By identifying articles on the topic, different diversification practices were identified and differentiated based on where and how they were used, which target variables were used to quantify the services of the diversification practices and what other agronomical practices were tested in the various studies. The general effect of crop diversification on target variables, such as yield, nutrients and pest incidence, were identified and discussed in the prospect of various challenges of potato production.

To motivate farmers to implement crop diversification in potato, there is a need to provide proof of positive effects of the diversification pointing towards increased or maintained profits for the farmer. The review found that crop diversification has a generally positive effect on variables such

as regulating weeds and pests, reducing soil erosion and increasing overall system productivity – despite potato yield per area being generally lower in diversified systems. The studies included in this review span several countries across temperate and tropical climates, they varied in diversification crop species used, their target variables and other agronomical factors studied. Due to the high variability observed in the studies, it was concluded more research relevant to Swedish conditions are needed to identify species mixtures and diversification practices suitable for potato production in Sweden.

*Keywords:* Potato, crop diversification, sustainable agriculture, agro-ecology, inter cropping

# Innehållsförteckning

<b>Tabellförteckning</b> .....	<b>9</b>
<b>Figurförteckning</b> .....	<b>10</b>
<b>Förkortningar</b> .....	<b>11</b>
<b>1. Inledning</b> .....	<b>13</b>
1.1. Diversifiering av jordbruket – vad betyder det? .....	13
1.2. Olika åtgärder för diversifiering .....	14
1.3. Gröddiversifiering: Teori och mekanismer.....	15
1.3.1. Växt-växtinteraktioner .....	15
1.3.2. Markbevarande.....	16
1.3.3. Diversifieringens effekter på skadegörare .....	17
1.4. Gröddiversifieringens begränsningar .....	17
1.5. Land Equivalent Ratio – ett vanligt produktivetsmått.....	18
1.6. Varför diversifiera potatis?.....	18
1.7. Syften med sammanställningen .....	19
<b>2. Metod</b> .....	<b>20</b>
2.1. Söftermer.....	20
2.2. Urval av artiklar och data.....	21
<b>3. Resultat</b> .....	<b>24</b>
3.1. Översikt av inkluderade studier .....	24
3.2. Beskrivande data.....	25
3.2.1. Fördelning över tid och diversifieringsåtgärder.....	25
3.2.2. Fördelning över regioner.....	26
3.2.3. Diversifieringsgrödor.....	27
3.2.4. Målvariabler och övriga experimentella faktorer .....	28
3.3. Diversifieringens effekter och tjänster .....	30
3.3.1. Skörd, kvalitet och produktivitet .....	30
3.3.2. Näring, vatten och mark.....	31
3.3.3. Kontroll av ogräs, insekter och sjukdomar .....	33
<b>4. Diskussion</b> .....	<b>35</b>

4.1.	Begränsningar i litteratursökning och datainsamling .....	35
4.2.	Överblick gröddiversifiering: platser och grödor .....	36
4.3.	Är gröddiversifiering en tjänst eller otjänst i potatis? .....	37
4.4.	Diversifiering för framtiden .....	39
4.5.	Slutsatser .....	39
<b>Referenser</b>	.....	<b>41</b>
<b>Tack</b>	.....	<b>47</b>
<b>Bilaga 1</b>	.....	<b>48</b>



## Tabellförteckning

Tabell 1. Diversifierande åtgärder och deras karaktäristika .....	14
Tabell 2. Lista över söktermer som användes för att söka material till sammanställningen. Alla de listade söktermerna kombinerades med en avslutande * för att inkludera böjningar för varje sökterm. ....	20
Tabell 3. Beskrivning av data som söktes i materialet för sammanställningen, se bilaga 1 .....	22
Tabell 4. Indelning av rådata. För vidare förklaring av vad som ingår i grupperna, se bilaga 1 .....	23
Tabell 5. Länder representerade i de olika regionerna.....	27
Tabell 6. Gröddiversifieringens inverkan på näring, vatten och markförhållanden. Färgade fält är en indikator på mängd/andel studier av totalen med positiva effekter på tjänsten. Djupare grön = större mängd/andel positiva resultat. ....	32
Tabell 7. Diversifieringens effekt på diverse målskadegörare i olika studier. Färgade fält är en indikator på mängd/andel studier av totalen med positiva alternativt negativa effekter på tjänsten. Grön = indikator för positiva resultat. Röd = indikator för negativa resultat. ....	34

## Figurförteckning

Figur 1. Ämnestillhörigheter för de 169 sökresultaten i ISI web of knowledge. ..	24
Figur 2. Sammanställning av beskrivande data: a. stapeldiagram med antal studier (staplar) och artiklar (prickar) per år samt gradering på staplarna för diversifieringstyp; b. cirkeldiagram med diversifieringstyp som andelar av det totala antalet studier; c. stapeldiagram med antal odlingssäsonger per artikel.....	26
Figur 3. Artiklarnas fördelning över regioner.....	27
Figur 4. Grupper av diversifieringsgrödor och deras förekomst i studierna. Staplarnas gradering visar grödgruppens fördelning över diversifieringsåtgärderna .....	28
Figur 5. Artiklarnas målvariabler och deras fördelning över diversifieringsåtgärderna .....	29
Figur 6. Övriga experimentella faktorer och deras fördelning över diversifieringsåtgärderna i artiklarna.....	29
Figur 7. Diversifieringens effekt på agronomiska och kvalitativa variabler med antal studier på y-axlarna. a. Effekt på huvudgrödans skörd. b. Effekt på LER-värde, där + betyder LER>1 & - betyder LER <1 c. Effekt på huvudgrödans kvalitet. För vidare förklaring av kategorierna +/-0/beror på, se avsnitt 3.3 .....	31

## Förkortningar

LER	Land equivalent ratio
NUE	Nitrogen use efficiency
ha	Hektar



# 1. Inledning

## 1.1. Diversifiering av jordbruket – vad betyder det?

De större jordbruken har sedan industrialiseringen blivit allt mer mekaniserade vilket lett till en större andel monokulturer och därmed lägre biodiversitet. I dessa rationaliserade jordbruk åtgår idag stora mängder insatsmedel i form av bekämpningsmedel och mineralgödsel. I utvecklingsområden där en stor del av jordbruket fortfarande genomförs med hjälp av handarbete är diversifierade system vanligare och samodling fortfarande vida implementerat (Glaze-Corcoran et al. 2020). Intresset för återinförande av gröddiversifiering i de mer monokulturella systemen är nu på uppgång eftersom det bidrar till en ökning av den biologiska mångfalden, reduktion av insatsbehoven av pesticider och mineralgödsel samt har visats minska skördegapet mellan ekologiskt och konventionellt jordbruk (Ponisio et al. 2015; Glaze-Corcoran et al. 2020). Ökad hållbarhet i diversifierade system är också kopplat till ökad inkomst och säkrare livsmedels- och näringsförsörjning (Feliciano 2019), reducerad erosion (Nyawade et al. 2019a, 2020a; b; Nyiraneza et al. 2020b; Zhang et al. 2020), ökad kolinlagring (Smith et al. 2007) samt lägre behov av kemiska insatser till följd av ökad markfertilitet och minskad förekomst av skadegörare och ogräs (Ditzler et al. 2021; Maitra et al. 2021). De fördelar som gröddiversifiering kan medföra är ett resultat av nischdifferentiering och facilitation mellan fenotypiskt differentierade växter, vilket förklaras närmre i avsnitt 1.3.

Vad som menas med diversifiering inom jordbruket är inte tydligt definierat och kan därför betyda olika saker beroende på sammanhang (Hufnagel et al. 2020). Begreppet diversifiering kan förutom att syfta till en ökning av antalet växterarter inom jordbrukssystemet också syfta till förändringar i driften av jordbruket som är menade att på något sätt öka den biologiska mångfalden ovan eller under markytan. Hit räknas åtgärder såsom tillsats av organiska gödselmedel och reducerad jordbearbetning (Hufnagel et al. 2020). I den här sammanställningen begränsas diversifieringen till sådana åtgärder som syftar till att öka mångfalden inom en odlingscykel (tiden från skörd av en huvudgröda till och med skörd av nästa huvudgröda). Här inkluderas ökning av den genetiska mångfalden eller mångfalden

av växtarter, med fokus på grödan potatis. Detta betyder att diversifiering som utförs samtidigt som potatisodling eller mellan odlingssäsonger före alternativt efter odling av potatis inkluderas i sammanställningen men diversifiering i säsongsbaserad växtföljd exkluderas. Att växtföljdsbaserad diversifiering exkluderas i denna studie är en nödvändig avgränsning för arbetets omfattning men det bör ändå nämnas att en utökning av antalet huvudgrödor i odlingssystemet har positiva effekter för bland annat motverkande av växtföljdssjukdomar och ökad biodiversitet i odlingslandskapet (Fogelfors 2016).

## 1.2. Olika åtgärder för diversifiering

Olika diversifierande åtgärder som undersöks i den här sammanställningen sammanfattas i tabell 1. Åtgärderna kan appliceras separat eller i kombination, gränsen mellan dem är inte alltid tydlig och olika vetenskapliga rapporter definierar dem inte alltid likadant. De olika diversifieringsåtgärderna kan delas in under en eller flera av kategorierna **genetisk**, **rumslig** eller **tidsmässig diversifiering** (Ditzler et al. 2021). Ett exempel på en diversifierande åtgärd som i huvudsak tillhör kategorin tidsmässig diversifiering är mellangröda. Ett annat exempel där både tidsmässig, rumslig och genetisk diversifiering förekommer är avlösande samodling, där principen är att samodla grödor under delar av deras livscykel – ett exempel som demonstrerar väl hur de olika kategorierna (genetisk, rumslig och tidsmässig) av diversifiering kan förekomma parallellt med varandra.

*Tabell 1. Diversifierande åtgärder och deras karaktäristika*

Huvudsaklig kategoritillhörighet	Diversifierande åtgärd		Karaktäristika
Rumslig	Samodling	- Blandad	Samodling av två eller flera arter utan specifik rumslig fördelning
		- Band	Samodling av två eller flera arter placerade i band
		- Rader	Samodling av två eller flera arter placerade i rader

		- Avlösande	Samodling av två eller flera arter under delar av grödornas odlingscykel
		- Skogsjordbruk	Samodling av två eller flera arter där träd kombineras med jordbruksgrödor
Genetisk	Sortblandning		Samodling av två eller flera sorter av samma art
Tidsmässig	Skyddsgröda		Gröda som sås tillsammans med annan gröda för att skydda denna under etableringstiden
Tidsmässig	Mellangröda		Gröda som odlas mellan två huvudgrödor
Tidsmässig	Fånggröda		Gröda som sås in i en etablerad huvudgröda

