



Ökar samodling effektiviteten av markanvändningen i svenskt jordbruk?

Emma Orsvärn



Självständigt arbete i Biologi • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för Växtproduktionsekologi
Uppsala 2024



Ökar samodling effektiviteten av markanvändningen i svenskt jordbruk?

Does intercropping increase the efficiency of the land use in Swedish agriculture?

Emma Orsvärn

Handledare: Anneli Adler, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Växtproduktionsekologi
Bitr. handledare: Erik Öckinger, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Ekologi
Examinator: Ingrid Öborn, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Växtproduktionsekologi

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i Biologi
Kurskod: EX0894
Program/utbildning: Fristående kurser
Kursansvarig inst.: Institutionen för Vatten och Miljö
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2024
Omslagsbild: Anneli Adler
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: samodling, monokultur, ekologisk intensifiering, diversifiering, kvävefixerande baljväxter, spannmål, biomassa, skörd, kärnskörd, hållbart jordbruk, biologisk mångfald, kolinlagring

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för Naturresurser och Jordbruksvetenskap
Institutionen för Växtproduktionsekologi

Sammanfattning

Samodling är en jordbruksmetod som har visat sig öka den biologiska mångfalden i odlingslandskapet samt minska miljöpåverkan och behovet av insatsmedel som gödsel och bekämpningsmedel. Detta genom odling av flera olika grödor som kompletterar varandra för att uppnå en mer effektiv resursanvändning och en högre motståndskraft mot stressfaktorer som extrema väderförhållanden eller sjukdomar. Odlingsmetoden har dessutom rapporterats medföra en ökad produktivitet jämfört med odling i monokultur.

Syftet med denna studie var att undersöka om samodling ökar effektiviteten av markanvändningen i svenskt jordbruk, genom att jämföra den totala ovanjordiska biomassen och kärnskörden i samodlingar och monokulturer på samma skifte på ett antal gårdar i Mälardalen. Odlingsmetoden samodling valdes ut genom intervjuer med lantbrukare om hur de skulle bruka sin jord i syfte att öka biologisk mångfald. Det som odlades på de gårdar som ingick i studien var olika kombinationer av spannmål och kvävefixerande baljväxter. Arbetets hypoteser var 1) samodling ger en högre ovanjordisk biomassa per ytenhet jämfört med en monokultur, samt 2) samodling ger en högre kärnskörd per ytenhet jämfört med en monokultur.

Studien är en del av projektet SHOWCASE som är ett internationellt EU-finansierat projekt med målet att integrera biologisk mångfald i jordbrukslandskapet, för att främja naturvård och samtidigt bibehålla livsmedelsproduktionen.

Resultaten i denna studie visar att samodling av kvävefixerande baljväxter och spannmål skulle kunna öka den totala biomassen ovan jord och därmed bidra till bland annat en ökad kolinlagring i jordbruksmarken. Den totala biomassen i samtliga samodlingar var i genomsnitt 18% högre än i motsvarande monokulturer. En tendens till en högre kärnskörd i samodling observerades då kärnskörden i genomsnitt var 10% högre i samtliga samodlingar än i motsvarande monokulturer. Då skillnaden inte var statistiskt signifikant drogs slutsatsen att en lika hög kärnskörd som vid odling i monokultur kan uppnås genom samodling. Underlaget för den statistiska analysen skulle behöva förbättras genom att inkludera fler skiften i studien och samla in fler prover per skifte, då antalet skiften och antalet prover per skifte i denna studie begränsade möjligheterna till signifikanta resultat. De begränsningar som upptäckts under detta arbete kommer att tas i beaktande under fältarbetssäsongen 2023, för att kunna få ett tydligare resultat.

Avslutningsvis tyder studien på att samodling är en mer miljövänlig odlingsmetod jämfört med odling i monokultur. Samodling ökar effektiviteten av markanvändningen i svenskt jordbruk utan att minska kärnskörden samtidigt som den totala biomassen ovan jord ökar.

Nyckelord: samodling, monokultur, ekologisk intensifiering, diversifiering, kvävefixerande baljväxter, spannmål, biomassa, skörd, kärnskörd, hållbart jordbruk, biologisk mångfald, kolinlagring

Abstract

Intercropping is an agricultural method that has been shown to increase farmland biodiversity and decrease environmental impact as well as the need for anthropogenic inputs such as fertilizer and pesticides. This is done by co-cultivating multiple crops with different growth forms that complement each other to achieve a more efficient resource use and a higher resilience to stress, such as extreme weather conditions or disease. Furthermore, the method has been reported to result in an increased productivity as compared to sole cropping, *i. e.* monoculture.

The purpose of this study was to investigate if intercropping increases the efficiency of the land use in Swedish agriculture, by comparing the total above-ground biomass and the grain yield in intercrops and sole crops on the same field, on several farms in Mälardalen, Sweden. The method of intercropping was chosen through interviews with farmers about how they would manage their land to increase biodiversity. Different combinations of cereals and nitrogen fixing legumes were grown on the farms included in the study. The hypotheses of this study were 1) intercropping gives a higher total above-ground biomass per surface area as compared to sole cropping, and 2) intercropping gives a higher grain yield per surface area as compared to sole cropping.

The study is a part of the project SHOWCASE; an international EU-funded project with the goal of integrating biodiversity in the agricultural landscape, to promote nature conservation and simultaneously maintain food production.

The results in this study indicate that intercropping of nitrogen fixing legumes and cereals could increase the total above-ground biomass and thereby contribute to an increased carbon sequestration in farmlands. The biomass in all intercrops in this study was on average 18% higher than in the corresponding sole crops. A tendency for a higher grain yield in intercrops was observed, as the grain yield was on average 10% higher in all intercrops than in the corresponding sole crops. However, this difference was not statistically significant. It was concluded that a grain yield equivalent to that of a sole crop could be achieved by intercropping. The basis for the statistical analysis would need to be improved by including more fields in the analysis and collecting more samples per field, as the number of sampled fields and the number of samples per field in this study limited the possibilities of significant results. The limitations discovered during this study will be considered during the field work season in 2023, to achieve more clear results.

Finally, the study indicates that intercropping is a more environmentally friendly agricultural method as compared to sole cropping. Intercropping increases the efficiency of the land use in Swedish agriculture without reducing the grain yield, while simultaneously increasing the total above-ground biomass.

Keywords: intercropping, sole cropping, monoculture, ecological intensification, diversification, nitrogen fixing legumes, cereals, total above-ground biomass, grain yield, sustainable agriculture, biodiversity, carbon sequestration

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	7
Figurförteckning.....	8
Förkortningar och begrepp	9
1. Introduktion	11
1.1 Samodling som hållbar jordbruksmetod	11
1.2 Arbetets syfte och hypoteser	12
2. Bakgrund/Litteraturstudie	14
2.1 Samodlingen i historien.....	14
2.2 Mer effektivt resursutnyttjande.....	14
2.2.1 Kvävefixerande grödor.....	15
2.3 Ogräshantering	16
2.4 Ökat proteininnehåll	16
2.5 Mer effektiv vattenanvändning.....	16
2.6 Hållbarhetsperspektiv	16
2.6.1 Ökad skördestabilitet	17
2.6.2 Högre biomassa.....	17
2.6.3 Minskad klimatbelastning.....	18
2.6.4 Ökad motståndskraft mot stressfaktorer.....	18
2.6.5 En högre biologisk mångfald	19
2.7 Utmaningar med samodling som långsiktigt hållbar jordbruksmetod	19
2.7.1 Utveckling krävs för storskalig tillämpning i svenskt jordbruk.....	20
3. Metod.....	22
3.1 Gårdarna som ingick i studien	22
3.2 Insamling av prover.....	25
3.3 Laboratoriestudie	26
3.4 Urval av prover.....	27
3.5 Databearbetning.....	28
3.6 Litteraturstudie	29
4. Resultat	30
4.1 Total biomassa ovan jord per ytenhet.....	30
4.2 Total kärnskörd per ytenhet	32

4.2.1 LER	34
4.3 Ogräsbiomassa	34
5. Diskussion	35
5.1 Tolkning av resultaten	35
5.1.1 Mängden biomassa ovan jord i samodling jämfört med monokultur	35
5.1.2 Kärnskörd i samodling jämfört med monokultur	35
5.1.3 Mängden ogräsbiomassa i samodling jämfört med monokultur	36
5.1.4 Resultatens betydelse för samodling som metod i svenskt jordbruk.....	37
5.1.5 Felkällor	37
5.2 Faktorer som påverkar biomassan och produktiviteten	37
5.3 Samodlingens många fördelar	40
5.4 Slutsatser och implikationer	41
5.4.1 Slutsatser	41
5.4.2 Förbättringsmöjligheter	42
5.4.3 Möjligheter till framtida studier	42
Tack	44
Bilaga 1.....	45
Bilaga 2.....	46
Referenser.....	50

Tabellförteckning

Tabell 1. Lista över de gårdar och odlingar som ingick i studien. I tabellen anges gårdens namn, om odlingen är konventionell (K) eller ekologisk (E), vad som samodlas, samt vad som odlas i motsvarande monokultur som används som referens. .	23
Tabell 2. Lista över de gårdar och transekter som valts ut för databearbetning.....	27
Tabell 3. Medelvärden och P-värden för total biomassa ovan jord, samt datum för provtagning.	30
Tabell 4. Medelvärden och P-värden för total kärnskörd.	32

Figurförteckning

Figur 1. Stapeldiagram över nederbörsmängden mellan maj och augusti 2022 uppmätt vid fem olika mätstationer i området där gårdarna som ingick i studien ligger (SMHI Meteorologiska observationer 2023).	24
Figur 2. Linjediagram över dygnsmedeltemperaturen mellan maj och augusti 2022 uppmätt vid fem olika mätstationer i området där gårdarna som ingick i studien ligger (SMHI Meteorologiska observationer 2023).	25
Figur 3. Bildexempel på ett av samodlingsfälten, här med linser och havre på Bona gård på Munsö, sommaren 2022. Foto: Anneli Adler.	26
Figur 4. Boxplotdiagram som visar förhållandet mellan den totala biomassan ovan jord i varje skifte och odlingstypen. Signifikanta skillnader mellan samodling (Sam) och monokultur (Mono) indikeras med *	31
Figur 5. Boxplotdiagram som visar förhållandet mellan den totala kärnsörden i varje skifte och odlingstypen. Signifikanta skillnader mellan samodling (Sam) och monokultur (Mono) indikeras med *	33

Förkortningar och begrepp

Gröda	Växtslag i kultur inom jordbruk som skördas för djurfoder, livsmedel eller grüngödsling av åkermark. I det svenska jordbruket utgörs de viktigaste grödorna av sädesslag, oljeväxter, potatis, sockerbeter, baljväxter, vallväxter, grönfoderväxter och fiberväxter (till exempel lin) (<i>Nationalencyklopedin, gröda 2023</i>).
Grüngödsling	Gödsling som innebär att en växande gröda plöjs ned i dess helhet på fältet för att bevara eller öka jordens mullhalt, vattenhållandeförmåga och för att förbättra markstrukturen samt främja bakterielivet (<i>Nationalencyklopedin, grüngödsling 2023</i>).
Kärnskörd	Mängd skördad och rensad vara efter tröskning av mogen stråsäd eller trindsäd (<i>Nationalencyklopedin, kärnskörd 2023</i>).
LER	Land Equivalent Ratio, ett mått på effektiviteten av markanvändningen i samodling. Det är kvoten mellan summan av kärnskördarna på grödor i samodling dividerat med skörden av samma grödor i renbestånd (<i>i.e.</i> monokultur). När LER är större än 1 är det fördelaktigt att odla växtarterna i samodling.
Mellangröda	Mellangröda är i Sverige en gröda som odlas mellan två huvudgrödor. Mellangrödor kan etableras i renbestånd eller i art- och sortblandningar. Vanligen snabbväxande gröda av tidigt mognande växtslag, sådd på hösten (<i>Nationalencyklopedin, mellangröda 2023</i>).
Monokultur	Ett renbestånd sått med bara en kulturväxtsort.
Odlingszon	Områden med likartade odlingsbetingelser för kulturväxter (<i>Nationalencyklopedin, odlingszoner 2023</i>).

Samodling	En polykultur sådd med flera olika växtarter som växer samtidigt på samma fält.
Skifte	Ett fält med samma historik av odling, jordbearbetning och gödsling.
Stråsäd	Annan benämning på sädesslag; relativt storfröiga gräsarter vilkas kärnor efter malning eller annan beredning används till föda och foder (<i>Nationalencyklopedin, stråsäd 2023</i>).
Total biomassa ovan jord	All biomassa ovan jord som klipptes i försöksrutorna, inkluderar stjälkar, blad och frön. Kärnskoroden utgör en del av den totala biomassan.
Trindsäd	Odlade storfröiga ärtväxter, såsom ärter, vickrar, lupiner och bönor (<i>Nationalencyklopedin, trindsäd 2023</i>) (inkluderar linser).
Växtföljd	Ordningen i vilken grödorna följer på varandra under en tidsperiod (ofta 4 - 8 år) (Fogelfors 2001). Växtföljden anger förekommande växter och hur de arrangeras på fältet, exempelvis bredsådda eller radsådda, i renbestånd eller samodlade, såsom i klöver-gräsvallar (<i>Nationalencyklopedin, växtföljd 2023</i>).