## 1.3. Gröddiversifiering: Teori och mekanismer

### 1.3.1. Växt-växtinteraktioner

Då två eller flera arter med olika egenskaper samodlas ger det generellt upphov till en ökad produktivitet (Lithourgidis et al. 2011; Fogelfors 2016; Maitra et al. 2021). Detta beror på att ett väl planerat och skött diversifierat odlingsystem kan nå fördelar jämfört med en gröda i monokultur tack vare att grödor som inte är fenotypiskt identiska utnyttjar resurserna i sin miljö på olika sätt. Dessa skillnader i resursutnyttjande kallas för **nischkomplementaritet**. Exempel på nischkomplementaritet mellan grödor är nyttjande av olika jordlager för vatten och näringsupptag eller olika tillväxtrytm över säsongen vilket innebär en tidsmässig skillnad i resursutnyttjande (Fogelfors 2016; Duchene et al. 2017). Ett i Sverige vanligt exempel på samodling där både tidsmässig och rumslig nischkomplementaritet förekommer är odling av vall, i vilken gräsarter och baljväxter ofta odlas i blandbestånd. De två växtgrupperna har generellt sett olika tillväxtrytm över säsongen och skillnader i sitt sätt att nyttja kväveresurser eftersom

baljväxterna till skillnad från gräs har möjlighet att fixera kväve direkt från luften (Fogelfors 2016). Graden av nischkomplementaritet i ett diversifierat systemet är en faktor som avgör hur mekanismerna **facilitation** och **konkurrens** verkar mellan arterna i systemet och påverkar utfallet av diversifieringen (Duchene et al. 2017; Glaze-Corcoran et al. 2020). Mekanismen **facilitation** är en positiv interaktion mellan diversifieringsarterna (Wezel et al. 2014). Mekanismen kan delas upp i direkt eller indirekt. **Direkt facilitation** syftar till rhizodeposition (rotutsöndring) av ämnen som kan bidra med näring till växter i omgivningen (Duchene et al. 2017). Bidrag med näring till rhizosfären (de delar av marken som direkt påverkas av rötter) kan ske genom rhizodeposition av kväve från baljväxter (Fustec et al. 2010). Vissa baljväxter kan också öka lösligheten av fosfor i marken (Wezel et al. 2014). Med **indirekt facilitation** menas all övrig påverkan en växt har på komponenter i sin omgivande miljö, exempelvis markfuktighet, temperatur och koncentration av näring i markvätskan, som i sin tur påverkar andra växters livsbetingelser (Duchene et al. 2017). **Konkurrens** kan påverka växterna i det diversifierade systemet negativt eller positivt beroende på hur växterna svarar på stress, stressresponsen kan ibland orsaka en accelererad tillväxt hos växter i blandbestånd jämfört med i monokultur (Zhang et al. 2011). Vid utformning av diversifierade system är det viktigt att främja de positiva effekterna av nischdifferentiering och möjliggöra facilitation och förbättrade konkurrensförhållanden för att skapa möjligheter för en ökad produktivitet.

Ovan nämnda mekanismer förekommer i olika grad över diversifieringsåtgärderna (tabell 1). Indirekt facilitation förekommer på något sätt i alla åtgärder medan direkt facilitation och konkurrens främst förekommer vid samtidigt resursutnyttjande inom systemet, alltså i samodling eller sortblandning.

### 1.3.2. Markbevarande

Diversifieringens markbevarande effekter beror på indirekt facilitation som förekommer i både rumsligt och tidsmässigt differentierad diversifiering. Odling av snabbväxande skyddsgrödor med kort groningstid reducerar risken för skorpbildning och jorderosion vilket är speciellt viktigt för grödan potatis som lämnar marken bar under en lång period efter plantering (Nyiraneza et al. 2020a). Även mellangrödor och fånggrödor har markbevarande effekter, både i form av minskad jorderosion (Eshel et al. 2015; Nyiraneza et al. 2020b), bibehållen eller förbättrad markstruktur men också förhindrande av de näringsförluster som i Sverige är som störst vid barmarksförhållanden med hög nederbörd (Fogelfors 2016).



### 1.3.3. Diversifieringens effekter på skadegörare

Implementering av diversifieringsåtgärder kan på olika sätt motverka sjukdomar och insektsangrepp (Duchene et al. 2017; Tronsmo et al. 2020; Maitra et al. 2021). I samodling eller sortblandning är anledningen till att skadegörarangrepp minskar sammankopplad med att patogener och insekter får svårare att hitta mottagliga värdväxter i blandningen (Tronsmo et al. 2020). I potatis är bekämpning av insekter som bladlöss viktiga eftersom de är vektorer för exempelvis bladrollsvirus, potatisvirus A och potatisvirus Y (Wale et al. 2008). Blandning av resistent och icke-resistent sorter bidrar också till en reducerad risk att patogener bryter en eventuell resistens hos växten eftersom selektionstrycket för virulenta patogener minskar om resistent och icke-resistent växtsorter blandas. De positiva effekterna av samodlingen tenderar att vara mindre tydliga i en gröda med utbredd växtsätt, med breda blad som har en stor yta, såsom potatis har (Tronsmo et al. 2020). Tidsmässig diversifiering påverkar skadegörare på andra sätt. Vissa potatisangripande nematoders population kan reduceras med hjälp av diversifiering som inkluderar tagetes (Wale et al. 2008). All diversifiering bidrar såklart inte till reduktion av skadegörare. Diversifieringsgrödan kan ibland agera alternativ värd för skadegörare och därigenom bidra till bibehållen eller ökad population i fält. Detta gäller bland annat för diversifiering med gräsarter som kan ge upphov till bibehållen population av knäpparlarver (Wale et al. 2008).

## 1.4. Gröddiversifieringens begränsningar

Det finns utmaningar med att utforma diversifierade system eftersom utfallet av gröddiversifieringen ofta avgörs av yttre faktorer som till exempel årsmån, gödselnivåer, skötsel av systemet och val av diversifieringsgröda (Kurupparachchi 1990; Roder et al. 1992; Jahanzad et al. 2017b; Gitari et al. 2019b; Geisseler & Wilson 2020). Med ovan nämnda utmaningar i åtanke är det viktigt att utforma diversifierade system efter lokala förutsättningar. Om negativa effekter till följd av exempelvis allelopati (utsöndring av kemikalier med inhiberande effekt på andra växter, från död eller levande växtvävnad (Zimdahl 2018)) eller hög konkurrens överstiger de positiva effekter som kan uppnås till följd av positivt verkande nischkomplementaritet, kan produktiviteten i det diversifierade systemet bli låg (Lithourgidis et al. 2011). Rent praktiska problem finns också vid diversifiering på gårdsnivå, framförallt i ett system med hög mekaniseringsgrad. Dessa problem kan vara kopplade till svårigheter att skörda fler än en gröda samtidigt, antingen på grund av differenser i mognadstillfälle eller problem med att separera de skördade produkterna. I odlingsystem med lägre mekaniseringsgrad är dessa problem generellt sett mindre (Lithourgidis et al. 2011). För den enskilde lantbrukaren är

också ekonomin i diversifieringen en viktig faktor. Diversifiering kan innebära extra kostnader för utsäde eller maskiner, ökad arbetsbörda i form av ökat antal körtimmar till följd av fler sådder eller olika skötselkrav för de olika grödorna i det diversifierade systemet. Av denna anledning kan det vara av vikt för lantbrukaren att det finns dokumenterade effekter av gröddiversifiering som pekar på ekonomiska fördelar. Dessa kan vara kopplade till inkomster från skörd av diversifieringsgrödan eller effekter som innebär minskade kostnader på andra områden, exempelvis lägre behov av bekämpning av skadegörare vilket kan resultera i minskad arbetsbörda och lägre kostnader för bekämpningsmedel.

## 1.5. Land Equivalent Ratio – ett vanligt produktivetsmått

För att kunna jämföra system där diversifierande åtgärder såsom samodling används med system där endast monokulturer förekommer används olika formler för att räkna om skörden av flera grödor till värden som är jämförbara med skörd av en enda gröda. En av de vanligaste sätten att uttrycka skörden i ett system där fler än en gröda ingår är med LER (Land Equivalent Ratio), se ekvation nedan (Fogelfors 2016). Det erhållna värdet jämförs sedan med värdet 1, vilket är LER-värdet för monokultur. Om  $LER > 1$  är produktiviteten i det diversifierade systemet högre än i det monokulturella.

$$LER = \frac{\text{Skörd G1 samodling}}{\text{Skörd G1 renbestånd}} + \frac{\text{Skörd G2 samodling}}{\text{Skörd G2 renbestånd}}$$

Där G1 = gröda 1 och G2 = gröda 2.

## 1.6. Varför diversifiera potatis?

Den här litteratursammanställningen är motiverad eftersom potatis är en viktig gröda i världen (Fogelfors 2016) och i Sverige där odlingen av matpotatis år 2019 uppgick till 16 284 ha (Statistiska Centralbyrån [SCB] 2020). I Sverige finns stora skillnader i skördenivåer mellan ekologiskt odlad potatis och konventionellt odlad potatis. År 2018 skördades 18,9 ton matpotatis per odlad hektar i ekologisk odling och 30,1 ton  $ha^{-1}$  i konventionell odling (SCB 2020). I konventionell potatisodling åtgår mycket kemiska insatsmedel, bland annat för att förhindra angrepp av bladmögel som måste bekämpas i förebyggande syfte (Jordbruksverket 2021). Om möjlighet finns att, som tidigare nämnt om gröddiversifiering i allmänhet, minska skördegapet mellan ekologisk och konventionell odling samt minska behoven av insatsmedel med hjälp av diversifiering i potatis är alla sådana möjligheter värda

att undersöka. Den här litteratursammanställningen kan bidra till en förståelse för hur diversifiering kan påverka grödan potatis men också belysa kunskapsluckor på området och visa var ytterligare forskning är nödvändig.

## 1.7. Syften med sammanställningen

I den här litteratursammanställningen ligger fokus på diversifiering av växtarter och sorter i inom samma odlingscykel som grödan potatis. Diversifieringen kan ske på artnivå eller sortnivå, vara tidsmässigt eller rumsligt diversifierande. Syftena med sammanställningen är så som följer nedan:

- Att med hjälp av empiriska studier sammanställa vilka och hur frekvent olika diversifieringsåtgärder förekommer i anslutning till potatis.
- Differentiera användningen av diversifieringsåtgärderna beroende på hur och var studierna genomförts.
- Undersöka vilka olika parametrar som studerades i experimenten. Vad var målvariablerna för att mäta diversifieringens effekter och vilka experimentella faktorer utöver diversifiering undersöktes i experimenten?
- Fastställa vilka generella effekter de undersökta diversifieringsåtgärderna har på de olika målvariabler som identifierats. Är effekterna positiva, neutrala eller negativa?

## 2. Metod

### 2.1. Söktermer

Söktermerna som användes för att finna material till denna litteratursammanställning är inspirerade av men ej begränsade till de åtgärder för diversifiering av jordbruksgrödor som Hufnagel et al. (2020) presenterar i sin analys av diversifieringsbegreppet. Tänkbara synonymer till 'diversifiering' är inkluderade för att öka antalet träffar på vetenskapliga artiklar. För att begränsa sökträffarna till åtgärder inom potatisodling är sökningen kombinerad med ordet 'potato' och synonymer. Söktermerna som användes listas i tabell 2 nedan. Alla de listade söktermerna kombinerades med en avslutande asterisk (\*) för att inkludera böjningar för varje sökterm. Material till sammanställningen är inhämtat genom sökning i databasen ISI Web of knowledge. I materialsökningen som utfördes den 6 april 2021, applicerades de förbestämda söktermerna på 'Titel' och sökningen begränsades till *Language*: 'English', *Years*: 'all' (vilket innebär alla årtal från och med 1945), och *Document*: 'article' eller 'review'. En preliminär sökning där söktermerna också applicerades på 'Topic' resulterade i 854 träffar, ett antal artiklar som inte ansågs vara rimligt inom ramarna för detta arbete.

Tabell 2. Lista över söktermer som användes för att söka material till sammanställningen. Alla de listade söktermerna kombinerades med en avslutande \* för att inkludera böjningar för varje sökterm.

Sökterm 1, kombinerade med 'OR'.	'AND'	Sökterm 2, kombinerade med 'OR'
Mixed crop, Mixed plant, Biculture, Triculture, Multiple crop, Polyculture, Intercrop, Inter-crop, Strip-crop, Strip crop, Alley crop,		Potato, tuber, solanum Tuberosum

---

Companion crop, Cover crop,  
Cover plant, Nurse crop,  
Underplant, Undersow,  
Variety mix, Mixture of  
variet, Cultivar mix, Mixed  
cultivar, Genetic mixture

---

## 2.2. Urval av artiklar och data

Vid genomgång av artiklarna gjordes urval löpande. Artiklar exkluderades om de saknade forskning kopplad till potatis, om de inte tydligt sammankopplade diversifieringsåtgärderna med grödan potatis eller om de inte fanns tillgängliga att läsa i varken fulltext eller sammanfattning. I de fall där endast sammanfattning av artikeln fanns tillgänglig att läsa användes de beskrivande fakta som gick att hämta från sagda sammanfattning, till exempel plats och diversifieringsåtgärd (tabell 3).

Beskrivande fakta, fakta om experimentens upplägg och diversifieringens effekter extraherades från artiklarna och fördes in i ett excelark. I tabell 3 sammanfattas vilka data som eftersöktes i artiklarna. De artiklar som studerade fler än en typ av diversifieringsgröda fick en rad för varje typ av diversifieringsgröda, och varje rad kallas härnäst för en studie. Denna indelning i studier ger en tydligare bild av vad varje typ av diversifieringsgröda kan ha för effekt på de målvariabler som användes som mått för att värdera diversifieringen. Tilldelningen av en rad per typ av diversifieringsgröda innebär också att resultaten kan delas in i data per artikel eller data per studie.

Data som extraherats från tabellen grupperades in i bredare kategorier för att lättare kunna analysera resultaten (tabell 4). Mer specifikt så kategoriserades data från *Diversifieringsgröda* in i funktionella grupper, *Plats – land* kategoriserades i geografiska regioner. *Övriga experimentella faktorer* och *Målvariabler* delades in i underkategorier som presenteras i tabell 4.

Tabell 3. Beskrivning av data som söktes i materialet för sammanställningen, se bilaga 1

Kategori	Variabel	Beskrivning
Beskrivande	Dokumentets ID	Tilldelat unikt nummer för varje dokument
	DOI	DOI-nummer
	Årtal för publicering	
	Antal odlingssäsonger för studien	
	Plats	Land
	Antal experimentlokaler	Antal platser för experiment
	Koordinater	
Experimentell design	Skala	Växthus/jordlott/fält
	Huvudgröda	Art eller sort
	Diversifieringsgröda	Art
	Typ av diversifieringsgröda	Grupptillhörighet; ex baljväxter/gräs/spannmål
	Jordtyp	
	Experimentets storlek	m <sup>2</sup>
	Antal replikat	
	Diversifieringstyp	Samodling/mellangröda o s v
	Kontrolltyp	Monokultur/träda/annan
	Övriga experimentella faktorer	Faktorer som undersöktes tillsammans med diversifiering
	Info övriga experimentella faktorer	Specificering av experimentell faktor
Tjänster	Målvariabler	Variabler som mättes för att värdera diversifieringen
	Info målvariabler	Specificering av målvariabel
	Tjänster: Högre skörd huvudgröda	0/+/-/Beror på
	Tjänster: Skörd från andra gröda	0/+/-/Beror på
	Land Equivalent Ratio (LER), Potato Equivalent Yield (PEY)	0/+/-/Beror på
	Tjänster: Högre kvalitet huvudgröda	0/+/-/Beror på
	Tjänster: Ökad kvävetillförsel till marken	0/+/-/Beror på
	Tjänster: Ökad koltillförsel till marken	0/+/-/Beror på
	Gödselanvändning	0/+/-/Beror på
	Tjänster: Markbevarande	0/+/-/Beror på
	Tjänster: Förbättrad resursanvändning (ljus/vatten/näring)	0/+/-/Beror på
	NUE	0/+/-/Beror på
	Tjänster: Övriga	Beskrivning av tjänst: 0/+/-/Beror på
	Ogräskontroll	0/+/-/Beror på
	Näringsförluster	0/+/-/Beror på
Insekts- och sjukdomskontroll	0/+/-/Beror på	
Biotiska markförhållanden: Diversitet/aktivitet/biomassa	0/+/-/Beror på	

Tabell 4. Indelning av rådata. För vidare förklaring av vad som ingår i grupperna, se bilaga 1

Rådata	Indelning	Grupper
<i>Diversifieringsgröda</i> (art)	<i>Typ av diversifieringsgröda</i> , baserad på odlingsegenskaper	Baljväxter, blandningar, blommor, gräs, kålväxter, lin, lökar, potatis, sockerrör, spannmål, träd, övriga
<i>Plats</i> (land)	<i>Region</i> (geografiska regioner)	
<i>Övriga experimentella faktorer</i> (Faktorer som undersöktes tillsammans med diversifiering)	Samlande grupper för övriga experimentella faktorer.	Drift/skötsel, gödsel, jordbearbetning, mönster/struktur, pesticider, produktionssystem, sorter, timing, vindbrytning, växtföljd.
<i>Målvariabler</i> (Variabler som mättes för att värdera diversifieringen)	Samlande grupper för målvariablerna.	Agronomiska (skörd), ekonomiska, huvudgrödans kvalitet, insekter & sjukdomar, näringsväv, mark – abiotiska, mark – biotiska, risker

### 3. Resultat

Resultaten är indelade i tre huvudavsnitt avsedda att dels presentera utfallet av materialsökningen, dels sammanfatta beskrivande data från artiklar och studier, samt presentera effekterna av olika diversifieringsåtgärder som studerades i artiklarna. Att notera är att vissa figurer presenterar data på studienivå och andra på artikelnivå.

#### 3.1. Översikt av inkluderade studier

Sökningen för material till sammanställningen gav 169 träffar. Av dessa 169 träffar inkluderades 86 (51%) artiklar i sin helhet och 56 (33%) exkluderades från sammanställningen. De resterande 27 (16%) dokumenten fanns inte tillgängliga i helhet utan endast i sammanfattning. Eftersom dessa 27 artiklar ämnesmässigt passade in inkluderades den beskrivande information som gick att extrahera från sammanfattningen. Efter extraktion av data från de 86 hela artiklarna och de 27 delvis tillgängliga artiklarna uppgick det totala antalet studier i sammanställningen till 185. Enligt en automatisk analys av sökresultaten utförd av ISI web of knowledge så fördelar sig de 169 sökträffarnas ämnestillhörigheter enligt figur 1.



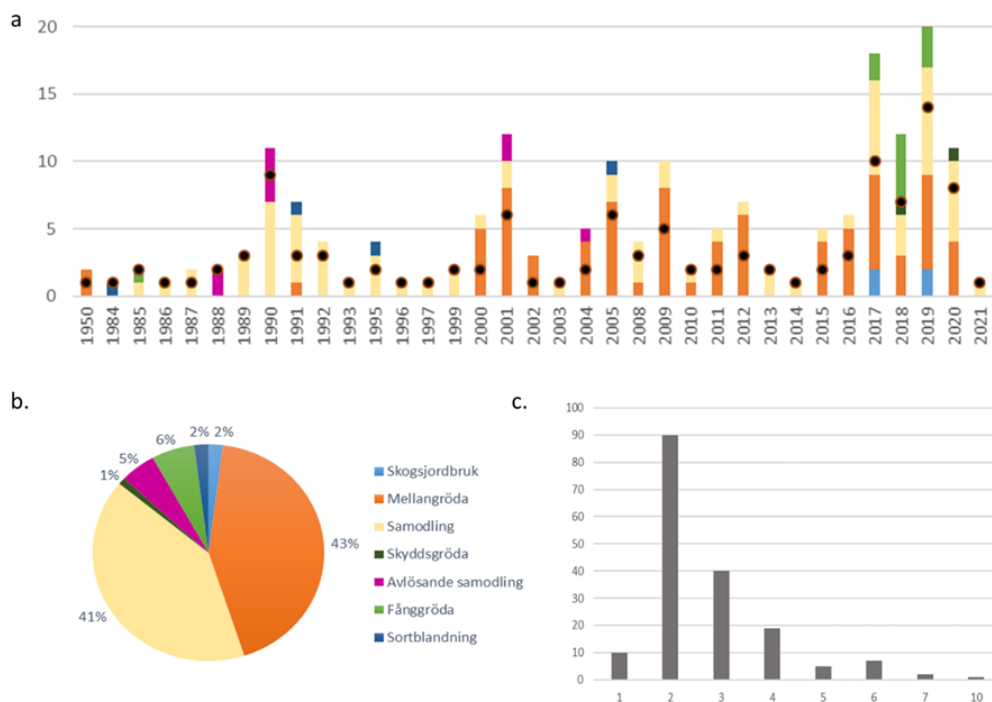
Figur 1. Ämnestillhörigheter för de 169 sökresultaten i ISI web of knowledge.



## 3.2. Beskrivande data

### 3.2.1. Fördelning över tid och diversifieringsåtgärder

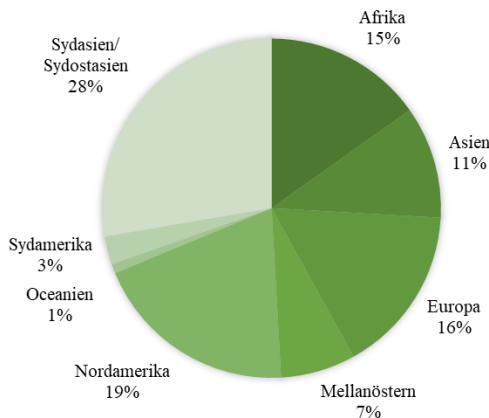
Antalet artiklar som publicerats inom ämnet diversifiering i anslutning till grödan potatis är i genomsnitt 3,25 per publiceringsår men det finns en trend mot ett ökande antal artiklar per år (figur 2a). Endast en artikel som nämner diversifiering inom potatis i sin titel är publicerad före år 1984 och det är då diversifieringstypen mellangröda som studeras. Antalet studier publicerade per år uppvisar ett mönster likt antalet artiklar (figur 2a). Diversifieringsåtgärden *Mellangröda* förekommer med undantag för tre studier fördelade på två artiklar inte före år 2000 men representerar ändå 43% av studierna (figur 2a, b). *Skogsjordbruk*, *fånggröda* och *skyddsgröda* utgör tillsammans endast 9% av studierna men förekommer inte före 2017, vilket pekar på att de kan vara relativt nya diversifieringsåtgärder att studera inom potatis. *Avlösande samodling* och *sortblandning*, sammanlagt 7% av studierna, förekommer istället bara fram till och med år 2005. Den enda diversifieringstypen som förekommer frekvent över hela tidsperioden är *samodling* som totalt representerar 41% av alla studier. Det vanligaste antalet odlingssäsonger per studie är två, men även en, tre, fyra, fem, sex, sju och tio odlingssäsonger förekommer (figur 2c).



Figur 2. Sammanställning av beskrivande data: a. stapeldiagram med antal studier (staplar) och artiklar (prickar) per år samt gradering på staplarna för diversifieringstyp; b. cirkeldiagram med diversifieringstyp som andelar av det totala antalet studier; c. stapeldiagram med antal odlingssäsonger per artikel.