1. Introduktion

1.1 Samodling som hållbar jordbruksmetod

På senare tid har behovet av mer hållbara odlingsmetoder blivit alltmer tydligt och ett stort fokus har hamnat på ekologisk intensifiering. Ekologisk intensifiering är ett koncept som innebär att minska människans ingripande i odlingsystemet och ersätta det med ekosystemtjänster genom att odla växter som kan stödja varandra. Det bygger på det lite äldre konceptet ”ekofunktionell intensifiering” som innebär en mer effektiv användning av de olika biologiska delarna av ett ekosystem samt att förstärka ekosystemtjänsternas gynnsamma effekter (Bommarco *et al.* 2013). Samodling anses vara ett av de mest genomförbara sätten att uppnå ekologisk intensifiering. Det kräver dock att skörden bibehålls eller ökas (Jensen *et al.* 2015; Raseduzzaman & Jensen 2017; Jensen *et al.* 2020b). Under 2000-talet har forskning om samodling ökat och mycket av den forskningen bedrivs här i Skandinavien. Det anses vara en odlingsmetod som skulle kunna hjälpa oss att öka skörden i ekologiskt jordbruk till en nivå som är närmare den i konventionellt jordbruk, samtidigt som jordbrukets miljöbelastning minskas. Även i konventionella odlingar kan samodlingen vara en metod som minskar behovet av insatsmedel och bidrar till ett mer miljövänligt jordbruk över lag (Jensen *et al.* 2015; Glaze-Corcoran *et al.* 2020; Jensen *et al.* 2020b).

Sedan industrialiseringen av jordbruket har intensifierade metoder tagit över. Det innebär korta växtföljder och monokulturer av en enda gröda, ofta utan betydande genetisk variation. Således finns flera utmaningar som försvårar övergången till samodling som odlingsmetod (Jensen *et al.* 2020b; Yang *et al.* 2021).

Att fokus länge har legat på att öka skörden i dagens jordbrukssystem och matproduktion har haft allvarliga konsekvenser för miljön och den biologiska mångfalden. En omställning till ett mer hållbart jordbrukssystem behövs därför och det krävs mer än att endast ställa om från konventionell till ekologisk odling. Som den ekologiska odlingen ser ut idag behövs mer mark för att få lika mycket skörd som i en konventionell odling. Förlusten av biologisk mångfald måste motverkas

utan att mer odlingsmark krävs, därför skulle en diversifiering av odlingslandskapet och av grödor i tid och rum vara en mer hållbar lösning (Tschardt *et al.* 2021).

Samodling är en jordbruksmetod som går ut på att odla två eller fler växtslag på samma fält, samtidigt. De kan vara årliga, perenner eller en blandning och deras växtsäsonger behöver inte vara desamma, men åtminstone överlappa (Hauggaard-Nielsen & Jensen 2005; Arlauskienė *et al.* 2011; Glaze-Corcoran *et al.* 2020; Stomph *et al.* 2020). Samodling baseras på principerna komplettering, facilitering och kompensation. En kombination av arter som har olika egenskaper krävs, så att de inte konkurrerar om samma nisch. Då kan växterna utnyttja tillväxresurserna på ett kompletterande sätt och så mycket av de tillgängliga resurserna som möjligt kan komma till användning. Växterna kan även komplettera varandra i fråga om exempelvis kronans arkitektur eller rötternas utbredning i jordlagren. Vid samodling av växter med olika utbredning i tid och inte bara rum, kan även en större del av växtsäsongen utnyttjas. Den mer effektiva resursanvändningen ger många fördelar, bland annat rapporteras ofta en högre skörd och bättre skörde kvalitet (Hauggaard-Nielsen & Jensen 2005; Jensen *et al.* 2015; Raseduzzaman & Jensen 2017; Glaze-Corcoran *et al.* 2020; Ajal *et al.* 2022; Lagerquist *et al.* 2022). Samodling kan även minska behovet av insatsmedel som gödsling och bekämpning av skadegörare och sjukdomar, då dessa behov till stor del möts med hjälp av växternas ekosystemtjänster. Utöver det kan de bland annat förbättra jordens bördighet, vattenanvändning, samt pollinering (Malézieux *et al.* 2009; Jensen *et al.* 2015; Glaze-Corcoran *et al.* 2020; Jensen *et al.* 2020b; Ajal *et al.* 2022).

1.2 Arbetets syfte och hypoteser

Målsättningen med detta arbete var att undersöka om samodling kan öka effektiviteten av markanvändningen i svenskt jordbruk. För att studera detta satte jag upp följande hypoteser att testa: 1) samodling ger högre ovanjordisk biomassa per ytenhet jämfört med en monokultur, samt 2) samodling ger högre kärnskörd per ytenhet jämfört med en monokultur. Baserat på tidigare forskningsresultat som sammanfattas översiktligt i föregående avsnitt ansågs detta vara rimligt att anta.

Arbetet gjordes under projektet SHOWCASE, som är ett internationellt EU-finansierat projekt som universitet och organisationer i 11 europeiska länder deltar i, med målet att bibehålla livsmedelsproduktionen och samtidigt främja naturvård (<https://showcase-project.eu>). Syftet är att engagera och samarbeta med jordbrukare för att underlätta integrering av biologisk mångfald i jordbruket och därmed göra det mer hållbart, genom att bidra med ny kunskap och nya verktyg (SLU 2021; Scherfranz *et al.* 2022). Valet att fokusera på samodling som metod baserades på förslag från flera svenska jordbrukare. Projektet är ett viktigt initiativ som kan

påvisa fördelarna med samodling i en föränderlig värld där konventionella metoder och system inte längre är hållbara.

Sommaren 2022 samlades biomassaprover in från samodlingar och monokulturer. Min roll var att gå igenom biomassaproverna från fältarbetet och väga dem. Syftet var att analysera resultaten för att se om skillnader mellan samodling och monokultur kunde observeras. Mina hypoteser utgjorde en mindre del av det som är möjligt att undersöka, då flera olika organismgrupper har inventerats och många parametrar kommer att undersökas inom SHOWCASE. Mitt fokus låg på all växtlighet på fälten men framför allt grödorna som odlades för mat, foder eller grüngödsling.

Odlingarna som ingick i studien bestod av spannmål och olika kvävefixerande baljväxter. Spannmål ansågs vara särskilt relevant då de upptar betydligt större åkerareal än någon annan gröda i Sverige, bortsett från vall och grönfoderväxter. Åkerarealen av baljväxter motsvarar ungefär 4% av åkerarealen av spannmål (SCB 2020).

2. Bakgrund/Litteraturstudie

2.1 Samodlingen i historien

Samodling är en metod som har använts i tusentals år i olika delar av världen, bland annat i Mesoamerika och Afrika söder om Sahara (Glaze-Corcoran *et al.* 2020; Rodriguez-Robayo *et al.* 2020; Kuyah *et al.* 2021; Yang *et al.* 2021; Padilla-Fidencio *et al.* 2022). I Mexiko kallas metoden för milpa och har använts (och används fortfarande) i småskalig odling för att försörja familjer. Systemet består av polykulturer med inslag av naturlig växtlighet och köksträdgårdar, där man framför allt odlar majs, bönor och squash. Flera av odlingarna befinner sig i olika stadier av träda, vilket är viktigt för att, bland annat, bibehålla jordens bördighet (Rodriguez-Robayo *et al.* 2020; Padilla-Fidencio *et al.* 2022). En hög biologisk mångfald, hög landskapsmångfald, låg miljö- och klimatbelastning och hög kolinlagring är bland de fördelar metoden medför. Minskade livsmedelskostnader är en positiv ekonomisk effekt av metoden, då odlingarna täcker majoriteten av jordbrukarfamiljernas matbehov (Rodriguez-Robayo *et al.* 2020; Yang *et al.* 2021; Padilla-Fidencio *et al.* 2022). Den kopplas även till en bättre hälsa bland fattiga familjer, som är de som främst livnär sig på jordbruket (Rodriguez-Robayo *et al.* 2020). Däremot anses milpa inte vara en lönsam metod, då den inte är tillräckligt produktiv för att överskottet ska kunna säljas och ge en vinst (Rodriguez-Robayo *et al.* 2020). Kunskapen om milpa minskar i dagsläget i och med generationsskiften, då intresset för att använda metoden inte finns i lika stor utsträckning hos yngre generationer (Rodriguez-Robayo *et al.* 2020). Trots det är milpa en metod som fortfarande används och forskning bedrivs för att ta reda på hur produktiviteten kan ökas för att uppnå en högre matsäkerhet (Padilla-Fidencio *et al.* 2022).

2.2 Mer effektivt resursutnyttjande

En stor nackdel med monokulturer i jordbruket är att jorden blir utarmad och näring i form av gödsel i stället måste tillföras; dessutom ofta konstgödsel. Den mer effektiva resursanvändningen som samodling bidrar till kan öka näringscirkulationen i odlingarna och komplettera gödsling (Glaze-Corcoran *et al.*

2020; Jensen *et al.* 2020b). En hög nivå av insatsmedel, exempelvis konstbevattning eller gödsling, i samodlingar kan göra att växternas kompletterande egenskaper inte kommer till användning då tillväxtresurserna blir så pass lättillgängliga (Jensen *et al.* 2015).

2.2.1 Kvävefixerande grödor

Ofta används baljväxter i samodling tillsammans med en annan gröda, exempelvis en spannmålsgröda. Detta för att baljväxter kan fixera atmosfäriskt kväve i symbios med bakterier och de är därför ett bra komplement till grödor som behöver mineralkväve i jorden. I naturen är baljväxterna ofta pionjärer som gör mineralkväve tillgängligt för andra växter på platser där jorden är kvävefattig. Deras kvävefixerande förmåga gör att de inte konkurrerar med spannmålsgrödan om mineralkvävet i jorden, så att spannmålsgrödan kan ta en större del av det (Arlauskiene *et al.* 2011; Raseduzzaman & Jensen 2017; Glaze-Corcoran *et al.* 2020; Jensen *et al.* 2020a; Jensen *et al.* 2020b). Forskning tyder även på att baljväxten skulle kunna förse spannmålsgrödan med fixerat kväve (Arlauskiene *et al.* 2011). Spannmålsgrödorna kan i sin tur gynna baljväxten exempelvis genom sin konkurrenskraftighet mot ogräs och motståndskraft mot torka. En sådan kombination av grödor kan leda till ökad skörd (Arlauskiene *et al.* 2011; Raseduzzaman & Jensen 2017; Jensen *et al.* 2020a; Jensen *et al.* 2020b).

Ärtan är en av de mest odlade baljväxterna i Sverige. Den odlas i stor utsträckning som livsmedel, men den har även länge samodlats med havre för foderproduktion. Förutom havre har den också visat sig fungera bra att samodla med bland annat vårmete och korn. Samodlingen gynnar ärtan eftersom den har en låg skördestabilitet och spannmålet kan hjälpa till att stabilisera den (Geijersstam & Martensson 2006; Lauk & Lauk 2008).

Förutom ökad skörd är den minskade klimatpåverkan en viktig fördel med samodling av baljväxter och spannmål. Att samodla exempelvis ärtor och vete utan att tillsätta någon kvävegödsel har visat sig vara bättre för miljön än att odla en gödslad monokultur av vete, på grund av den effektiva resursanvändningen (Jensen *et al.* 2020b). Det minskar bland annat kväveutlakning som annars brukar vara ett problem i odlingar där kvävet inte utnyttjas på ett effektivt sätt (Arlauskiene *et al.* 2011; Glaze-Corcoran *et al.* 2020; Yang *et al.* 2021).

En monokultur av baljväxter där kvävegödsel tillförs är ineffektiv då baljväxterna använder mineralkväve på ett mindre effektivt sätt än spannmålsgrödor. Dessutom behöver de inte använda sin kvävefixerande förmåga vid kvävegödsling, så den egenskapen går till spillo (Jensen *et al.* 2020a). Vid

samodling av baljväxter och spannmål, å andra sidan, fixerar baljväxterna mer atmosfäriskt kväve per planta än de gör i en monokultur, som resultat av den högre konkurrensen om mineralkväve i marken (Yang *et al.* 2021).

2.3 Ogräshantering

I baljväxtodlingar är ogräs ofta ett stort problem. I sådana fall har studier visat att samodling med växter som kan konkurrera med ogräset om mineralkvävet i marken kan minska mängden ogräs. Samodling kan alltså på ett naturligt sätt hantera ett problem som i många fall hade hanterats med hjälp av bekämpningsmedel (Malézieux *et al.* 2009; Jensen *et al.* 2020b).

2.4 Ökat proteininnehåll

En observation som har gjorts i studier av samodling är att proteininnehållet i spannmål ofta är högre än i monokulturer (Lauk & Lauk 2008; Jensen *et al.* 2015; Glaze-Corcoran *et al.* 2020). Lauk och Lauk (2008), som observerade ett högre proteininnehåll i skörden från samodlingar i sin studie, förklarar det med att proportionen av kväveföreningar är hög i kärnorna. Annat näringsinnehåll vet man mindre om, men det finns studier där en ökad ansamling av näringsämnen som fosfor, kalium och svavel har observerats vid samodling jämfört med monokultur (Arlauskiene *et al.* 2011; Glaze-Corcoran *et al.* 2020; Jensen *et al.* 2020b).

2.5 Mer effektiv vattenanvändning

Samodlade växter vars rotsystem är utspridda i olika jordlager bidrar till en mer effektiv användning av de tillgängliga vattenresurserna (Malézieux *et al.* 2009; Yang *et al.* 2021). Samodlingen kan därmed hjälpa till att bibehålla vattenbalansen i de olika lagren, vilket i sin tur gynnar mångfalden av bakterier och andra mikrober i marken och potentiellt även fosforhalten (Arlauskiene *et al.* 2011; Glaze-Corcoran *et al.* 2020; Wen *et al.* 2022).

2.6 Hållbarhetsperspektiv

Hur skörden kan göras mer stabil under extrema väderförhållanden och andra stressfaktorer, som skadegörare eller sjukdomar, är en aktuell fråga. Samodling används just nu främst i odlingsystem i utvecklingsländer, av just den anledningen

att monokulturer är instabila när de utsätts för stressfaktorer, på grund av sin låga motståndskraft. Artrikedomen som samodling medför anses göra odlingssystemet mer motståndskraftigt mot både biotiska och abiotiska stressfaktorer. Det bör påpekas att skörden ofta varierar från år till år även under normala förhållanden, eftersom tillväxtförhållanden inte är konstanta. Även då tros samodling med baljväxter förbättra skördestabiliteten, tack vare deras kvävefixerande förmåga (Malézieux *et al.* 2009; Raseduzzaman & Jensen 2017; Glaze-Corcoran *et al.* 2020).

Två högst aktuella potentiella fördelar med samodling är, som tidigare nämnts, den minskade klimat- och miljöbelastningen samt en ökad matsäkerhet under föränderliga förhållanden (Malézieux *et al.* 2009; Jensen *et al.* 2015; Yang *et al.* 2021). I följande stycken presenteras samodlingens potentiella fördelar ur hållbarhetssynpunkt.

2.6.1 Ökad skördestabilitet

Huruvida samodling ger en högre skördestabilitet, alltså att skörden varierar mindre mellan skördetillfällena, råder det delade meningar om. Många studier har påvisat en högre skördestabilitet hos samodlingar. Där svåra förhållanden råder kan en högre stabilitet vara att föredra framför en högre skörd, så att skörden inte uteblir helt under år med extrema temperaturer eller annan störning. Flera studier visar emellertid att samodling även kan öka produktiviteten och därmed ge en högre skörd (Malézieux *et al.* 2009; Raseduzzaman & Jensen 2017; Weih *et al.* 2021).

En högre skördestabilitet i mer produktiva samodlingar observeras i flera studier, vilket tyder på att den ökade stabiliteten inte gäller för samodling i allmänhet, utan beror på olika faktorer. Det kan till exempel skilja sig beroende på vilka växtarter och i vilket klimat man odlar. Kombinationen spannmål-baljväxt i samodling har visat sig ha stor sannolikhet att ge både en högre skörd och en högre skördestabilitet (Malézieux *et al.* 2009; Raseduzzaman & Jensen 2017; Weih *et al.* 2021; Yang *et al.* 2021).

2.6.2 Högre biomassa

Enligt studier kan samodlingen, utöver att öka skörden, även öka den totala biomassan på odlingsmarken. En metaanalys av en mängd studier i 41 olika länder visade en 38% högre biomassa i samodling jämfört med monokultur (Martin-Guay *et al.* 2018; Yang *et al.* 2021). Den högre biomassan kopplas främst till det effektiva resursutnyttjandet och det minskade trycket från skadegörare och sjukdomar (Martin-Guay *et al.* 2018) som beskrivs i mer detalj senare i detta avsnitt.

2.6.3 Minskad klimatbelastning

Även när samodlingen inte ger en högre skördestabilitet har den många andra fördelar som är av stor betydelse, till exempel dess ekosystemtjänster. Bland annat skulle samodling med kvävefixerande baljväxter, som nämnts tidigare, kunna minska behovet av konstgödsel. Ett överskott av kvävegödsel kan kopplas till utsläpp av växthusgasen lustgas (N_2O) och utlakning av kväve i form av ammonium (NH_4^+) och nitrat (NO_3^-). Enligt studier skulle samodlingen även kunna minska utsläpp från ogräsbekämpning och öka bindningen av kol i marken (Jensen *et al.* 2020b; Weih *et al.* 2021; Yang *et al.* 2021). En högre produktion av biomassa i samodling skulle i sig bidra till en högre kolinlagring, eftersom kol lagras i alla biomassaprodukter på fältet (Linderholm *et al.* 2020). Den ökade inlagringen av kol i marken kan dessutom enligt studier vara kopplat till en högre rotbiomassa i jorden i samodling jämfört med monokultur (Glaze-Corcoran *et al.* 2020; Yang *et al.* 2021). Det är just i rotbiomassan, främst från perenna grödor och fånggrödor, som den största potentialen för kolinlagring finns i dagsläget, skriver Lantmännen i sin rapport om framtidens jordbruk från 2019 (Lantmännen 2019).

2.6.4 Ökad motståndskraft mot stressfaktorer

Samodling kan ge en högre motståndskraft mot biotiska stressfaktorer som sjukdomar och skadegörare, vilket gör att skördestabiliteten skulle kunna bli bättre under biotisk stress än den hade varit i en monokultur. Det kan dels bero på att den utsatta grödan blandas ut med andra växter, vilket gör det svårare för sjukdomar eller skadegörare att sprida sig, dels att en av växterna kan ändra mikroklimatet för den utsatta grödan till ett som är ogynnsamt för angripande skadegörare eller sjukdom. Det kan även bero på att de olika grödorna har olika mottaglighet för, eller motståndskraft mot, stressfaktorer. Det gör att eventuella skördeförluster av den ena grödan kan kompenseras med en högre skörd av den andra (Hauggaard-Nielsen & Jensen 2005; Raseduzzaman & Jensen 2017; Glaze-Corcoran *et al.* 2020; Stomph *et al.* 2020; Weih *et al.* 2021). Det är med andra ord kompensationsprincipen som gör att samodling kan ge en högre skördestabilitet (Raseduzzaman & Jensen 2017).

På samma sätt skulle motståndskraften mot abiotiska stressfaktorer kunna förbättras genom samodling. Vissa grödor är exempelvis bättre utrustade för att klara av torka än andra och skulle därmed kunna kompensera för förluster hos de grödor som eventuellt inte klarar av torka lika bra. Det har bland annat observerats i samodlingar av havre och ärtor i Sverige. En studie som jämförde skörden av ärtor och havre i samodling och odling i monokultur observerade en 85% högre skörd av havre i samodlingen än i monokulturen under en torka som varade hela växtsäsongen. Av ärtor blev det ingen skörd över huvud taget, varken i samodling eller i monokultur (Jensen *et al.* 2020b).

2.6.5 En högre biologisk mångfald

Samodling har en potential att öka den biologiska mångfalden, både i och ovan jord, vilket i sin tur bidrar till fler ekosystemtjänster. Det moderna jordbrukets negativa effekt på den biologiska mångfalden är ett problem som kopplas både till klimatförändringarna och matbristen. En ökad mångfald av växter har ofta visat sig resultera i en ökad mångfald av mikroorganismer och djur som dagmaskar och insekter, vilket behövs för att få en hög växtproduktion. En hög biologisk mångfald skulle alltså kunna ge en högre produktivitet (Hauggaard-Nielsen & Jensen 2005; Malézieux *et al.* 2009; Glaze-Corcoran *et al.* 2020; Yang *et al.* 2021).

2.7 Utmaningar med samodling som långsiktigt hållbar jordbruksmetod

Det finns många sociotekniska utmaningar som försvårar tillämpningen av samodling i svenskt jordbruk och i resten av världen. En stor utmaning för samodling som metod i mekaniserat jordbruk är att blandad skörd behöver separeras i efterhand. Det är en process som kan medföra extra kostnader som minskar den slutliga vinsten. Om skörden inte separeras blir den svår att sälja på livsmedelsmarknaden som det ser ut idag, då handlare inte är vana vid att behöva hantera blandat spannmål (Hauggaard-Nielsen & Jensen 2005; Jensen *et al.* 2015; Jensen *et al.* 2020b; Meunier *et al.* 2022). Foder som kommer från samodling av spannmål och baljväxter efterfrågas förövrigt inte av konventionella djuruppfödare i Sverige, vilket kan vara ytterligare en faktor som begränsar utbredningen av samodling som odlingsmetod på konventionella gårdar¹. Att bidragssystem (policy) är anpassade efter odling i monokulturer kan även göra det svårt för markägare att få ekonomiska bidrag för sitt jordbruk (Jensen *et al.* 2020b).

Maskiner för sortering och bearbetning skulle alltså behöva utvecklas ytterligare, men även skördemaskiner för samodling skulle behöva utvecklas för att metoden ska fungera mer effektivt (Jensen *et al.* 2020a; Meunier *et al.* 2022). Utsädesorter som passar för samodling skulle behövas för att metoden ska fungera bättre och vara lättare att implementera, eftersom de sorter som förädlas fram i dagsläget är anpassade för odling i monokulturer (Jensen *et al.* 2015; Meunier *et al.* 2022).

Sist men inte minst råder i nuläget brist på kunskap om samodling och hur den kan användas på bästa sätt. Som jordbrukare är det svårt att veta vilka växtarter som

¹ Personlig kommunikation: Jarl Rydberg från Ultuna Egendom till Anneli Adler den 16:e maj 2023.

är bäst lämpade för samodling, likaså hur de bör kombineras, hur mycket av dem som bör odlas, var de bör odlas i förhållande till varandra, samt när de ska odlas (Meunier *et al.* 2022). Bättre och mer nyanserad utbildning om samodling och andra diversifieringsmetoder skulle därför behövas, såväl som tillgängliga rådgivningstjänster (Jensen *et al.* 2020b).

2.7.1 Utveckling krävs för storskalig tillämpning i svenskt jordbruk

Trots de många fördelarna med samodling finns alltså utmaningar som ändå försvårar övergången till samodling som metod i svenskt jordbruk. Det gör att monokulturer i nuläget kan vara lättare att effektivisera och marknadsföra, men med utveckling skulle implementering av samodling kunna underlättas. En sådan utveckling har skett förr, när de första ekologiska odlingarna började dyka upp och stod inför flera utmaningar. Om marknaden öppnades upp för samodlade råvaror på samma sätt som för ekologiska råvaror, med mervärden liknande de som skapades då, skulle implementering av samodlingsmetoden underlättas (Jensen *et al.* 2020b).

För att metoden ska kunna tillämpas i svenskt jordbruk krävs mer kunskap om skörden i samodlingar och dess näringsinnehåll, bland annat. Om en drastisk förändring av odlingsmetoder ska vara genomförbar krävs mer incitament till diversifiering i jordbruket, samt fler forskningsprojekt som involverar alla delar av systemet. Inom EU finns redan flera sådana projekt, som även undersöker vilka metoder som passar lokala förhållanden (Jensen *et al.* 2020b). Jordbrukare behöver veta vilka ekonomiska fördelar samodlingen skulle kunna bidra med, för att motiveras att övergå till en sådan metod (Martin-Guay *et al.* 2018) om det visar sig gynna även den biologiska mångfalden och kolinlagringen i jordbrukslandskap i Sverige. Modelleringsverktyg som kan hjälpa jordbrukare som är intresserade av samodling att avgöra vilken metod som fungerar bäst på just deras mark och för deras önskade ändamål är under utveckling (Meunier *et al.* 2022). Om fler sådana hjälpmedel finns tillgängliga i framtiden kan det underlätta för jordbrukare som vill använda metoden men inte har den kunskap som krävs för ett korrekt genomförande. En del modelleringsverktyg finns redan nu, men de är begränsade och vidare utveckling krävs, samt mer forskningsresultat att basera verktygen på (Meunier *et al.* 2022).

Med tanke på att skörderesultaten beror till stor del på vilka växtarter som odlas är det tydligt att utsädessorter som lämpar sig för just samodling måste tas fram, samt effektiva kombinationer av dessa (Jensen *et al.* 2015; Ajal *et al.* 2022; Meunier

et al. 2022). Perenna spannmåls- och baljväxtgrödor är viktiga att ta fram, bland annat på grund av kolinlagringen i perenna rotsystem, som tidigare nämnts (Jensen *et al.* 2015; Yang *et al.* 2021). Växtföljder i samodling skulle behöva studeras under längre tid för att få insikt i hur dess gynnsamma effekter kan uppnås (Jensen *et al.* 2015).

Lantmännen föreslår i sin rapport om framtidens jordbruk från 2019 att incitament bör finnas för att lantbrukare ska ställa om till odlingsmetoder som ökar kolinlagringen. Det kan göras bland annat genom att odla vall eller fång- och mellangrödor. Eftersom det kan leda till en minskad produktion föreslås att en marknad för kolinlagring skapas. De nämner även att odling av flera olika grödor och en varierad växtföljd kan hjälpa till att minska den negativa effekten av stressfaktorer, såsom sjukdomar och skadegörare, som förväntas öka med klimatförändringarna. Lantmännen anser att deras roll i detta kommer att vara att bidra med rådgivning och ökad kunskap (Lantmännen 2019). Det visar att stora aktörer inom svenskt jordbruk tänker i banor som skulle kunna underlätta omställningen till samodling som metod.