### 3.2.2. Fördelning över regioner

Sammanställningen inkluderar artiklar från många olika regioner som sträcker sig över flera olika klimatzoner (figur 3). Fördelningen över olika regioner är inte jämn, till exempel är bara 3% av artiklarna från Sydamerika, jämfört med 28% från Sydästen/Sydostasien (figur 3, tabell 5). Vissa länder är väl representerade, 39 studier fördelade på 16 artiklar kommer från USA och 31 studier fördelade på 25 artiklar från Indien. Kanada, Kina, Polen och ligger någonstans i mitten medan övriga länder är representerade av endast en eller ett fåtal artiklar var (tabell 5).



Figur 3. Artiklarnas fördelning över regioner

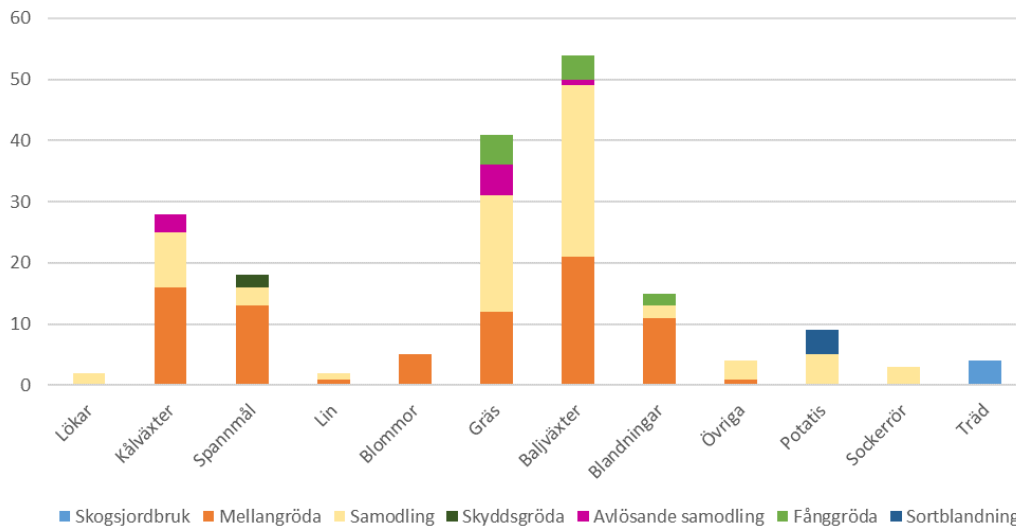
Tabell 5. Länder representerade i de olika regionerna

Region	Representerade länder
Afrika	Burundi, Etiopien, Kenya, Nigeria
Asien	Japan, Kina
Europa	Belgien, Estland, Italien, Polen, Schweiz, Storbritannien, Tyskland
Mellanöstern	Egypten, Iran, Israel, Turkiet
Nordamerika	Kanada, USA
Oceanien	Australien
Sydamerika	Peru
Sydasien/Sydostasien	Bangladesh, Bhutan, Filippinerna, Indien, Sri Lanka

### 3.2.3. Diversifieringsgrödor

De olika grupperna av växter (baljväxter, spannmål etc) som återfinns bland diversifieringsgrödorna förekommer i olika frekvens genom studierna (Figur 4). Dessa presenteras här per studie och inte per artikel eftersom vissa artiklar undersökte ett flertal växttyper. Baljväxter är den vanligaste växttypen för diversifiering i anslutning till potatis och utgör 29% av alla studier. Baljväxter är också den vanligaste gruppen av diversifieringsgröda för diversifieringstypen samodling. Gräs och kålväxter är också populära och representerar 22% respektive 15% av diversifieringsgrödorna i sammanställningen. Stapeln med etiketten *Blandningar* i figur 4 representerar de studier där två eller flera grupper av diversifieringsgrödor användes tillsammans i samma experiment, till exempel när klöver och gräs såddes tillsammans som en fånggröda som i en studie av Plaza et al. (2019), eller när spannmål och oljeväxter såddes tillsammans som en mellangröda, som i en studie av Schmidt et al. (2019). Den stapeln som representerar potatis i figur 4 innehåller givetvis alla de studier som undersöker sortblandningar men också de studier där potatis inte ansågs vara huvudgröda utan snarare diversifieringsgröda. Studierna där potatis var diversifieringsgröda ackompanjerad av annan huvudgröda utgör 3% av alla studier och huvudgrödorna för dessa studier var pelargon för oljeutvinning (en studie),

kaffeböna (en studie), oljeraps (en studie) och sockerrör (två studier). Dessa 3% av studierna utesluts ur den del av resultaten som visar diversifieringens effekter på grund av att kontrollbehandlingen är en annan än för övriga studier.

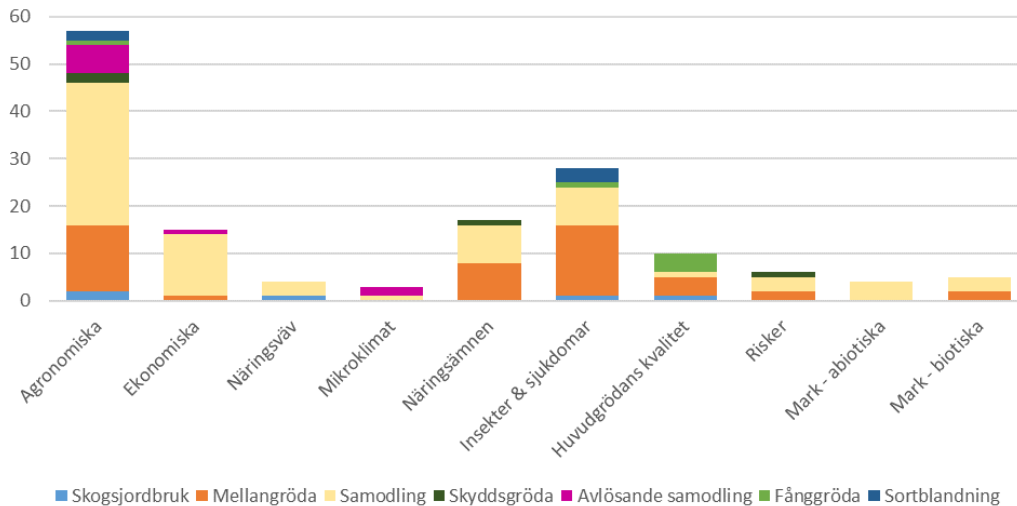


Figur 4. Grupper av diversifieringsgrödor och deras förekomst i studierna. Staplarnas gradering visar gröddgruppens fördelning över diversifieringsåtgärderna

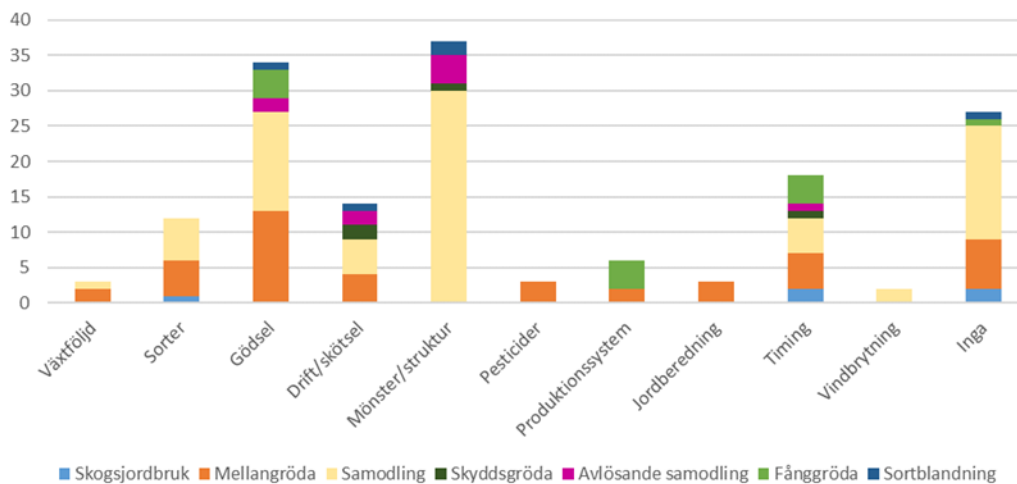
### 3.2.4. Målvariabler och övriga experimentella faktorer

För att kvantifiera effekterna av diversifieringen användes ett mångsidigt spann av målvariabler (figur 5). 45% av artiklarna använde en målvariabel, 46% använde två och 9% använde sig av tre målvariabler. Tydligt populärast är agronomiska målvariabler där alla typer av skördemätningar klassificeras in, vilka förekom i 61% av artiklarna. Under gruppen av agronomiska målvariabler förekommer mått av PEY (Potato equivalent yield), ett mått som omvandlar de sammanlagda skördarna av de grödor som ingår i diversifieringssystemet till ren skörd av potatis (skörd area<sup>-1</sup>), men detta kommer inte redovisas vidare under kommande sektioner eftersom uträkningen innehåller ekonomiska inslag med marknadspriser som kan variera med plats och tid. Detsamma gäller för de 13% av artiklarna som använder sig av ekonomiska målvariabler. Målvariablerna *Näringsämnen* och *Insekter och sjukdomar* återfinns i 15% respektive 25% av artiklarna. I 76% av artiklarna användes målvariablerna, förutom för kvantifiering av diversifieringen, också för att mäta effekten av övriga experimentella faktorer. Dessa kunde studeras för sig själva eller i kombination med diversifieringen för att se hur diversifieringen samspelar med sådana faktorer som ofta förekommer på gårdsnivå, till exempel gödselnivåer eller datum för sådd och plantering (figur 6). I presentationen av

övriga experimentella faktorer (figur 6) är en stapel med etiketten *inga* inkluderad för att påvisa att mängden artiklar vars enda experimentella faktor var gröddiversifiering var få (24%) i relation till det totala antalet artiklar. 33% av artiklarna inkluderade övriga experimentella faktorer i gruppen *mönster/struktur* och 30% inkluderade övriga experimentella faktorer i gruppen *gödsel*.



Figur 5. Artiklarnas målvariabler och deras fördelning över diversifieringsåtgärderna



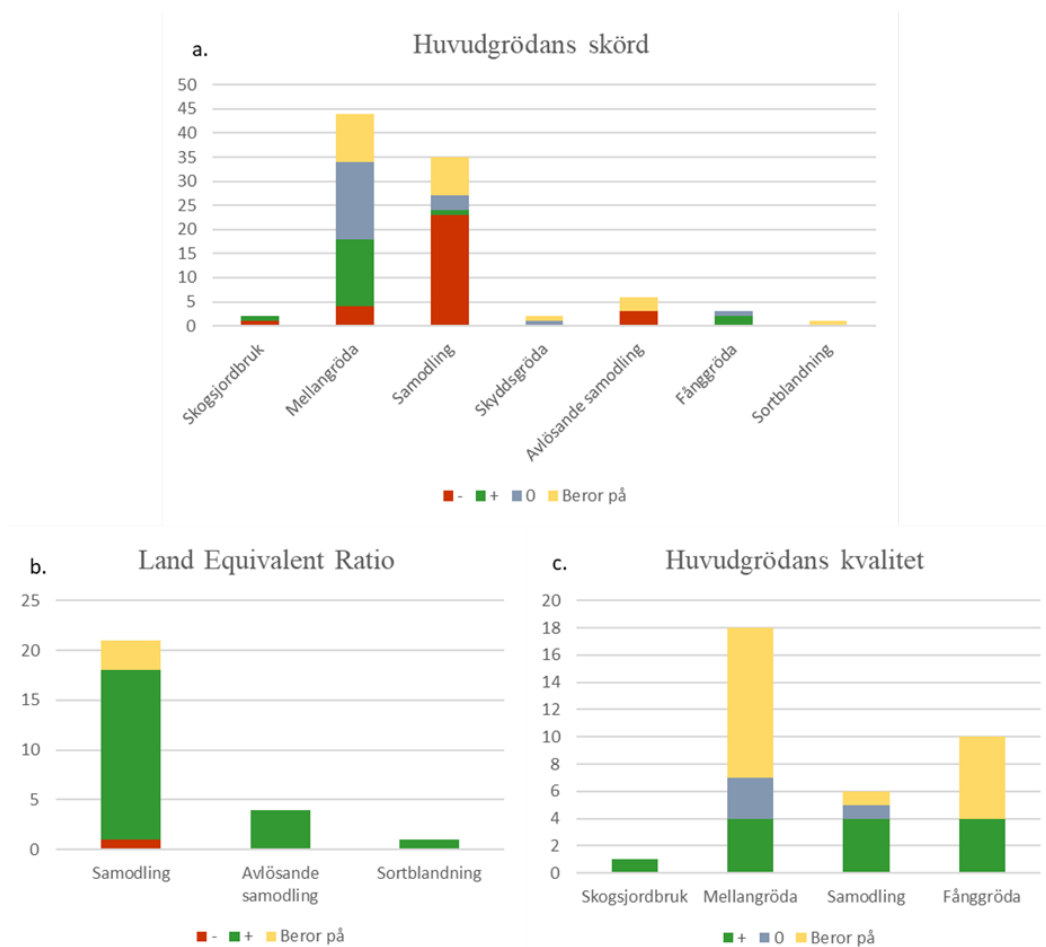
Figur 6. Övriga experimentella faktorer och deras fördelning över diversifieringsåtgärderna i artiklarna