Enligt intervjuer med jordbrukare runtom i Europa önskar många att mer incitament i form av ekonomiska bidrag fanns för omställning till odlingsmetoder som främjar biologisk mångfald (Scherfranz *et al.* 2022). Det är tydligt att både bättre kunskap och mer incitament skulle behövas; någonting som framtida forskning såväl som de projekt som pågår nu potentiellt kan bidra till.

3. Metod

Sommaren 2022 klipptes biomassaprover från fält med samodling på fyra konventionella gårdar och fem ekologiska gårdar i Mälardalen. För varje samodling fanns även en monokultur att jämföra med. Det som odlades på gårdarna var främst spannmål och kvävefixerande baljväxter. Se tabell 1 nedan för en lista över de olika kombinationerna av växtslag.

Detta arbete har innefattat både praktiska laboratoriestudier och litteraturstudier. De praktiska laboratoriestudierna bestod av vägning och sortering av biomassaproverna, varpå resultaten analyserades för att göra de jämförelser som var nödvändiga för att testa arbetets hypoteser.

3.1 Gårdarna som ingick i studien

Under våren 2021 intervjuade min handledare, Anneli Adler, 43 jordbrukare i Mälardalen om hur de skulle bruka sin jord i syfte att öka den biologiska mångfalden i jordbrukslandskapet, utan att minska produktiviteten (Scherfranz *et al.* 2022). Tanken var att uppmärksamma lantbrukarnas egna idéer om växtproduktion och biologisk mångfald, eftersom de bäst känner till sin verksamhet. Det visade sig då att en majoritet trodde på mellangrödor och samodling som metod för att uppnå en högre biologisk mångfald. Fokus för denna studie hamnade på att undersöka samodling. Nio av de 43 intervjuade lantbrukarna ingick i denna studie.

Tabell 1 innehåller en lista över de gårdar som ingick i studien. För en mer detaljerad lista över alla transekter på gårdarna, se Bilaga 1.

Tabell 1. Lista över de gårdar och odlingar som ingick i studien. I tabellen anges gårdens namn, om odlingen är konventionell (K) eller ekologisk (E), vad som samodlas, samt vad som odlas i motsvarande monokultur som används som referens.

Eko/ Konv.	Gård	Odlings- zon*	Samodling	Referens
K	Bona Gård	2	Råg (<i>Secale cereale</i> L.), Ärtor (<i>Pisum sativum</i> L.)	Ärtor
			Havre (<i>Avena sativa</i> L.), Linser (<i>Lens culinaris</i> L. subsp. <i>culinaris</i>)	Havre
E	Jädra Prästgård	3	Dala lantvete (<i>Triticum aestivum</i> 'Lantvete från Dalarna'), Humlelusern (<i>Medicago lupina</i> L.)	Dala lantvete
			Dinkelvete (<i>Triticum spelta</i> L.), Gul sötväppling (<i>Melilotus</i> <i>officinalis</i> (L.) Lam.)	Dinkelvete
E	Sparrsätra Prästgård	3	Vårkorn (<i>Hordeum vulgare</i> L.), Havre, Ärtor	Vårkorn Havre
E	Hånsta Östergärde	4	Vårråg (<i>Secale cereale</i> L.), Ärtor	Vårråg
E	Norrback 100	4	Höstvete (<i>Triticum aestivum</i> L.), Havre, Vitklöver (<i>Trifolium repens</i> L.), Käringtand (<i>Lotus corniculatus</i> L.), Kummin (<i>Carum carvi</i> L.), Svartkämpar (<i>Plantago lanceolata</i> L.)	Höstvete
E	Norrback 137	4		Havre**
K	Öja 106	4	Vårkorn**	
K	Borggården	3	Havre, Ärtor	Havre
K	Ingvasta	4	Havre, Ärtor	Havre Ärtor

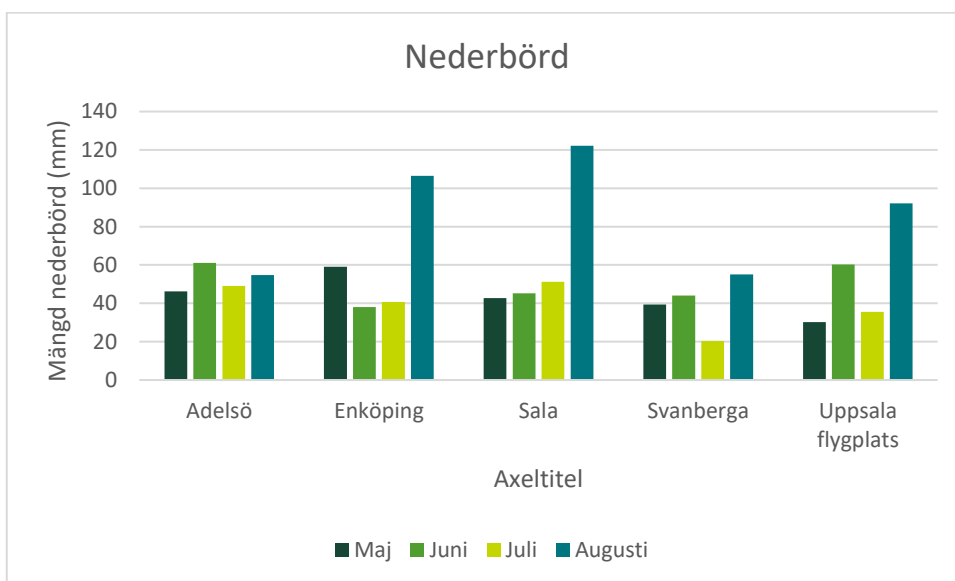
*(Digitala zonkartan 2023)

**Norrback 137 och Öja 106 utgjorde ett par på samma typ av jord (närringsrik mulljord). Här jämfördes den biologiska mångfalden i konventionell monokultur med ekologisk monokultur, som i princip liknade samodling med oönskad spontan växtlighet i lantbruket (ogräs).

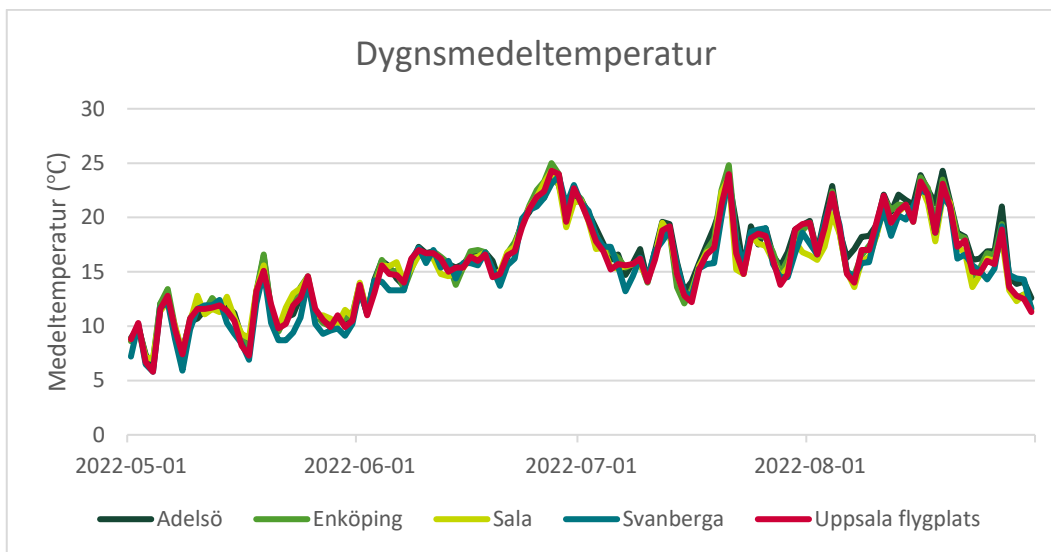
Vissa gårdar odlade en spannmålsgröda och en baljväxtgröda som båda skördades som livsmedel, till exempel havre och ärtor. Andra odlade en spannmålsgröda som skördades som livsmedel i kombination med en baljväxt som inte gjorde det, utan enbart odlades för sin kvävefixerande förmåga, exempelvis humlelusern. Det kunde

även vara en blandning av blommande växter som odlades på fältet i kombination med spannmål för att främja pollinerande insekter i jordbrukslandskapet, som på gården Norrbäck 100 (tabell 1). På Sparsätra Prästgård och på Borggården odlades en blandning av växter som skördades som djurfoder.

Transekterna lades ut i Maj 2022. Växtodlingssäsongen i studieområdet var normal året 2022, med dygnsmedeltemperaturen i maj mellan 5,8 och 16,6 °C, i juni mellan 11 och 25 °C, i juli mellan 12,1 och 24,8 °C och i augusti mellan 11,3 och 24,3 °C (figur 2). Nederbörden var jämnt fördelad över växtsäsongen (figur 1).



Figur 1. Stapeldiagram över nederbördsmängden mellan maj och augusti 2022 uppmätt vid fem olika mätstationer i området där gårdarna som ingick i studien ligger (SMHI Meteorologiska observationer 2023).



Figur 2. Linjediagram över dygnsmedeltemperaturen mellan maj och augusti 2022 uppmätt vid fem olika mätstationer i området där gårdarna som ingick i studien ligger (SMHI Meteorologiska observationer 2023).

3.2 Insamling av prover

Totalt 25 transekter drogs på de olika fälten och på varje transekt klipptes biomassan ovan jord från 4 rutor av storleken 38x38 cm, med undantag för transekt 1 - 3 där rutorna var 100x100 cm. Storleksskillnaden mellan rutorna korrigerades i efterhand genom att beräkna hur mycket biomassa som hade funnits om rutan var 38x38 cm stor. På grund av att vissa transekter inte hade rätt förutsättningar för en jämförelse mellan monokultur och samodling användes inte alla 25 transekter i analysen av resultaten. I stället fokuserade jag på sju skiften (fält) med både en samodling och en monokultur (i ett fall var det två monokulturer). Den avgränsningen gjordes för att utesluta påverkan av olika odlingshistorik på olika skiften för den aktuella grödan. Jag valde att använda ordet skifte i detta arbete för att förtydliga när det handlar om ett fält med samma historik av odling, jordbearbetning och gödsling.

Biomassan som samlades in lades i individuella påsar beroende på kategori och sorterades i större påsar utifrån transekt och provruta. På skiften där havre och ärtor växte fanns till exempel en påse med havre, en påse med ärtor och en påse med ogräs.

Proverna torkades efter skörd i torkskåp i 40°C i fem dygn. Sedan förvarades proverna över vintern i ett torrt källarförråd vid 18°C. Innan proverna vägdes i mars 2023 stod proverna i torkskåp i 40°C i ytterligare två dygn.



Figur 3. Bildexempel på ett av samodlingsfälten, här med linser och havre på Bona gård på Munsö, sommaren 2022. Foto: Anneli Adler.

3.3 Laboratoriestudie

Biomassaproverna vägdes på ekologicentrum på SLU i Uppsala. Den totala biomassan ovan jord av varje typ av gröda inom en provruta vägdes separat, inklusive frön och kärnor. Efter vägningen av den totala biomassan ovan jord klipptes ax och skidor av för tröskning i maskin, så att frön och kärnor kunde vägas separat för att få ut vikten på kärnskörden. Ogräsbiomassan i varje ruta vägdes, samt biomassan ovan jord av eventuella baljväxter eller blommande växter som inte skördades som livsmedel (exempelvis humlelusern, klöver eller sötväppling).

Ärtor var den enda frösorten som kunde vägas separat redan under det första vägningstillfället, eftersom de är lättare att separera från sin skida. De plockades därför ut för hand och vägdes för sig, varpå de lades i en liten papperspåse för varje enskild provruta. Ax och skidor av grödor vars frön inte separerades för hand sorterades också i små papperspåsar.

De separerade axen och skidorna tröskades i en tröskningsmaskin för att få en så ren kärnskörd som möjligt. Manuell rensning efter maskintröskning krävdes i vissa fall för att få bort rester av andra växtdelar. De frön och kärnor som tröskats lades tillbaka i sina respektive små påsar och torkades i torkskåp i 40°C i ytterligare ett dygn innan de vägdes.

3.4 Urval av prover

Innan resultaten kunde bearbetas gjordes ett urval av transekter som passade att jämföra (tabell 2). Det skulle vara en samodling och minst en motsvarande monokultur med liknande förutsättningar. Om de låg för långt ifrån varandra och inte ingick i samma skifte skulle det inte gå att få relevanta resultat vid jämförelse. Detta bland annat för att de skall ha vuxit på fält (skifte) med samma odlingshistorik och som skötts på samma sätt. Ett undantag var Sparsätra prästgård, där transekterna låg på två olika skiften bredvid varandra med ett dike emellan.