### 3.3. Diversifieringens effekter och tjänster

Alla resultat som följer nedan visar på något sätt gröddiversifieringens effekter och presenteras därför i antal studier. De effekter som presenteras i figur 7–8 är generella och har klassificerats som -, +, 0 eller *Beror på*. Klassificering som - respektive + indikerar att diversifieringen resulterade i negativ respektive positiv effekt på studiernas målvariabler jämfört med kontroll (monokultur i de huvudsakligen rumsligt differentierade och träda i de huvudsakligen tidsmässigt differentierade diversifieringsåtgärderna). 0 indikerar att ingen signifikant skillnad jämfört med kontroll har observerats i studien. De studier som klassats som *Beror på* är studier som ger olika resultat beroende på säsong, lokala förhållanden, eller övriga experimentella faktorer - exempelvis varierande gödselgivor, datum för sådd eller planteringsmönster. I många fall varierade också resultaten när försök med flera diversifieringsgrödor inom samma grupp av diversifieringsgrödor (som definierat i tabell 4) utfördes i en studie. Med *huvudgröda* menas nedan potatis.

#### 3.3.1. Skörd, kvalitet och produktivitet

Av de totalt 93 studier från 56 artiklar som mätte potatisens skörd hade diversifieringsåtgärden en negativ inverkan i 34% av fallen och en positiv inverkan i 20% av fallen. Diversifieringens effekt på huvudgrödans, alltså potatisens, skörd fördelar sig olika över diversifieringsåtgärderna (figur 7a). De positiva effekterna som noteras på skörden förekommer framförallt i diversifieringsåtgärderna *mellangröda* och *fånggröda*. Värt att notera är att majoriteten av samodlingsstudierna hade negativ inverkan på skörden. Tittar en istället på LER-värdet så har samodlingsstudierna en överhängande positiv inverkan på produktiviteten (LER>1) då både huvudgröda och diversifieringsgrödans skörd räknas in (figur 7b). Inga av studierna gav en generellt försämrad kvalitet hos huvudgrödan (figur 7c). Kvalitetsparametrar som mättes för huvudgrödan potatis var näringsinnehåll, innehåll av glykoalkaloider samt bedömning av mängden gröna potatisknölar.



Figur 7. Diversifieringens effekt på agronomiska och kvalitativa variabler med antal studier på y-axlarna. a. Effekt på huvudgrödans skörd. b. Effekt på LER-värde, där + betyder  $LER > 1$  & - betyder  $LER < 1$ . c. Effekt på huvudgrödans kvalitet. För vidare förklaring av kategorierna +/-/0/beror på, se avsnitt 3.3

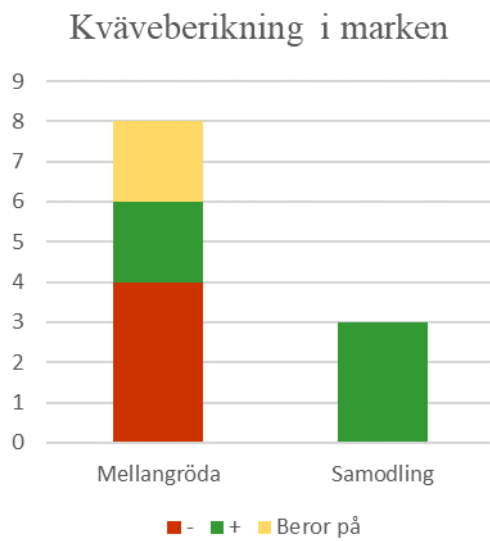
### 3.3.2. Näring, vatten och mark

18 studier mätte på olika sätt kväve inom odlingsystemet, men studierna mätte kväve i olika delar av odlingsystemet och resultaten går därför inte att sammanfatta i en gemensam figur. Elva av studiernas resultat gick att gruppera in under *Kväveberikning i marken* (figur 8). Studier som kvantifierade andra delar av kväveflödet var få och sammanfattas tillsammans med studier som på något sätt mätte fosfor, vattenhushållning eller jorderosion i tabell 6. Tydligt är att gröddiversifieringen hade positiv inverkan på NUE (Nitrogen use efficiency), kolförrådet i marken, vattenhushållning, jorderosion, mikrobiell aktivitet i jorden och temperaturreglering nedanför grödornas bladverk i de studier som mätte sådana parametrar.

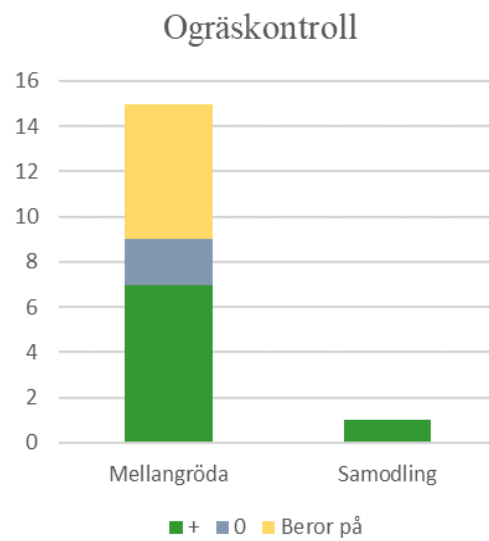
Tabell 6. Gröddiversifieringens inverkan på näring, vatten och markförhållanden. Färgade fält är en indikator på mängd/andel studier av totalen med positiva effekter på tjänsten. Djupare grön = större mängd/andel positiva resultat.

Tjänst	Fraktion av studier med positiv effekt på tjänst	Referens
Nitrogen Use Efficiency (NUE)	4/4	(Jahanzad et al. 2017a; Gitari et al. 2018b)
Grödans kväveupptag	3/5	<b>Positiv effekt:</b> (Rana & Singh 1992; Wilson et al. 2019) <b>Negativ effekt 2/5:</b> (Wilson et al. 2019)
Berikning av kol i marken	2/2	(Gitari et al. 2019; Wang et al. 2021)
PUE (Phosphorous use efficiency)	1/1	(Gitari et al. 2018b)
Berikning av fosfor i marken	1/1	(Gitari et al. 2019a)
Grödans fosforupptag	1/2	<b>Positiv effekt:</b> (Rana & Singh 1992) <b>Negativ effekt 1/2:</b> (Gitari et al. 2019a)
Vattenanvändning (avrinning, markfuktighet, vattenanvändningseffektivitet)	7/8	<b>Positiv effekt:</b> (Midmore et al. 1988a; Gitari et al. 2018a, 2019a; Nyawade et al. 2019b; Ren et al. 2019; Nyawade et al. 2020a; Zhang et al. 2020) <b>Beror på 1/8:</b> (Fan et al. 2016)
Markbevarande (jorderosion)	11/11	(Eshel et al. 2015; Nyawade et al. 2018, 2019a, 2020a; b; Nyiraneza et al. 2020b; Zhang et al. 2020)
Mikrobiell aktivitet	3/3	(Larkin et al. 2010; Qin et al. 2017; Nyawade et al. 2019c)
Temperaturreglering inom beståndet	5/5	(Midmore et al. 1988b; Govinden 1990; Nyawade et al. 2019b, 2020a; b)





Figur 8. Diversifieringsåtgärdernas effekter på markkvävenivåerna



Figur 9. Diversifieringsåtgärdernas effekter på ogräskontroll

### 3.3.3. Kontroll av ogräs, insekter och sjukdomar

Av de 17 studier som mätte diversifieringens inverkan på ogräs hade ingen en negativ effekt – diversifieringen ökade aldrig mängden ogräs. Åtta av dessa 17 studier påvisade en bättre ogräskontroll för diversifieringen än kontrollbehandlingen (figur 9). Bland de studier som mätte diversifieringens effekt på insekter eller sjukdomar låg fokus på en rad olika potatisskadegörare (tabell 7). Alla de negativa effekterna på insekter och sjukdomar som redovisas i tabell 7 förekom i diversifieringstypen *mellangröda*.

Tabell 7. Diversifieringens effekt på diverse målskadegörare i olika studier. Färgade fält är en indikator på mängd/andel studier av totalen med positiva alternativt negativa effekter på tjänsten. Grön = indikator för positiva resultat. Röd = indikator för negativa resultat.

Sjukdom/insekt	Fraktion av studier med positiv effekt	Referens
Bladlöss	2/4	<b>Positiv effekt:</b> (Mckinlay 1985; Mogahed 2003) <b>Ingen effekt 2/4:</b> (Dupuis et al. 2017)
Knäpparlarver	0/1	<b>Negativ effekt 1/1:</b> (Jansson & Lecrone 1991)
Minerare	0/1	<b>Beror på 1/1:</b> (Midmore & Alcazar 1991)
Nematoder	2/9	<b>Positiv effekt:</b> (Kimpinski et al. 2000; McKeown & Potter 2001) <b>Negativ effekt 1/9:</b> (McKeown & Potter 2001) <b>Ingen effekt 3/9:</b> (McKeown & Potter 2001) <b>Beror på 3/9:</b> (Kimpinski et al. 2000; Crow et al. 2001)
Bakteriell vissning	2/2	<b>Positiv effekt 2/2:</b> (Autrique & Potts 1987)
Mörk ringröta	1/1	<b>Positiv effekt:</b> (Messiha et al. 2019)
Potatisbladmögel	2/4	<b>Positiv effekt:</b> (Bouws & Finckh 2008) <b>Ingen effekt 1/4:</b> (Runno-Paurson et al. 2020) <b>Beror på 1/4:</b> (Phillips et al. 2005)
Potatisstävmal	3/4	<b>Positiv effekt:</b> (Lal 1991; Ya-qiang et al. 2020) <b>Beror på 1/4:</b> (Lal 1991)
Potatisvirus Y	2/2	<b>Positiv effekt:</b> (Dupuis et al. 2017)
Skorv	1/5	<b>Positiv effekt:</b> (Rouatt & Atkinson 1950) <b>Negativ effekt 2/5:</b> (Little et al. 2004) <b>Ingen effekt 1/5:</b> (Rouatt & Atkinson 1950) <b>Beror på 1/5:</b> (Griffin et al. 2009)

## 4. Diskussion

### 4.1. Begränsningar i litteratursökning och datainsamling

Söktermerna som gav sammanlagt 169 träffar resulterade i exkludering av 33% av artiklarna och skulle därmed kunna förbättras. Ordet *tuber* gav träffar på grödor med rotknölar som inte var potatis och andra grödor vars latinska namn innehåller ordet *tuber*, till exempel *Allium tuberosum* Rottler (Kinesisk gräslök). Eftersom eftersökt data från artiklarna inkluderade diversifieringens påverkan på skadegörare kunde söktermen *trap crop* inkluderats för ökat antal träffar inom ämnet. Termen *agroforestry* (skogsjordbruk) utelämnades av anledningen att det inte antogs appliceras i anknytning till potatis, men eftersom 2% av studierna trots detta handlade om skogsjordbruk så torde den med fördel kunnat inkluderas. 16% av artiklarna fanns inte tillgängliga i sin helhet utan endast som sammanfattning. Avsaknaden av tillgänglighet verkade öka ju äldre artiklarna blev och därför kan en begränsning av årtalen på vilka söktermerna appliceras vara rimlig att fundera över för att kunna få ut mer information ur en större del av artiklarna. Under arbetets gång framgick det att de sökträffar som var litteratursammanställningar inte riktigt passade på den data som samlades in från övriga artiklar och därför hamnade sammanställningar bland de exkluderade artiklarna och alltså kunde utelämnats vid materialsökningen.

De flesta kategorier av data som samlades in från artiklarna var användbara för framställning av tabeller och figurer som visualiserade resultaten men en del data blev alldeles för spretiga för att användas. I kategorin *Huvudgröda* angavs vilken sort av matpotatis som använts (i de försök där huvudgrödan var potatis), men eftersom studierna var utspridda över världen ingick en stor mängd olika sorter. Kategorin *koordinater* kunde ha använts för att dela in resultaten i klimatzoner, vilket kunde ge en bättre bild av vad diversifieringen kan bidra med i varierande klimat, vilket tyvärr inte gick att genomföra eftersom många artiklar inte angav koordinater.

Eftersom varje studie hade sin unika profil och sitt sätt att mäta effekten av diversifieringen var det inte alltid lätt att uppskatta och sortera in resultaten i kategorierna som valts för sammanställningen. Ett exempel är de många olika sätten att mäta kväve i studierna som omöjliggjorde indelning av effekten i +/-/0/beror på under en och samma kategori. Därför hamnade en del av studierna som mätte kväve under kategorin *Tjänster: övriga* med en förklaring av vad som mättes, istället för att hamna i den kategori som från början var avsedd för kvävemätningar. Ett annat exempel är att vissa studier angav att diversifieringen hade ökat huvudgrödans skörd, men det menades i dessa studier skörd per planta och inte skörd per area som majoriteten av övriga studier. Eftersom dessa två inte är jämförbara med varandra prioriterades studierna som angav diversifieringens effekt på skörd per area till kategorin där data för effekt på huvudgrödans skörd samlades.

Problem finns såklart med en generalisering av studiernas resultat och den påföljande indelningen av diversifieringens effekter i +/-/0/beror på. I vissa fall undersökte samma studie effekten av diversifiering med ett flertal arter inom samma grupp av diversifieringsgrödor. Ifall de olika arterna gav varierande resultat samlades dessa som *beror på* i litteratursammanställningens resultat eftersom de ingick i samma studie. I dessa fall framgår inte fördelar och nackdelar som kan komma av diversifiering med en specifik art. I andra fall kan ett resultat som inte har någon effekt på målvariablerna, och följaktligen skulle klassas som 0 i litteratursammanställningens resultat, ändå uppfattas som något positivt vilket inte framkommer av klassningen som 0. För att förklara närmre gäller detta för en studie av Nyiraneza et al. (2020a) där författarna tydligt förklarar i inledningen av sin artikel att problemet som de med insädd av skyddsgröda vill råda bot på är förekomsten av jorderosion efter potatissättning. Den reducerande effekten på jorderosion är från början konstaterad och bland studiens målvariabler ingår därför inte mätning av jorderosionen. Här skulle resultat utan effekt på målvariablerna kunna uppfattas som något positivt eftersom skyddsgrödan uppnår sitt syfte utan bekostnad på andra variabler i systemet.

## 4.2. Överblick gröddiversifiering: platser och grödor

Endast tre av studierna som inkluderades i sammanställningen är utförda i Sydamerika vilket är förvånande med tanke på att potatisen har sitt ursprung i denna region (Veteläinen 2001) och att det än idag odlas över 4000 sorters potatis av lantbrukare i de andiska högländerna med en minimal mängd kemiska insatsmedel (International Potato Center [CIP] 2020). Studier med fokus på gröddiversifiering i samband med potatisodling (i titeln) saknas också helt i de nordiska länderna vilket är synd eftersom potatis är en viktig gröda för oss i Sverige, år 2019 odlades matpotatis på 16 284 ha av Sveriges åkermark (SCB 2020).

Det är tydligt att studierna som ingår i sammanställningen uppvisar en stor bredd. Många diversifieringsgrödor tillhörande olika grupper undersöks och försöken är utförda i ett flertal regioner som sträcker sig över flera klimatzoner. Gröddiversifieringen kvantifieras på många olika sätt, med en mindre mängd studier som undersöker varje enskilda målvariabel. Studierna uppvisar också resultat som beror av en mängd olika faktorer (se avsnitt 3.2). De flesta studier är utförda över ett tidsspann på endast en eller ett fåtal odlingssäsonger och på en mindre skala. Av dessa anledningar bör resultaten tolkas med försiktighet. Fler långliggande studier på större skala (fält- eller gårdsnivå) och studier utförda under förhållanden lika varandra, med liknande diversifieringsgrödor och samma målvariabler skulle behövas för att bidra till en tydligare bild av vad gröddiversifiering i potatis kan innebära.

Att den vanligaste diversifieringsgrödan var baljväxter är föga förvånande med tanke på att ett av gröddiversifieringens största mål är att reducera insatserna, bland annat i form av gödselmedel. Det målet skulle kunna uppnås om diversifieringen lyckas dra nytta av baljväxternas förmåga att bidra med kväve till andra växter i systemet genom kvävefixering och rhizodeposition av kväve (Fustec et al. 2010) och förmågan hos vissa baljväxter att öka lösligheten av fosfor i marken (Wezel et al. 2014). Andra diversifieringsgrödor kan bidra till en förbättrad näringsbalans genom markbevarande effekter (reducerad jorderosion och därmed mindre näringsläckage) som påvisades i alla studier som mätte detta. I de fall då diversifieringen ledde till en ökad produktivitet eller ett ökat näringsinnehåll i potatisarna torde dock bortförsl av näring från jordbruksmarken bli större än i en monokultur vilket har en negativ effekt på målet att minska gödselbehovet. När det kommer till övriga experimentella faktorer är det inte förvånande att de vanligast förekommande faktorerna hörde till gruppen *agronomiska* eftersom det kan vara svårt att övertyga lantbrukare att implementera något som ger lägre skörd av huvudgrödan potatis även om andra positiva effekter påvisas. Eftersom diversifieringen kan bidra till minskat behov av insatsmedel är det intressant att de två grupper som kommer efter *övriga experimentella faktorer: agronomiska* i popularitet är *mönster/struktur* och *gödsel*, då dessa påverkar konkurrensförhållanden och därmed de olika arternas resursutnyttjanden (Verma & Yadav 1986; Little et al. 2004; Neugschwandtner & Kaul 2014; Jahanzad et al. 2017b).

### 4.3. Är gröddiversifiering en tjänst eller otjänst i potatis?

När det kommer till potatisskörden hade diversifieringen i studierna varierande resultat och den negativa inverkan på potatisskörden återfinns framförallt i de studier som undersökte diversifieringsåtgärderna samodling och avlösande

samodling. 26 av 41 studier som mätte skörden i dessa system gav en lägre skörd i det diversifierade systemet jämfört med kontrollen, medan endast en studie gav en högre skörd. Samtidigt som dessa siffror i sig själva verkar avskräckande för samodling och avlösande samodling med potatis finns ett bredare perspektiv där den totala produktionen i form av LER (Land equivalent ratio) visar att 21 av 25 studier som mäter LER i samodling eller avlösande samodling har en positiv inverkan på den totala produktiviteten i systemet vilket kan innebära att en ökad livsmedelsproduktion fastställs med hjälp av dessa diversifieringsåtgärder. Eftersom inga av de studier som hade potatisens kvalitet som målvariabel visade en negativ effekt finns potential för de diversifieringsåtgärder som ingick här (skogsjordbruk, mellangröda, samodling, fånggröda) att bidra till en säkrare livsmedel- och näringsförsörjning, dels eftersom färre potatisar måste sorteras bort till följd av kvalitetsfel (gröna potatisknölar), men också på grund av ett förbättrat näringsinnehåll i potatisarna.

Andra effekter av diversifiering som kan reducera insatsbehoven, och då i form av minskat behov av kemiska bekämpningsmedel, är kontroll av ogräs och skadegörare. I denna sammanställning påvisas enbart positiva eller neutrala effekter på ogräskontroll vilket visar att potential finns att minska behovet av herbicider i potatisodling med diversifierande åtgärder. När det gäller kontroll av insekter och sjukdomar ingår för få studier per skadegörare och därför är det svårt att dra några generella slutsatser för var och en av skadegörarna. Det kan dock noteras att bara i fyra av 33 studier hade diversifieringen en negativ effekt på skadegörare. I övrigt visar två studier en reducerande effekt på bladmögel vilket är en sjukdom av stor betydelse på potatis i Sverige och speciellt i ekologisk odling (Andersson & Sandström 2000). Detta kan vara värt att forska vidare på eftersom det idag går åt mycket kemiska bekämpningsmedel för att förebygga bladmögel i den konventionella odlingen som år 2018 uppgick till 92% av den totala potatisodlingen (SCB 2020).

Med ovan nämnda effekter av gröddiversifiering i potatis i åtanke kan det argumenteras för att gröddiversifieringen är både en tjänst och en otjänst i potatisodling. Själva potatisskörden verkar gå ned, alltså kan diversifieringen anses vara en otjänst. Däremot kan andra fördelar såsom ökad total produktivitet, förbättrad ogräs- och skadegörarkontroll samt bättre hushållning med resurser som vatten och näring tala för att diversifiering i potatis i det breda perspektivet är en tjänst, både för grödan potatis men också i form av minskad miljöpåverkan till följd av ett minskat behov av insatser.

## 4.4. Diversifiering för framtiden

De resultat som framkommer i den här litteratursammanställningen indikerar att gröddiversifiering i potatis kan bli ett verktyg för att inom odlingssystemet hantera de högre temperaturer och större mängder nederbörd som ett förändrat klimat innebär för Sverige (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] 2013).