Varje utvalt skifte (utom ett) bestod av fyra provrutor från en monokultur och fyra provrutor från en samodling. I de flesta fall var alla provrutor från den ena transekten från en samodling och alla provrutor från den andra transekten från en monokultur, men på Hånsta Östergärde innehöll båda transekterna två av varje, på grund av hur grödorna hade såtts på fältet. På Ingvasta gård valdes två monokulturer ut, i stället för en. Detta eftersom där fanns en monokultur av varje gröda från samodlingen att jämföra med. Det skiftet bestod alltså av åtta provrutor från monokultur och fyra från samodling.

Av de fem gårdar som finns med i urvalet är tre ekologiska och två konventionella (tabell 1). Samtliga monokulturer som valdes ut bestod av spannmål, förutom Bona 1 – 2 där monokulturen bestod av ärtor.

Tabell 2. Lista över de gårdar och transekter som valts ut för databearbetning.

Plats	Skifte	Samodling	Monokultur
Bona	1 – 2	Höstråg, ärtor	Ärtor
Bona	4 – 5	Havre, linser	Havre
Jädra Prästgård	6 – 7	Dala lantvete, humlelusern	Dala lantvete
Jädra Prästgård	8 – 9	Dinkelvete, sötväppling	Dinkelvete
Sparsätra Prästgård	11 – 12	Havre, vårkorn, ärtor	Havre, vårkorn
Hånsta Östergärde	13 – 14	Vårråg, ärtor	Vårråg
Ingvasta	21, 22, 23	Havre, ärtor	Havre; Ärtor

3.5 Databearbetning

Efter vägningsmomentet var vikten angiven i gram per provruta, alltså gram per 38x38 cm. För att få tydligare resultat föredrogs att jämföra data i ton per hektar (t/ha), så siffrorna räknades om.

Datatabellen med all viktdata från de utvalda transekterna matades sedan in i programmet Minitab för statistisk analys (Minitab 2020). Normalfördelningen av variabler kontrollerades med Shapiro-Wilk-test. Två T-test gjordes för varje skifte; ett för att ta reda på förhållandet mellan odlingstyp (monokultur eller samodling) och den totala mängden biomassa ovan jord (i t/ha) och ett för att ta reda på förhållandet mellan odlingstyp och den totala kärnskorde (i t/ha). Detta för att kunna testa arbetets två hypoteser. P-värden noterades för att se om skillnaden mellan monokultur och samodling var signifikant.

Två tvåsidiga variansanalyser gjordes också, en för den totala biomassan ovan jord och en för den totala kärnskorde, där de två förklarande faktorerna var skiftet/platsen och odlingstypen. I de analyserna inkluderades två siffror från varje skifte, en som var summan av alla provrutor från en samodling och en som var summan av alla provrutor från en monokultur. Med hjälp av ytterligare två tvåsidiga variansanalyser undersöktes samspelet mellan skifte och odlingstyp, för att se om den varierade från plats till plats, både för total kärnskörd och total biomassa ovan jord.

En tvåsidig variansanalys gjordes även för att undersöka om det fanns någon skillnad på mängden ogräs i samodling och monokultur.

Land Equivalent Ratio (LER) räknades ut för Ingvasta gård, där alla grödor från samodlingen även fanns i en monokultur. LER är ett mått på effektiviteten av markanvändningen i samodling jämfört med monokultur. Värdet på LER motsvarar odlingsytan som behövs för att uppnå lika hög produktivitet i en monokultur som i en samodling (Mead & Willey 1980; Hauggaard-Nielsen & Jensen 2005; Cowden *et al.* 2020). LER för samodlingen (LER_{IC}) beräknades med hjälp av kärnskorde från samodlingarna av ärtor ($Y_{P\ IC}$) och havre ($Y_{O\ IC}$) och kärnskorde från monokulturerna ($Y_{P\ SC}$ och $Y_{O\ SC}$) enligt följande formel:

$$LER_P = \frac{Y_{P\ IC}}{Y_{P\ SC}} \quad (1)$$

$$LER_O = \frac{Y_{O\ IC}}{Y_{O\ SC}} \quad (2)$$

$$LER_{IC} = LER_P + LER_O \quad (3)$$

Om värdet på LER_{IC} är större än 1 visar det att samodling är en fördelaktig metod jämfört med odling i monokultur (Mead & Willey 1980; Hauggaard-Nielsen & Jensen 2005; Cowden *et al.* 2020).

3.6 Litteraturstudie

Litteratursökningen gjordes med hjälp av Web of Science. Sökorden som användes var följande: *intercropping, mixed cropping, mixed crop, Sweden, cereal, legume, nitrogen, protein, biodiversity, biomass, carbon capture, milpa* och *ecosystem services*, i olika kombinationer. Sökning via SLU:s bibliotekstjänst Primo gjordes även för att hitta andra examensarbeten och doktorsavhandlingar på ämnet samodling.

4. Resultat

Detaljerade resultat av vägningen av proverna från varje provruta på alla utvalda transekter hittas i bilaga 2. Följande resultat kommer från den statistiska analysen utförd i Minitab och är uppdelade efter arbetets två hypoteser.

4.1 Total biomassa ovan jord per ytenhet

För att testa hypotesen ”samodling ger högre ovanjordisk biomassa per ytenhet jämfört med en monokultur” jämfördes alltså vikten på biomassan ovan jord i de olika provrutorna i förhållande till odlingstypen (monokultur eller samodling), med hjälp av ett T-test. I tabell 3 visas skördedatum, medelvärden för samodling respektive monokultur, samt P-värdet, för alla skiften. Hur den totala biomassan ovan jord varierade mellan de olika provrutorna inom transekterna visas i figur 4.

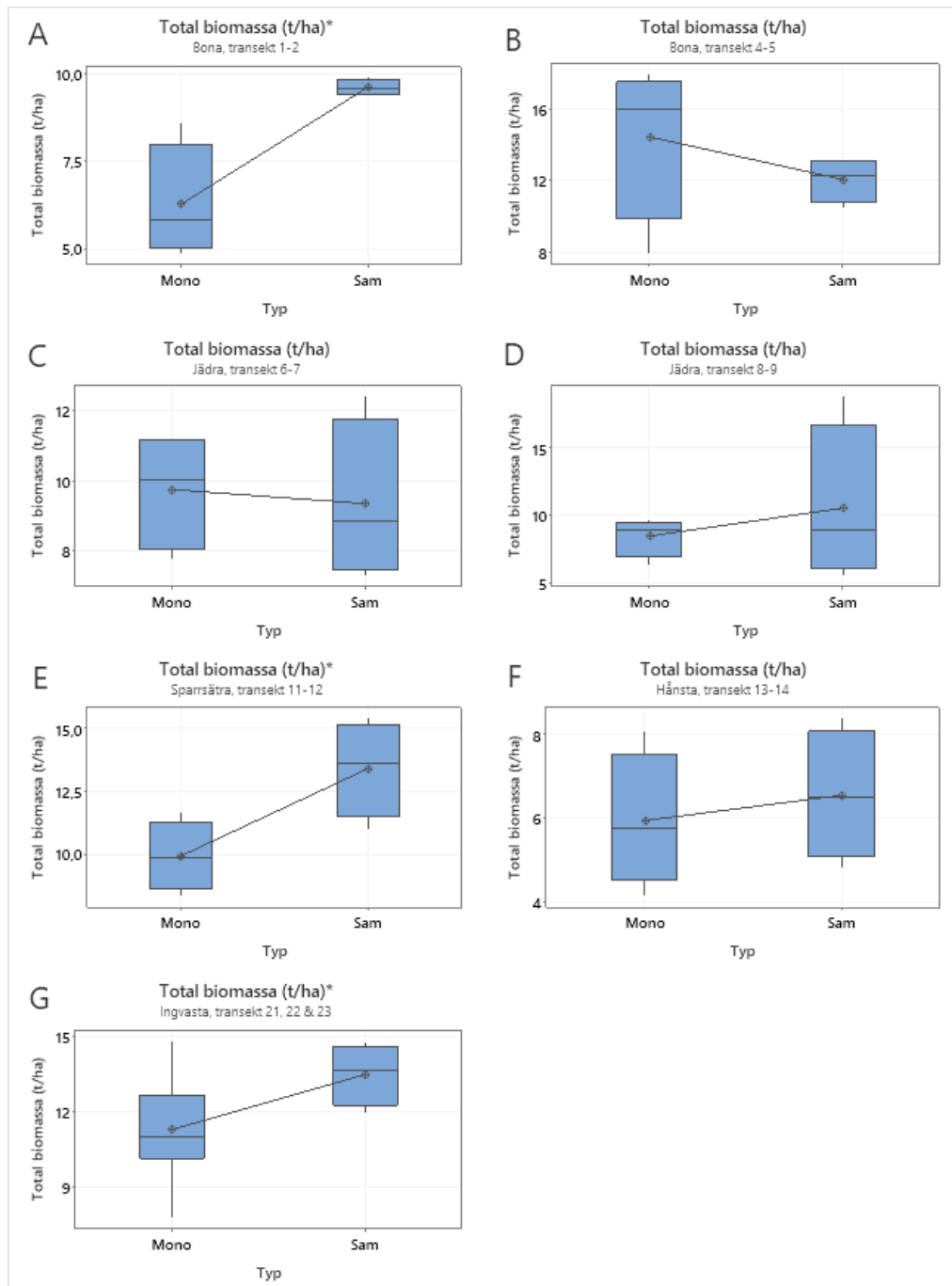
Tabell 3. Medelvärden och P-värden för total biomassa ovan jord, samt datum för provtagning.

Total biomassa ovan jord (t/ha)					
Plats	Skifte	Medel monokultur	Medel samodling	Skörde-datum	P-värde
Bona	1 – 2	6,26	9,59	25/7/22	0,03
Bona	4 – 5	14,40	12,04	11/8/22	0,38
Jädra					
Prästgård	6 – 7	9,74	9,34	10/8/22	0,79
Jädra					
Prästgård	8 – 9	8,46	10,53	10/8/22	0,54
Sparrsätra					
Prästgård	11 – 12	9,92	13,39	8/8/22	0,03
Hånsta	13 – 14	5,94	6,54	15/8/22	0,61
Ingvasta	21, 22, 23	11,27*	13,46	9/8/22	0,04

*Medelvärdet är av två monokulturer i stället för en.

Provrutorna som tagits från en samodling innehöll enligt resultaten ofta (i fem av sju skiften) en högre genomsnittlig biomassa ovan jord än provrutorna från motsvarande monokultur. Skillnaden var däremot endast signifikant (enligt P-värdet) på tre av skiftena. De tre där skillnaden var signifikant var Sparrsätra 11 – 12, Ingvasta 21 – 22 och Bona 1 – 2. Där var den kvävefixerande växten ärtor i

samtliga samodlingar. Spannmålsgrödorna var i Sparrsätra havre och vårkorn, i Ingvasta havre och i Bona höstråg.



Figur 4. Boxplotdiagram som visar förhållandet mellan den totala biomassan ovan jord i varje skifte och odlingstypen. Signifikanta skillnader mellan samodling (Sam) och monokultur (Mono) indikeras med *.

En tydlig skillnad mellan samodling och monokultur kan observeras i figur 4 A, E och G, där P-värdet visade att den totala biomassan ovan jord var signifikant högre i samodlingarna. En tendens till en högre total biomassa ovan jord per hektar i

samodling jämfört med monokultur anas dock även i D och F. I B och C anas en tendens till en högre total biomassa ovan jord per hektar i monokultur jämfört med samodling, men skillnaden i de två fallen var inte statistiskt signifikant.

För att undersöka samspelet mellan skifte och odlingstyp gjordes en tvåsidig variansanalys där alla skiften inkluderades. Den visade ingen genomsnittlig signifikant skillnad mellan monokultur och samodling ($P = 0,064$). Skillnaden på samspelet mellan skifte och odlingstyp var signifikant ($P = 0,007$), vilket visar att det finns en signifikant varians när det kom till skillnaden mellan monokultur och samodling från plats till plats.

4.2 Total kärnskörd per ytenhet

Hypotesen ”samodling ger högre kärnskörd per ytenhet jämfört med en monokultur” testades genom att jämföra den totala kärnskörd i provrutorna i förhållande till odlingstyp, på samma sätt som den totala biomassan ovan jord per ytenhet undersöktes i föregående avsnitt. Tabell 4 innehåller medelvärden för samodling respektive monokultur, samt P-värdet, för alla skiften. Skördedatum för respektive skifte finns i tabell 3.