Den reducerande effekt på jorderosion som påvisas i sammanställningen kan i sig vara incitament för ökad implementering av diversifiering i framtidens Sverige då jorderosionen kan komma att öka i betydelse till följd av framtida förändringar i nederbördsmönster. Diversifieringen kan också bli ett viktigt inslag i hanteringen skadegörare och ogräs, dels inom ekologisk odling men också för att reducera behovet av insatsmedel i konventionell odling. Behovet av detta kan öka om det införs nya förbud mot växtskyddsmedel som används idag, såsom nyligen skett med preparat som innehåller neonikotidoider (Kemikalieinspektionen [KI] 2020). Inom EU pågår idag en debatt om glyfosatets framtid, vars utfall kan påverka möjligheterna till ogräsbekämpning i konventionellt lantbruk. När temperaturerna ökar i framtidens Sverige kan problem med nya skadegörare eller ökad förekomst av redan besvärliga skadegörare uppstå, mot vilka preparat idag saknas eller är förbjudna. Detta gäller bland annat för nematoder (Fogelfors 2016), för vilka diversifiering i två av nio studier i denna sammanställning visade en kontrollerande effekt. Inga nematicider är idag godända inom EU (Tronsmo et al. 2020) vilket kan motivera fortsatt utforskning av gröddiversifieringens effekter på nematoder. En ökad implementering av diversifiering kan också motiveras av den temperaturreglerande effekt inom grödbestånden som diversifieringen i denna sammanställning visas ha.

## 4.5. Slutsatser

I den här sammanställningen har diversifieringsåtgärder i potatis identifierats och användningen av dem har undersökts baserat på var studierna utförts och vilka grödor som ingick i diversifieringen. Olika målvariabler för kvantifiering av diversifieringen samt vilka experimentella faktorer utöver diversifiering som ingick i studierna har identifierats. De generella effekterna av diversifieringen har bedömts och sammanfattats med syftet att kunna föra en diskussion kring vad forskning inom diversifiering i potatis hittills bidragit med och vilka möjligheter implementering av gröddiversifiering i potatis ser ut att ha, men också för att belysa var det ännu saknas forskning och kunskap på ämnet.

Faktorer såsom minskade insatser i form av pesticider och mineralgödsel, markbevarande effekter, ökad kolinlagring med flera (se inledning), talar för en

ökad implementering av diversifiering i jordbruket. Denna sammanställning visar att gröddiversifiering i potatis har *potential* att bidra till ovan nämnda tjänster genom positiva effekter på variabler inom områdena produktivitet, resursutnyttjande, ogräskontroll, skadegörarkontroll och markbevarande.

Sammanfattningsvis behövs mer forskning för att kunna dra tydliga slutsatser kring effekten av specifika diversifieringssystem i potatisodling under varierande förhållanden.



## Referenser

- Andersson, B. & Sandström, M. (2000). *FAKTABLAD OM VÄXTSKYDD - JORDBRUK*. (39J). Uppsala: SLU, Inst. för ekologi. [https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/ekol/faktablad/faktablad-vaxtskydd/faktablad\\_om\\_vaxtskydd\\_39j.pdf](https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/ekol/faktablad/faktablad-vaxtskydd/faktablad_om_vaxtskydd_39j.pdf)
- Autrique, A. & Potts, M. (1987). The Influence of Mixed Cropping on the Control of Potato Bacterial Wilt (*pseudomonas-Solanacearum*). *Annals of Applied Biology*, 111 (1), 125–133. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1987.tb01439.x>
- Bouws, H. & Finckh, M.R. (2008). Effects of strip intercropping of potatoes with non-hosts on late blight severity and tuber yield in organic production. *Plant Pathology*, 57 (5), 916–927. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2008.01860.x>
- Crow, W.T., Weingartner, D.P., Dickson, D.W. & McSorley, R. (2001). Effect of sorghum-sudangrass and velvetbean cover crops on plant-parasitic nematodes associated with potato production in Florida. *Journal of Nematology*, 33 (4), 285–288
- Ditzler, L., Apeldoorn, D.F. van, Schulte, R.P.O., Tittonell, P. & Rossing, W.A.H. (2021). Redefining the field to mobilize three-dimensional diversity and ecosystem services on the arable farm. *European Journal of Agronomy*, 122, 126197. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126197>
- Duchene, O., Vian, J.-F. & Celette, F. (2017). Intercropping with legume for agroecological cropping systems: Complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. A review. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 240, 148–161. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.02.019>
- Dupuis, B., Cadby, J., Goy, G., Tallant, M., Derron, J., Schwaerzel, R. & Steinger, T. (2017). Control of potato virus Y (PVY) in seed potatoes by oil spraying, straw mulching and intercropping. *Plant Pathology*, 66 (6), 960–969. <https://doi.org/10.1111/ppa.12698>
- Eshel, G., Egozi, R., Goldwasser, Y., Kashti, Y., Fine, P., Hayut, E., Kazukro, H., Rubin, B., Dar, Z., Keisar, O. & DiSegni, D.M. (2015). Benefits of growing potatoes under cover crops in a Mediterranean climate. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 211, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.05.002>
- Fan, Z., An, T., Wu, K., Zhou, F., Zi, S., Yang, Y., Xue, G. & Wu, B. (2016). Effects of intercropping of maize and potato on sloping land on the water balance and surface runoff. *Agricultural Water Management*, 166, 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.12.006>
- Feliciano, D. (2019). A review on the contribution of crop diversification to Sustainable Development Goal 1 "No poverty" in different world regions. *Sustainable Development*, 27 (4), 795–808. <https://doi.org/10.1002/sd.1923>
- Fogelfors, H. (2016). *Vår mat : odling av åker- och trädgårdsgörödor : biologi, förutsättningar och historia*. Lund: Studentlitteratur.

- Fustec, J., Lesuffleur, F., Mahieu, S. & Cliquet, J.-B. (2010). Nitrogen rhizodeposition of legumes. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30 (1), 57–66. <https://doi.org/10.1051/agro/2009003>
- Geisseler, D. & Wilson, R. (2020). Nitrogen in potato rotations with cover crops: Field trial and simulations using DSSAT. *Agronomy Journal*, 112 (3), 2275–2287. <https://doi.org/10.1002/agj2.20177>
- Gitari, H.I., Gachene, C.K.K., Karanja, N.N., Kamau, S., Nyawade, S. & Schulte-Geldermann, E. (2019a). Potato-legume intercropping on a sloping terrain and its effects on soil physico-chemical properties. *Plant and Soil*, 438 (1–2), 447–460. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04036-7>
- Gitari, H.I., Gachene, C.K.K., Karanja, N.N., Kamau, S., Nyawade, S., Sharma, K. & Schulte-Geldermann, E. (2018a). Optimizing yield and economic returns of rain-fed potato (*Solanum tuberosum* L.) through water conservation under potato-legume intercropping systems. *Agricultural Water Management*, 208, 59–66. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.005>
- Gitari, H.I., Karanja, N.N., Gachene, C.K.K., Kamau, S., Sharma, K. & Schulte-Geldermann, E. (2018b). Nitrogen and phosphorous uptake by potato (*Solanum tuberosum* L.) and their use efficiency under potato-legume intercropping systems. *Field Crops Research*, 222, 78–84. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.03.019>
- Gitari, H.I., Nyawade, S.O., Kamau, S., Gachene, C.K.K., Karanja, N.N. & Schulte-Geldermann, E. (2019b). Increasing potato equivalent yield increases returns to investment under potato-legume intercropping systems. *Open Agriculture*, 4 (1), 623–629. <https://doi.org/10.1515/opag-2019-0062>
- Glaze-Corcoran, S., Hashemi, M., Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Afshar, R.K., Liu, X. & Herbert, S.J. (2020). Understanding intercropping to improve agricultural resiliency and environmental sustainability. I: Sparks, D.L. (red.) *Advances in Agronomy, Vol 162*. London: Academic Press Ltd-Elsevier Science Ltd, 199–256. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.02.004>
- Govinden, N. (1990). Intercropping of Sugarcane with Potato in Mauritius - a Successful Cropping System. *Field Crops Research*, 25 (1–2), 99–110. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(90\)90075-M](https://doi.org/10.1016/0378-4290(90)90075-M)
- Griffin, T.S., Larkin, R.P. & Honeycutt, C.W. (2009). Delayed Tillage and Cover Crop Effects in Potato Systems. *American Journal of Potato Research*, 86 (2), 79–87. <https://doi.org/10.1007/s12230-008-9050-2>
- Hufnagel, J., Reckling, M. & Ewert, F. (2020). Diverse approaches to crop diversification in agricultural research. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40 (2), 14. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00617-4>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) *CLIMATE CHANGE 2013 - The Physical Science Basis; Summary for Policymakers, Technical Summary and Frequently Asked Questions*. [http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5\\_SummaryVolume\\_FINAL.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf) [2021-05-17]
- International Potato Center (CIP) (u.å.) *Native potato varieties*. <https://cipotato.org/potato/> [2021-05-20]
- Jahanzad, E., Barker, A.V., Hashemi, M., Sadeghpour, A. & Eaton, T. (2017a). Forage Radish and Winter Pea Cover Crops Outperformed Rye in a Potato Cropping System. *Agronomy Journal*, 109 (2), 646–653. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.06.0342>
- Jahanzad, E., Barker, A.V., Hashemi, M., Sadeghpour, A., Eaton, T. & Park, Y. (2017b). Improving yield and mineral nutrient concentration of potato tubers through cover cropping. *Field Crops Research*, 212, 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.06.023>

- Jansson, R. & Lecrone, S. (1991). Effects of Summer Cover Crop Management on Wireworm (coleoptera, Elateridae) Abundance and Damage to Potato. *Journal of Economic Entomology*, 84 (2), 581–586. <https://doi.org/10.1093/jee/84.2.581>
- Jordbruksverket (2021). *Bekämpningsrekommendationer - svampar och insekter*. Jordbruksverkets växtskyddscentraler. : [www.jordbruksverket.se/bekampningsrek](http://www.jordbruksverket.se/bekampningsrek) [2021-05-19]
- Kemikalieinspektionen (KI) (2020). *Neonikotinoider*. <https://www.kemi.se/bekampningsmedel/vaxtskyddsmedel/verksammannen-i-vaxtskyddsmedel/neonikotinoider> [2021-05-17]
- Kimpinski, J., Arsenault, W.J., Gallant, C.E. & Sanderson, J.B. (2000). The effect of marigolds (*Tagetes* spp.) and other cover crops on *Pratylenchus penetrans* and on following potato crops. *Journal of Nematology*, 32 (4), 531–536
- Kurupparachchi, D. (1990). Intercropped Potato (*solanum* Spp) - Effect of Shade on Growth and Tuber Yield in the Northwestern Regosol Belt of Sri-Lanka. *Field Crops Research*, 25 (1–2), 61–72. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(90\)90072-J](https://doi.org/10.1016/0378-4290(90)90072-J)
- Lal, L. (1991). Effect of Intercropping on the Incidence of Potato-Tuber Moth, *Phthorimaea-Operculella* (zeller). *Agriculture Ecosystems & Environment*, 36 (3–4), 185–190. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(91\)90015-P](https://doi.org/10.1016/0167-8809(91)90015-P)
- Larkin, R.P., Griffin, T.S. & Honeycutt, C.W. (2010). Rotation and Cover Crop Effects on Soilborne Potato Diseases, Tuber Yield, and Soil Microbial Communities. *Plant Disease*, 94 (12), 1491–1502. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-10-0172>
- Lithourgidis, A.S., Dordas, C.A., Damalas, C.A. & Vlachostergios, D.N. (2011). Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science*, 5 (4), 396–410
- Little, S.A., Hocking, P.J. & Greene, R.S.B. (2004). A preliminary study of the role of cover crops in improving soil fertility and yield for potato production. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 35 (3–4), 471–494. <https://doi.org/10.1081/CSS-120029726>
- Maitra, S., Hossain, A., Brestic, M., Skalicky, M., Ondrisik, P., Gitari, H., Brahmachari, K., Shankar, T., Bhadra, P., Palai, J.B., Jena, J., Bhattacharya, U., Duvvada, S.K., Lalichetti, S. & Sairam, M. (2021). Intercropping-A Low Input Agricultural Strategy for Food and Environmental Security. *Agronomy-Basel*, 11 (2), 343. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020343>
- McKeown, A.W. & Potter, J.W. (2001). Yield of "Superior" potatoes (*Solanum tuberosum*) and dynamics of root-lesion nematode (*Pratylenchus penetrans*) populations following 'nematode suppressive' cover crops and fumigation. *Phytoprotection*, 82 (1), 13–23. <https://doi.org/10.7202/706211ar>
- Mckinlay, R. (1985). Effect of Undersowing Potatoes with Grass on Potato Aphid Numbers. *Annals of Applied Biology*, 106 (1), 23–29. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1985.tb03090.x>
- Messiha, N. a. S., Elhalag, K.M.A., Balabel, N.M., Farag, S.M.A., Matar, H.A., Hagag, M.H., Khairy, A.M., Abd El-Aliem, M.M., Eleiwa, E., Saleh, O.M.E. & Farag, N.S. (2019). Microbial biodiversity as related to crop succession and potato intercropping for management of brown rot disease. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 29 (1), 84. <https://doi.org/10.1186/s41938-019-0185-x>
- Midmore, D. & Alcazar, J. (1991). Mixed Planting of Potato Cultivars - Growth, Yield and Leafminer Damage in the Cool Tropics. *Experimental Agriculture*, 27 (3), 305–318. <https://doi.org/10.1017/S0014479700019025>
- Midmore, D., Berrios, D. & Roca, J. (1988a). Potato (*solanum* Spp) in the Hot Tropics .5. Intercropping with Maize and the Influence of Shade on Tuber