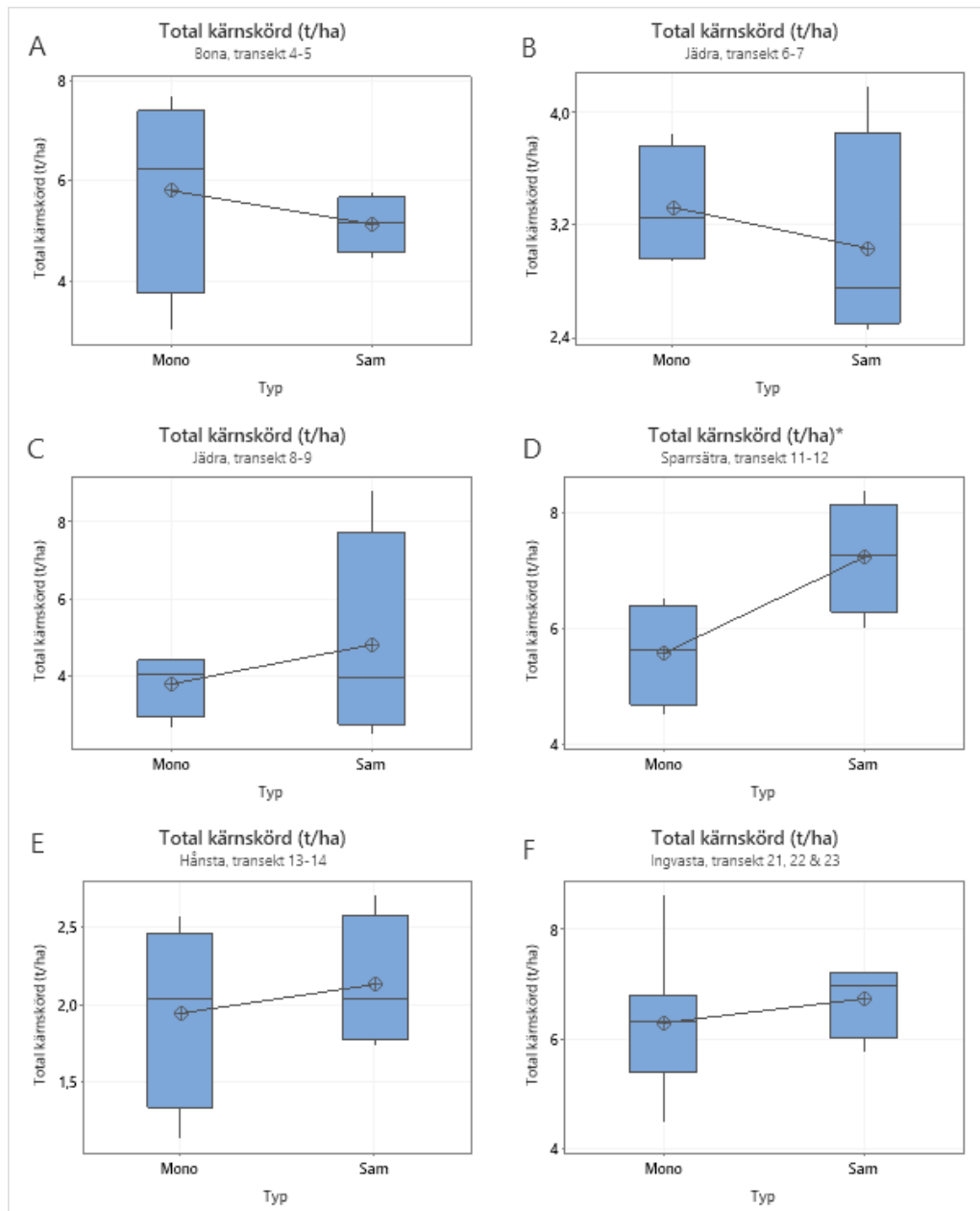
Tabell 4. Medelvärden och P-värden för total kärnskörd.

Plats	Skifte	Total kärnskörd (t/ha)		P-värde
		Medel Monokultur	Medel Samodling	
Bona	4 – 5	5,81	5,141	0,57
Jädra				
Prästgård	6 – 7	3,325	3,034	0,55
Jädra				
Prästgård	8 – 9	3,798	4,81	0,53
Sparrsätra				
Prästgård	11 – 12	5,571	7,232	0,05
Hånsta	13 – 14	1,943	2,130	0,63
Ingvasta	21, 22, 23	6,29*	6,730	0,45

*Medelvärdet är av två monokulturer i stället för en.

I denna analys inkluderades inte Bona 1 – 2, eftersom resultaten från de transekterna inte innehöll kärnskördar. Kärnskördarna utelämnades där på grund av för tidig skörd (tabell 3), varpå ingen relevant slutsats om kärnskörd hade kunnat dras utifrån de resultaten.

Den genomsnittliga totala kärnskörden tenderade att vara högre i provrutorna från en samodling än i provrutorna från en monokultur i fyra av sex skiften men det var stor variation mellan upprepningarna. P-värdena visar att skillnaden endast var signifikant i Sparrsätra 11 – 12.



Figur 5. Boxplotdiagram som visar förhållandet mellan den totala kärnskörden i varje skifte och odlingstypen. Signifikanta skillnader mellan samodling (Sam) och monokultur (Mono) indikeras med *.

I figur 5 syns kärnskörd i monokultur och samodling på de olika skiftena. Skillnaden är endast signifikant i figur 5 D, där samodlingen har en högre total kärnskörd per hektar än monokulturen.

Även för kärnskörd gjordes en tvåsidig variansanalys, på samma sätt som för den totala biomassen ovan jord. Den visade ingen genomsnittlig signifikant skillnad mellan monokultur och samodling ($P = 0,568$) och inte heller när det kom till samspelet mellan skifte och odlingstyp ($P = 0,115$). Kärnskörd varierade alltså inte signifikant mellan monokultur och samodling från plats till plats.

4.2.1 LER

För Ingvasta gård beräknades LER för att bedöma effektiviteten av markanvändningen i samodling jämfört med monokultur. Enligt beräkningarna var $LER = 1,10$. Då värdet var större än 1 var samodlingen fördelaktig. I det här fallet innebär det att odlingsytan i de två monokulturerna behöver vara 10% större än i samodlingen för att få lika stor kärnskörd.

4.3 Ogräsbiomassa

Eftersom ogräset i varje provruta vägdes separat gjordes även en variansanalys för att se om det fanns någon skillnad mellan monokultur och samodling när det kom till mängden ogräsbiomassa (se bilaga 2 för siffror på total ogräsbiomassa). Det testet visade ingen signifikant skillnad ($P=0,488$).

5. Diskussion

5.1 Tolkning av resultaten

5.1.1 Mängden biomassa ovan jord i samodling jämfört med monokultur

En trend som anas i resultaten är att biomassan ovan jord i majoriteten av fallen är högre i samodlingarna än i monokulturerna. Det kunde observeras i fem av sju utvalda skiften, men skillnaden var endast statistiskt signifikant i tre av dem. På de fem skiftena var medelbiomassan ovan jord i genomsnitt 29% högre i samodling än i monokultur. På alla sju skiften var medelbiomassan ovan jord i genomsnitt 18% högre i samodling än i monokultur.

Variationsanalysen som gjordes på alla skiften gav ett P-värde som var 0,064, alltså nära att vara signifikant men inte tillräckligt. Troligtvis på grund av den begränsade mängden skiften som proverna togs från och den stora variationen inom transekterna på dessa skiften. Fler prover hade behövts för att kunna få ett tydligare resultat. P-värdet för samspelet mellan skifte och odlingstyp var signifikant ($P = 0,007$), vilket innebär att skillnaden mellan monokultur och samodling kunde vara tydlig på en gård och knappt synas på en annan gård. Det beror sannolikt på att förutsättningar kan skilja sig mellan gårdarna, exempelvis klimat, jordens bördighet, utsädesmängd och gödsling. Mer information skulle behövas för att dra slutsatser om vad skillnaderna skulle kunna bero i detta arbete. Det skulle kunna undersökas i framtida studier.

5.1.2 Kärnskörd i samodling jämfört med monokultur

Kärnskörden var i de flesta fall inte signifikant högre i samodling än i monokultur. Eftersom det kan bero på flera olika faktorer, såsom variationen av jordmånsegenskaper inom fälten eller utsädesmängden, är det svårt att säga vad anledningen till de resultaten är. Mer information behövs ifrån markägarna för att någon slutsats ska kunna dras om det.

I fyra av sex utvalda skiften tenderade kärnskörden att vara högre i samodling än i monokultur (*figur 5*). Skillnaden var däremot endast signifikant på ett av dem (*tabell 4*). På de fyra skiften där samodlingen tydde på högre kärnskörd var medelkärnskörden i genomsnitt 20% högre än i monokultur, medan genomsnittet för alla sex skiften var 10%. Variansanalyserna visade inte heller några signifikanta samspel ($P=0,115$). Baserat på den statistiska analysen kan vi konstatera att kärnskörden har blivit ungefär densamma i monokultur och samodling i denna studie. Det resultatet talar dock inte emot samodling som metod i svenskt jordbruk, utan visar snarare att man kan få en likvärdig kärnskörd även utan att odla i monokultur. Det betyder även att samodlingarna i studien möter kraven för ekologisk intensifiering (Jensen *et al.* 2020b). Återigen skulle fler transekter behöva dras och fler prover samlas in, för att en statistisk analys ska kunna ge tydligare resultat.

LER kunde i denna studie endast räknas ut för Ingvasta gård. Uträkning av LER kräver en monokultur av varje gröda som odlas i samodlingen och på resterande skiften i denna studie var bara en av de ingående grödorna odlade i monokultur. Partiell LER hade kunnat räknas ut med hjälp av den informationen, men eftersom studien inte gav signifikanta resultat gällande kärnskörden ansågs det inte vara meningsfullt.

Att LER på Ingvasta gård var 1,10 tydde därför på att samodlingen i det fallet var mer produktiv än monokulturen. Det visar alltså på en mer effektiv markanvändning i samodlingen trots att skillnaden mellan den och odlingen i monokultur inte var statistiskt signifikant.

5.1.3 Mängden ogräsbiomassa i samodling jämfört med monokultur

Forskning har visat att samodling skulle kunna minska mängden ogräs, om en av grödorna konkurrerar med ogräset om mineralkvävet i marken (Jensen *et al.* 2020b). Det var alltså rimligt att tro att det skulle kunna vara fallet även i denna studie. Eftersom ogräsbiomassan vägdes separat gjordes en statistisk analys för att undersöka om det fanns någon skillnad mellan samodling och monokultur i denna studie. Analysen visade dock ingen signifikant skillnad. Eftersom egenskaper skiljer sig mellan arter skulle det kunna bero på att just de arter som odlades på fälten inte konkurrerade avsevärt med ogräs.

5.1.4 Resultatens betydelse för samodling som metod i svenskt jordbruk

Samodling har många tydliga fördelar utöver det som har undersökts i denna studie, däribland den minskade miljö- och klimatbelastningen och de ekosystemtjänster som medföljer (Jensen *et al.* 2015; Glaze-Corcoran *et al.* 2020; Jensen *et al.* 2020b; Weih *et al.* 2021; Yang *et al.* 2021; Ajal *et al.* 2022). Enligt resultaten i denna studie är ännu en möjlig fördel en högre total ovanjordisk biomassa per ytenhet. Ytterligare studier skulle dock behövas för att undersöka den möjligheten närmare. Även om en högre kärnskörd inte har visat sig vara en fördel med samodling i denna studie, har det inte heller visat sig vara en fördel med odling i monokultur. Det tyder på att en fördel med samodling skulle kunna vara att den inte ger sämre resultat än odling i monokultur.

Att en högre total biomassa ovan jord observeras på samodlingsfälten är betydelsefullt då mer biomassa bidrar till en högre kolinlagring (Linderholm *et al.* 2020). En högre kolinlagring är någonting Lantmännen, bland annat, vill främja genom att uppmuntra odling av vall och fång- eller mellangrödor (Lantmännen 2019). Den högre biomassan i samodling som denna studie och andra studier (Yang *et al.* 2021) påvisar, skulle kunna visa att valet inte behöver stå mellan att antingen odla för kolinlagringen eller odla för matproduktion, utan att livsmedelsgrödor kan odlas med hög produktion på ett sätt som ökar kolinlagringen.

5.1.5 Felkällor

Under vägningen kunde enstaka bitar av biomassan missas, då exempelvis ett frö eller ett strå kunde hamna utanför vågskålen och inte tas med i beräkningen. Hittades en växt del som hamnat vid sidan av måste den kasseras om det inte gick att veta vilken provruta och växt den tillhörde. Det handlar om mindre siffror som inte gör en signifikant skillnad, men det bör ändå uppmärksammas.

5.2 Faktorer som påverkar biomassan och produktiviteten

I de tre samodlingar där den totala biomassan ovan jord var signifikant högre än i monokultur, inklusive den där även den totala kärnskördens var signifikant högre, var ärtor den kvävefixerande grödan som odlades. Ärtor och spannmål är den kombination som enligt forskning har visat sig särskilt effektiv när det kommer till resursutnyttjande (Meunier *et al.* 2022) och som används i stor utsträckning vid samodling i Sverige (Geijersstam & Martensson 2006). På de gårdar som ingick i

denna studie odlades ärtor i fem av nio samodlingar, medan de kvävefixerande växter som odlades i resterande samodlingar var olika på varje gård. Det var alltså bara ärtor som förekom på flera olika gårdar.

På Sparrsätra Prästgård var den totala biomassan ovan jord per hektar och den totala kärnskoroden per hektar signifikant högre i samodling än i monokultur. Där samodlades havre, vårkorn och ärtor, medan den jämförande monokulturen bestod av spannmål (havre och vårkorn). Sparrsätra Prästgård var också den enda av de gårdar som ingick i den statistiska analysen där allt i samodlingen skördades som djurfoder. Intressant att notera är därför att en studie av Juskiw *et al.* (2000), visade att samodling av flera spannmålsarter gav en högre skörd och även en högre skörde kvalitet. Den visade även att samodlingen förlängde skördeperioden.

Monokulturer av ärtor har enligt studier lägre total biomassa än monokulturer av spannmål (Krga *et al.* 2021). Om ärtor i allmänhet har en lägre biomassa än spannmål skulle det kunna påverka skillnaden i total biomassa mellan monokultur och samodling i Bona 1 – 2. Den samodlingen var den enda som jämfördes med en monokultur av en baljväxt och inte spannmål. Den mest rättvisa jämförelsen gjordes mellan odlingarna på Ingvasta gård, där båda grödorna i samodlingen fanns representerade i en monokultur, så att medelvärdet för monokultur i det fallet baserades på båda två. Det skulle kunna vara så att skillnaden i total biomassa ovan jord hade varit mindre om monokulturen i Bona 1 – 2 bestod av spannmål. Det skulle även kunna vara så att skillnaden mellan samodling och monokultur hade varit signifikant på fler gårdar om båda monokulturerna hade funnits med. Det är någonting som kan tas i beaktande i det fortsatta arbetet inom projektet.

Det finns många faktorer som skulle kunna påverka skörden i samodlingarna, exempelvis vilka tillväxtresurser olika grödor konkurrerar med varandra om och i vilken utsträckning de gör det. Vissa spannmålsgrödor har visat sig kunna vara hårda konkurrenter till ärtor när de samodlas och att ärtskoroden därför kan bli sämre jämfört med en monokultur av ärtor. Studier har visat att fördelarna med samodling av spannmål och baljväxter, i form av kvävefixering, kan minska om spannmålsarten konkurrerar för hårt med baljväxten (Andersen *et al.* 2004; Lauk & Lauk 2008). Enligt studier passar därför ärtsorter med kort strå inte att samodlas med havre (Rauber *et al.* 2001). Samtidigt har andra studier visat att ärtsorter med långt strå konkurrerar hårt med spannmål om solljus, vilket leder till en mindre kärnstorlek hos spannmålen (Lauk & Lauk 2008). Det har resulterat i både en lägre kärnvikt och lägre skörd. De mindre kärnorna kan däremot vara mer proteinrika jämfört med kärnor från en monokultur, eftersom en stor del av kvävet går till just kärnorna hos spannmålsgrödor (Lauk & Lauk 2008). Konkurrens mellan ärtor och spannmål skulle alltså kunna vara en faktor som bidragit till att samodling i denna

studie inte gav en högre kärnskörd än monokultur. Det visar i så fall hur viktigt det är att välja rätt kombination av grödor för att samodling ska bli så effektivt som möjligt.

En estländsk studie från år 2000–2002 som jämförde kombinationer av ärtor och olika spannmål i samodling kom fram till att ärtor och havre gav högst skörd och att ärtor och vete kom på andraplats. Ärtor och korn, däremot, visade sig inte vara en passande kombination, men enligt författarna skulle det kunna bero på den kornsort som användes. Den studien visade även på ett högre proteininnehåll i samodlingsskörden. Viktigt att notera är att studien utfördes på mark som inte gödslades med kväve (Lauk & Lauk 2008). De kombinationer som enligt studien visat sig ge mest skörd stämmer även överens med andra studier som gjort en liknande jämförelse (Arlauskiene *et al.* 2011).

Mycket tyder på att en större del av de tillgängliga tillväxtresurserna kan användas i en samodling jämfört med en monokultur (Jensen *et al.* 2015; Raseduzzaman & Jensen 2017; Glaze-Corcoran *et al.* 2020; Ajal *et al.* 2022; Lagerquist *et al.* 2022), vilket troligtvis är anledningen till att den totala biomassan ovan jord per ytenhet var större i samodling än i motsvarande monokultur i denna studie. Skillnaden var däremot inte så stor som förväntat. Eftersom skillnaden mellan monokultur och samodling varierade signifikant från gård till gård är det rimligt att tro att det beror på lokala faktorer som exempelvis bördighet, odlingszon och skötsel. Det kan i så fall visa på betydelsen av att välja rätt kombination för de lokala förhållandena på platsen.

Studier har visat att fördelen med att samodla spannmål med baljväxter kan minska vid användning av kvävegödsel (Jensen 1996). Mer oorganiskt kväve i marken i kombination med att spannmålsgrödan kanske växer sig större och konkurrerar med baljväxterna om solljus kan resultera i att baljväxten fixerar mindre atmosfäriskt kväve. En stor bidragande faktor till effektiviteten hos en sådan samodling minskar med andra ord. I en samodling med ärtor och spannmål, exempelvis, kan det även resultera i en minskad andel ärtor i skörden (Jensen 1996). Däremot verkar det inte vara någonting som påverkar den totala kärnsköörden, som var fokus för denna studie.

Temperatur och nederbörd under växtsäsongen och jordens egenskaper är faktorer som påverkar skörden (Arlauskiene *et al.* 2011), men som inte har undersökts i denna studie. Om mer tid hade funnits och om nödvändiga prover och data funnits tillgängliga, hade de faktorerna varit intressanta att undersöka för att se hur de hade kunnat påverka resultaten i denna studie. Fuktighet och temperatur i de översta 10 cm i marken på alla transekter 2022 mättes, men det hann inte analyseras

under arbetes gång. Det är ytterligare en faktor som skulle kunna tas i beaktande vid det fortsatta arbetet inom projektet.

Värt att notera är att de fem gårdar som ingår i det urval av skiften som användes i detta arbete är utspridda över tre odlingszoner; zon 2, 3 och 4. Bona gård ligger i zon 2 och proverna på de transekterna klipptes tidigare än de andra då lantbrukaren behövde skörda grödorna på fälten tidigare än på övriga gårdar. Jädra Prästgård ligger i zon 3. Även Sparsätra Prästgård ligger i zon 3, nära gränsen till zon 4, medan Ingvasta och Hånsta Östergärde båda ligger i zon 4. Enligt resultaten i denna studie kan inga paralleller dras med de odlingszoner gårdarna är belägna i, men det kan vara en relevant faktor att ta hänsyn till vid framtida studier.

5.3 Samodlingens många fördelar

Den totala kärnskörden och biomassan ovan jord, som denna studie har fokuserat på, är bara en del av samodlingens potentiella fördelar och även de andra förtjänar att belysas översiktligt. Även om kärnskörden inte nödvändigtvis blir högre i en samodling än i motsvarande monokulturer, kan samodling med kvävefixerande grödor vara ett fördelaktigt alternativ, särskilt på ekologiska gårdar som inte har en tillräckligt god tillgång till stallgödsel (Lauk & Lauk 2008). Brist på stallgödsel är i nuläget en vanlig begränsande faktor för ekologisk odling i Sverige (Nordin 2020). Dålig gödseltillgång och en lägre skörd är bland de vanligaste anledningarna att jordbrukare väljer bort omställningen till ekologisk odling (Nordin 2020). Om samodling kan ge en likvärdig eller högre skörd och samtidigt minska gödselbehovet skulle det kunna vara ett alternativ som hjälper oss att ställa om till ett mer miljövänligt jordbruk.

Att samodling potentiellt minskar behovet av att tillföra gödsel och andra insatsmedel utan negativ påverkan på produktiviteten, kan göra samodlingen till ett mer hållbart alternativ även på konventionella gårdar (Jensen *et al.* 2020b).

Sammanfattningsvis anses samodling ha stor potential som metod för att uppnå ekologisk intensifiering och därmed bidra till ett mer hållbart jordbruk (Jensen *et al.* 2015). Det tycks finnas en möjlighet att minska behovet av insatsmedel och fossilbaserade processer samt uppnå en mer effektiv resursanvändning (Jensen *et al.* 2015; Raseduzzaman & Jensen 2017; Jensen *et al.* 2020b) och ökad kolinlagring (Linderholm *et al.* 2020; Yang *et al.* 2021). Dessutom ger metoden potentiellt en högre biologisk mångfald, både eftersom fler arter odlas på fälten och för att den leder till en högre mångfald av exempelvis insekter och mikroorganismer (Glaze-Corcoran *et al.* 2020; Yang *et al.* 2021). En bibehållen vattenbalans i de olika

jordlagren (Arlauskiene *et al.* 2011; Yang *et al.* 2021; Wen *et al.* 2022) och högre motståndskraft mot biotiska och abiotiska stressfaktorer är ytterligare exempel på effekter av samodlingsmetoden (Raseduzzaman & Jensen 2017; Jensen *et al.* 2020b; Stomph *et al.* 2020; Weih *et al.* 2021; Yang *et al.* 2021).

5.4 Slutsatser och implikationer

5.4.1 Slutsatser

Eftersom kärnskörd i denna studie inte var signifikant högre i monokultur än i samodling är det rimligt att anta att en högre kärnskörd inte är en fördel med monokulturen som odlingsmetod. Med tanke på monokulturernas miljö- och klimatbelastning och de ekosystemtjänster som samodlingen bidrar med skulle samodling därför kunna vara ett mer hållbart alternativ, som ger en lika hög skörd. Metoden skulle kunna komplettera användningen av gödsel i jordbruket och minska behovet av insatsmedel såsom mineralgödsel och bekämpningsmedel. Studiens hypotes ”samodling ger en högre kärnskörd per ytenhet jämfört med en monokultur” kan inte styrkas. Resultaten visade inte en signifikant högre kärnskörd i samodling, men en tendens till ett sådant mönster kunde anas, då medelkärnskörd i samtliga samodlingar var i genomsnitt 10% högre än i motsvarande monokulturer. Med tanke på att tidigare forskning har visat på en ökad kärnskörd var det rimligt att tro att denna studie skulle göra det. Att LER på Ingvasta gård visade på en 10% skördefördel i samodlingen stöder hypotesen i det specifika skiftet, men att få det resultatet enbart för ett av skiftena räckte inte. SHOWCASE-projektet fortsätter med ytterligare ett års provtagning och efterföljande analys, vilket förhoppningsvis kan ge tydligare resultat.

Hypotesen ”samodling ger en högre ovanjordisk biomassa per ytenhet jämfört med en monokultur” kunde styrkas då biomassan ovan jord i samtliga samodlingar i genomsnitt var 18% högre än i motsvarande monokulturer, även om skillnaden var lägre än förväntat. Studien visar alltså att samodling skulle kunna bidra till en högre ovanjordisk biomassa på fälten, vilket är positivt ur hållbarhetssynpunkt då det bidrar till en högre kolinlagring om den odlade grödan har större rotbiomassa och om skörderesterna lämnas kvar.

Det tycks vara särskilt rimligt att tro att samodling är mer fördelaktigt än odling i monokultur på ekologiska gårdar där biologisk kvävefixering genom odling av baljväxter är viktigt för kvävetillförseln och det ofta är brist på stallgödsel. Även på konventionella gårdar kan samodlingsmetoden fungera som komplement för att minska tillförseln av mineralgödsel. Samodlingen förefaller i allmänhet vara en mer miljövänlig odlingsmetod som minskar behovet av insatsmedel utan att minska

produktiviteten. Förutsättningarna för samodling behöver därför utvecklas för att en omställning ska vara möjlig. Mer kunskap behövs för att bland annat ta fram utsädessorter som passar att samodla och som ger bra skörd, samt att ta reda på vilka växtarter som passar bäst att odla tillsammans och vilka som passar att odla under rådande lokala förhållanden.

5.4.2 Förbättringsmöjligheter

Fler skiften och fler provrutor per transekt behövs för ett tydligare resultat. För en rättvis jämförelse mellan samodling och monokultur behöver fortsatta studier även inkludera provrutor med alla arter som använts i samodling, också i monokulturer. I denna studie fanns en komplett uppsättning endast på Ingvasta gård. Med de resultaten kan LER räknas ut för samtliga skiften, vilket är ett bra sätt att jämföra effektiviteten av markanvändningen i samodling respektive monokultur.

Mer tid och möjlighet att titta på detaljerad information om odlingarna hade också gjort det lättare att jämföra och dra slutsatser utifrån resultaten. Exempelvis jordprover, utsädesmängd, utsädessorter, eventuell gödsling, eller temperatur- och nederbördsförhållanden under växtsäsongen. Detta eftersom det finns många faktorer som kan påverka kärn- och biomassaskörden.

De begränsningar som upptäckts under detta arbete kommer att tas i beaktande vid årets provtagning i det fortsatta projektet, för att kunna förbättra underlaget för den statistiska analysen.

5.4.3 Möjligheter till framtida studier

Detta arbete har bidragit med information om vad som skulle kunna förbättras när årets prover tas inom SHOWCASE-projektet, för att få ett tydligare resultat. Närmare analyser av de kombinationer av växtarter som använts i studien skulle kunna göras, för att undersöka vilken påverkan de kan ha haft på resultaten i både denna studie och den framtida studien av proverna från sommaren 2023. Jordprover skulle behövas för att kunna dra paralleller med lokala förhållanden som jordens bördighet. Det hade dessutom varit intressant att titta på mångfalden av arter på fälten, som växter (ogräs), pollinerande insekter och jordlöpare, till exempel. En analys av kväveupptaget skulle kunna ge information om konverteringseffektiviteten av kväve. Kväveinnehållet i proverna kommer att analyseras i fortsatta studier och då kan även andelen fixerat kväve som tagits upp av spannmålsgrödorna undersökas.