- Yields. *Field Crops Research*, 18 (2–3), 159–176. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(88\)90006-8](https://doi.org/10.1016/0378-4290(88)90006-8)
- Midmore, D., Roca, J. & Berrios, D. (1988b). Potato (*Solanum Spp*) in the Hot Tropics .4. Intercropping with Maize and the Influence of Shade on Potato Microenvironment and Crop Growth. *Field Crops Research*, 18 (2–3), 141–157. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(88\)90005-6](https://doi.org/10.1016/0378-4290(88)90005-6)
- Mogahed, M.I. (2003). Influence of intercropping on population dynamics of major insect-pests of potato (*Solanum tuberosum*) in North Sinai Governorate, Egypt. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 73 (10), 546–549
- Neugschwandtner, R.W. & Kaul, H.-P. (2014). Sowing ratio and N fertilization affect yield and yield components of oat and pea in intercrops. *Field Crops Research*, 155, 159–163. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.09.010>
- Nyawade, S., Gitari, H.I., Karanja, N.N., Gachene, C.K.K., Schulte-Geldermann, E., Sharma, K. & Parker, M.L. (2020a). Enhancing Climate Resilience of Rain-Fed Potato Through Legume Intercropping and Silicon Application. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 566345. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.566345>
- Nyawade, S., Karanja, N., Gachene, C., Parker, M. & Schulte-Geldermann, E. (2018). Susceptibility of soil organic matter fractions to soil erosion under potato-legume intercropping systems in central Kenya. *Journal of Soil and Water Conservation*, 73 (5), 567–576. <https://doi.org/10.2489/jswc.73.5.567>
- Nyawade, S.O., Gachene, C.K.K., Karanja, N.N., Gitari, H.I., Schulte-Geldermann, E. & Parker, M.L. (2019a). Controlling soil erosion in smallholder potato farming systems using legume intercrops. *Geoderma Regional*, 17, e00225. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2019.e00225>
- Nyawade, S.O., Karanja, N.N., Gachene, C.K.K., Gitari, H., Schulte-Geldermann, E. & Parker, M. (2020b). Optimizing soil nitrogen balance in a potato cropping system through legume intercropping. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 117 (1), 43–59. <https://doi.org/10.1007/s10705-020-10054-0>
- Nyawade, S.O., Karanja, N.N., Gachene, C.K.K., Gitari, H., Schulte-Geldermann, E. & Parker, M.L. (2019b). Intercropping Optimizes Soil Temperature and Increases Crop Water Productivity and Radiation Use Efficiency of Rainfed Potato. *American Journal of Potato Research*, 96 (5), 457–471. <https://doi.org/10.1007/s12230-019-09737-4>
- Nyawade, S.O., Karanja, N.N., Gachene, C.K.K., Gitari, H., Schulte-Geldermann, E. & Parker, M.L. (2019c). Short-term dynamics of soil organic matter fractions and microbial activity in smallholder potato-legume intercropping systems. *Applied Soil Ecology*, 142, 123–135. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.04.015>
- Nyiraneza, J., Hann, S., Owen, J., Zebbarth, B.J., Stiles, K. & Fillmore, S. (2020a). Under-seeding potato with nurse crops in eastern Canada: challenges and opportunities. *Canadian Journal of Plant Science*, 100 (6), 697–706. <https://doi.org/10.1139/cjps-2019-0317>
- Nyiraneza, J., Zebbarth, B.J., Fillmore, S.A.E., Khakbazan, M., Hann, S.W.R. & Owen, J. (2020b). Enhancing Environmental Performance with Winter Cover Cropping after Potato Harvest in Eastern Canada. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51 (11), 1499–1513. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1784920>
- Phillips, S.L., Shaw, M.W. & Wolfe, M.S. (2005). The effect of potato variety mixtures on epidemics of late blight in relation to plot size and level of resistance. *Annals of Applied Biology*, 147 (3), 245–252. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.00027.x>

- Plaza, A., Gasiorowska, B., Rzazewska, E., Cybulska, A. & Gorski, R. (2019). The effect of manuring with undersown catch crop, and production system on the potato tuber content of microelements. *Italian Journal of Agronomy*, 14 (3), 176–182. <https://doi.org/10.4081/ija.2019.1343>
- Ponisio, L.C., M'Gonigle, L.K., Mace, K.C., Palomino, J., de Valpine, P. & Kremen, C. (2015). Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282 (1799), 20141396. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.1396>
- Qin, X.M., Zheng, Y., Tang, L. & Long, G.Q. (2017). Crop rhizospheric microbial community structure and functional diversity as affected by maize and potato intercropping. *Journal of Plant Nutrition*, 40 (17), 2402–2412. <https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1346674>
- Rana, N. & Singh, H. (1992). Uptake of Nitrogen, Phosphorus and Potash by Potato (*Solanum-Tuberosum*), Mustard (*brassica-Juncea*) and Their Intercropping System. *Indian Journal of Agronomy*, 37 (4), 666–668
- Ren, J., Zhang, L., Duan, Y., Zhang, J., Evers, J.B., Zhang, Y., Su, Z. & van der Werf, W. (2019). Intercropping potato (*Solanum tuberosum* L.) with hairy vetch (*Vicia villosa*) increases water use efficiency in dry conditions. *Field Crops Research*, 240, 168–176. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.12.002>
- Roder, W., Anderhalden, E., Gurung, P. & Dukpa, P. (1992). Potato Intercropping Systems with Maize and Faba Bean. *American Potato Journal*, 69 (3), 195–202. <https://doi.org/10.1007/BF02856552>
- Rouatt, J. & Atkinson, R. (1950). The Effect of the Incorporation of Certain Cover Crops on the Microbiological Balance of Potato Scab Infested Soil. *Canadian Journal of Research Section C-Botanical Sciences*, 28 (1), 140–152. <https://doi.org/10.1139/cjr50c-007>
- Runno-Paurson, E., Laaniste, P., Eremeev, V., Tahtjarv, T., Kaurilind, E., Tosens, T., Niinemets, U. & Williams, I.H. (2020). Does winter oilseed rape as a winter cover crop influence potato late blight development in an organic crop rotation? *Biological Agriculture & Horticulture*, 36 (2), 71–83. <https://doi.org/10.1080/01448765.2019.1680432>
- Schmidt, J.H., Junge, S. & Finckh, M.R. (2019). Cover crops and compost prevent weed seed bank buildup in herbicide-free wheat-potato rotations under conservation tillage. *Ecology and Evolution*, 9 (5), 2715–2724. <https://doi.org/10.1002/ece3.4942>
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Rose, S., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M., Rypdal, K., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B. & Sirotenko, O. (2007). Agriculture. In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press
- Statistiska Centralbyrån (SCB) (2020). *Jordbruksstatistisk sammanställning*. <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2020-08-14-jordbruksstatistisk-sammanstallning-2020> [2021-05-24]
- Tronsmo, A.M., Collinge, D., Djurle, A., Munk, L., Yuen, J. & Tronsmo, A. (2020). *Plant pathology and plant diseases*. Boston, MA: CAB International.
- Verma, R. & Yadav, R. (1986). Growth and Yield of Sugarcane and Potato in Companion Cropping System. *Journal of Agricultural Science*, 107, 125–131. <https://doi.org/10.1017/S0021859600066879>
- Verma, R.K., Yadav, A., Verma, R.S., Rahman, L.-U. & Khan, K. (2014). Intercropping of aromatic crop *Pelargonium graveolens* with *Solanum*

- tuberosum for better productivity and soil health. *Journal of Environmental Biology*, 35 (6), 1165–1171
- Veteläinen, M. (2001). *Potatis i Norden : en beskrivning av gamla potatissorter bevarade hos Nordiska genbanken*. Varberg : CAL-förl.
- Wale, S., Platt, H.W. (Bud) & Cattlin, N.D. (2008). *Diseases, pests and disorders of potatoes : a colour handbook*. London: Manson.
- Wang, D., Zhao, P., Xiang, R., He, S., Zhou, Y., Yin, X. & Long, G. (2021). Nitrogen fertilization overweighs intercropping in promotion of dissolved organic carbon concentration and complexity in potato-cropped soil. *Plant and Soil*,. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-04876-2>
- Wezel, A., Casagrande, M., Celette, F., Vian, J.-F., Ferrer, A. & Peigne, J. (2014). Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34 (1), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0180-7>
- Wilson, R., Culp, D., Peterson, S., Nicholson, K. & Geisseler, D. (2019). Cover crops prove effective at increasing soil nitrogen for organic potato production. *California Agriculture*, 73 (2), 79–89. <https://doi.org/10.3733/ca.2019a0005>
- Ya-qiang, Z., Li-min, Z., Bin, C., Nai-sheng, Y., Fu-rong, G., Qing-an, Z., Guang-zu, D., Shu-q, H., Zheng-yue, L., Yu-lin, G. & Guan-li, X. (2020). Potato/Maize intercropping reduces infestation of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) by the enhancement of natural enemies. *Journal of Integrative Agriculture*, 19 (2), 394–405. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62699-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62699-7)
- Zhang, G., Yang, Z. & Dong, S. (2011). Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system. *Field Crops Research*, 124 (1), 66–73. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.06.006>
- Zhang, X., Wu, K., Fullen, M.A. & Wu, B. (2020). Synergistic effects of vegetation layers of maize and potato intercropping on soil erosion on sloping land in Yunnan Province, China. *Journal of Mountain Science*, 17 (2), 423–434. <https://doi.org/10.1007/s11629-019-5392-0>
- Zimdahl, R.L. (2018). Allelopathy. *Fundamentals of Weed Science*. Elsevier, 253–270. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811143-7.00009-3>

# Tack

Jag vill rikta ett stort tack till min fantastiska handledare Laura för mycket inspiration och stöttning genom arbetet för denna uppsats.

# Bilaga 1

Se separat fil.