Även om det inte fanns tid till att inkludera alla dessa aspekter i detta arbete, är det möjligt att de kommer att undersökas under SHOWCASE-projektets gång och

dessa framtida studier kommer sannolikt att bidra till många insikter och möjligheter till framtida forskning och tillämpning av samodling som en jordbruksmetod.

Tack

Ett stort tack till min handledare, Anneli Adler, som har varit otroligt engagerad i mitt arbete från början till slut och ett perfekt bollplank för frågor och funderingar. För mig är mycket i detta arbete helt nytt och Anneli har guidat mig igenom det på ett tålmodigt sätt och hjälpt till med de lite svårare momenten. Jag är tacksam för att hon har varit så mån om att vi skulle hinna med det vi behövde göra för att testa arbetets hypoteser inom ramarna för ett kandidatarbete.

Ytterligare ett stort tack till Johannes Forkman för all hjälp med statistiken i detta arbete. Jag vill även tacka Ingrid Öborn som vägledde mig i mitt val av ämne i slutet av förra året när jag uttryckte min önskan om att göra ett kandidatarbete om odling. Tack vare hennes råd hittade jag till SHOWCASE-projektet. Jag är också tacksam för den feedback jag har fått av Ingrid, då den har varit av stort värde för mig i slutförandet av denna uppsats.

Tack till Erik Öckinger som är projektledare för SHOWCASE här på SLU, för att jag har fått vara med och bidra till ett så meningsfullt och intressant projekt. Tack också till Marta Rendón för tipset om samodlingens historiska användning i Mexiko, som gav en intressant introduktion till metoden och dess ursprung i detta arbete.

Och sist men inte minst, tack till mina nära och kära för allt stöd och intresse under arbetets gång.

Bilaga 1

Detaljlista över alla transekter som ursprungligen ingick i studien. Observera att inte alla användes i databearbetningen, se markering i tabellen. Resultaten från alla provrutor av storlek 100x100 cm räknades efter vägning om för att få ut data motsvarande en ruta på 38x38 cm.

Transeklista					
Transekt	Gård	Plats	Odlingstyp	Odlade grödor	Provrutor
1	Bona Gård	Munsö	Samodling	Höstråg, ärtor	100x100 cm
2	Bona Gård	Munsö	Monokultur	Ärtor	100x100 cm
3	Bona Gård	Munsö	Monokultur	Havre	100x100 cm
4	Bona Gård	Munsö	Monokultur	Havre	38x38 cm
5	Bona Gård	Munsö	Samodling	Linser, havre	38x38 cm
6	Jädra Prästgård	Upplands Bro	Samodling	Humlelusern, Dala lantvete	38x38 cm
7	Jädra Prästgård	Upplands Bro	Monokultur	Dala lantvete	38x38 cm
8	Jädra Prästgård	Upplands Bro	Samodling	Sötväppling, dinkelvete	38x38 cm
9	Jädra Prästgård	Upplands Bro	Monokultur	Dinkelvete	38x38 cm
10*	Sparrsätra Prästgård	Sparrsätra	Samodling	Vårkorn, havre, ärtor	38x38 cm
11	Sparrsätra Prästgård	Sparrsätra	Monokultur	Vårkorn, havre	38x38 cm
12	Sparrsätra Prästgård	Sparrsätra	Samodling	Vårkorn, havre, ärtor	38x38 cm
13	Hånsta Östergärde	Vattholma	Båda	Vårråg; vårråg, ärtor	38x38 cm
14	Hånsta Östergärde	Vattholma	Båda	Vårråg; vårråg, ärtor	38x38 cm
15*	Hånsta Östergärde	Vattholma	Monokultur	Rågvete	38x38 cm
16	Norrbäck 100	Sala	Samodling	Havre, höstvete, vitklöver, käringtand, kummin, svartkämpar	38x38 cm
17	Norrbäck 100	Sala	Monokultur	Höstvete	38x38 cm
18	Öja 106	Sala	Monokultur	Höstkorn	38x38 cm
19	Borggården	Rimbo	Monokultur	Havre	38x38 cm
20	Borggården	Rimbo	Samodling	Havre, ärtor	38x38 cm
21	Ingvasta	Alunda	Samodling	Havre, ärtor	38x38 cm
22	Ingvasta	Alunda	Monokultur	Havre	38x38 cm
23	Ingvasta	Alunda	Monokultur	Ärtor	38x38 cm
24*	Ingvasta	Alunda	Monokultur	Havre	38x38 cm
25	Norrbäck 137	Sala	Monokultur	Havre	38x38 cm

* inga prover togs från denna transekt

Bilaga 2

Tabell innehållande vägningsdata från de skiften och transekter som ingick i analysen. Här motsvarar alla siffror provrutor av storleken 38x38 cm. Alla vikter anges i gram.

Skifte 1, Bona								
		Ogräs	Ärtor		Höstråg			
TR	PR	Biomassa	Biomassa	Kärnskörd	Biomassa	Kärnskörd		
1	3		69,78		73,03	19,11		
1	5	7,53	55,51		74,47			
1	7	8,34	62,49		64,24			
1	10	18,68	69,82		49,92			
2	2	6,15	80,09	38,20				
2	4	7,67	62,34					
2	7	3,79	120,23					
2	10	2,99	78,49					

Skifte 2, Bona								
		Ogräs	Linser		Havre			
TR	PR	Biomassa	Biomassa	Kärnskörd	Biomassa	Kärnskörd		
4	3	0,69			231,26	93,75		
4	5	0,09			258,33	111,68		
4	7	3,58			110,89	43,59		
4	9	3,20			223,84	86,63		
5	2	11,02	69,78	41,44	104,43	35,77		
5	4	2,54	85,95	50,38	80,34	13,82		
5	6	3,82	67,26	40,18	80,29	31,63		
5	7	4,83	72,98	43,02	112,42	40,69		

Skifte 2, Jädra Prästgård								
		Ogräs	Humlelusern		Vete			
TR	PR	Biomassa	Biomassa	Kärnskörd	Biomassa	Kärnskörd		
6	3	1,41	8,55		95,19	35,47		
6	5	8,49	10,40		160,29	60,40		
6	7	4,04	6,62		104,01	38,06		
6	9	19,86	13,48		106,86	41,30		
7	3	19,17			110,82	43,49		
7	5	9,25			150,09	55,63		
7	7	1,73			110,02	42,43		
7	9	26,79			134,44	50,50		

Skifte 3, Jädra Prästgård								
		Ogräs	Sötväppling		Dinkel			
TR	PR	Biomassa	Biomassa	Kärnskörd	Biomassa	Kärnskörd		
8	3	0,72	1,55		77,95	36,18		
8	5	8,05	4,09		135,48	64,85		
8	7	2,17	1,12		105,30	50,07		
8	9	11,73	1,57		258,63	126,97		
9	3	9,58			81,79	38,18		
9	5	2,67			136,48	64,51		
9	7	2,70			124,45	55,21		
9	10	2,74			128,49	61,49		

Skifte 4, Sparsätra Prästgård*								
		Ogräs	Ärtor		Havre		Vårkorn	
TR	PR	Biomassa	Biomassa	Kärnskörd	Biomassa	Kärnskörd	Biomassa	Kärnskörd
11	3	3,26			135,07	85,78	0,88	0,74
11	5	3,24			115,54	64,01	1,27	0,77
11	7	2,22			140,95	75,11	1,94	1,04
11	9	2,32			164,79	93,70	1,26	0,62
12	3	9,44	12,33	6,35	99,22	57,53	37,54	22,70
12	5	0,68	29,74	14,52	107,24	60,73	50,18	27,80
12	7	16,35	28,51	15,39	104,35	60,14	55,06	31,29
12	9	7,32	37,15	18,44	162,10	93,26	16,07	9,55

Skifte 5, Hånsta								
		Ogräs	Ärtor		Vårråg			
TR	PR	Biomassa	Biomassa	Kärnskörd	Biomassa	Kärnskörd		
13	2	23,80	10,81	3,57	67,06	23,63		
13	4	29,42	10,39	4,87	81,42	34,23		
14	2	5,10	9,19	3,00	55,13	22,07		
14	4	7,19	9,39	3,66	68,75	28,01		
13	7	14,65			45,03	16,39		
13	9	20,87			95,69	37,09		
14	7	6,22			76,76	30,86		
14	9	14,42			69,18	27,87		

Skifte 6, Ingvasta								
		Ogräs	Ärtor		Havre			
TR	PR	Biomassa	Biomassa	Kärnskörd	Biomassa	Kärnskörd		
21	1	2,05	64,22	32,85	135,47	70,14		
21	2	2,45	38,85	22,59	171,52	82,09		
21	7	11,02	30,77	14,90	130,25	68,01		
21	9	5,85	28,14	15,15	157,01	83,02		
22	1	0,33			154,74	88,52		
22	3	2,60			156,61	84,31		
22	5	1,02			142,23	75,48		
22	7	2,44			181,77	97,12		
23	1	0,82	213,02	124,72				
23	2	1,84	174,56	98,40				
23	3	0,73	156,90	93,73				
23	4	1,42	110,38	64,49				

TR=Transekt, PR=Provruta.

*Transekt 11 och 12 låg på två olika skiften bredvid varandra, med ett dike emellan

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.

Referenser

- Ajal, J., Kiaer, L.P., Pakeman, R.J., Scherber, C. & Weih, M. (2022). Intercropping drives plant phenotypic plasticity and changes in functional trait space. *Basic and Applied Ecology*, 61, 41-52. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2022.03.009>
- Andersen, M.K., Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P. & Jensen, E.S. (2004). Biomass production, symbiotic nitrogen fixation and inorganic N use in dual and tri-component annual intercrops. *Plant and Soil*, 266(1-2), 273-287. <Go to ISI>://WOS:000226385500024
- Arlauskiene, A., Maiksteniene, S., Sarunaite, L., Kadziulienė, Z., Deveikyte, I., Zekaitė, V. & Cesnuleviciene, R. (2011). Competitiveness and productivity of organically grown pea and spring cereal intercrops. *Zemdirbyste-Agriculture*, 98(4), 339-348. <Go to ISI>://WOS:000300596200001
- Bommarco, R., Kleijn, D. & Potts, S.G. (2013). Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(4), 230-238. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.10.012>
- Cowden, R.J., Shah, A.N., Lehmann, L.M., Kiær, L.P., Henriksen, C.B. & Ghaley, B.B. (2020). Nitrogen Fertilizer Effects on Pea-Barley Intercrop Productivity Compared to Sole Crops in Denmark. *Sustainability*, 12(22). <https://doi.org/10.3390/su12229335>
- Digitala zonkartan. (2023). <https://svenskradgard.se/tradgardsrad/zonkartan/digitala-zonkartan/>
- Fogelfors, H. (2001). *Växtproduktion i Jordbruket*. Natur och Kultur/LT:s förlag.
- Geijersstam, L.A.F. & Martensson, A. (2006). Nitrogen fixation and residual effects of field pea intercropped with oats. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 56(3), 186-196. <https://doi.org/10.1080/0906471051003122>
- Glaze-Corcoran, S., Hashemi, M., Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Afshar, R.K., Liu, X.B. & Herbert, S.J. (2020). Understanding intercropping to improve agricultural resiliency and environmental sustainability. *Advances in Agronomy*, Vol 162, 162, 199-256. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.02.004>
- Hauggaard-Nielsen, H. & Jensen, E.S. (2005). Facilitative root interactions in intercrops. *Plant and Soil*, 274(1-2), 237-250. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-1305-1>
- Jensen, E.S. (1996). Grain yield, symbiotic N₂ fixation and interspecific competition for inorganic N in pea-barley intercrops. *Plant and Soil*, 182(1), 25-38. <https://doi.org/10.1007/bf00010992>

- Jensen, E.S., Bedoussac, L., Carlsson, G., Journet, E.-P., Justes, E. & Hauggaard-Nielsen, H. (2015). Enhancing Yields in Organic Crop Production by Eco-Functional Intensification. *Sustainable agriculture research*, 4(3), 42-42. <https://doi.org/10.5539/sar.v4n3p42>
- Jensen, E.S., Carlsson, G. & Hauggaard-Nielsen, H. (2020a). Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agronomy for sustainable development*, 40(1). <https://doi.org/10.1007/s13593-020-0607-x>
- Jensen, E.S., Chongtham, I.R., Dhamala, N.R., Rodriguez, C., Carton, N. & Carlsson, G. (2020b). Diversifying European agricultural systems by intercropping grain legumes and cereals. *International Journal of Agriculture and Natural Resources*, 47(3), 174-186. <https://doi.org/10.7764/ijanr.v47i3.2241>
- Juskiw, P.E., Helm, J.H. & Salmon, D.F. (2000). Forage yield and quality for monocrops and mixtures of small grain cereals. *Crop Science*, 40(1), 138-147. <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.401138x>
- Krga, I., Simić, A., Dželetović, Ž., Babić, S., Katanski, S., Nikolić, S.R. & Damjanović, J. (2021). Biomass and Protein Yields of Field Peas and Oats Intercrop Affected by Sowing Norms and Nitrogen Fertilizer at Two Different Stages of Growth. *Agriculture*, 11(9), 871. <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/9/871>
- Kuyah, S., Sileshi, G.W., Nkurunziza, L., Chirinda, N., Ndayisaba, P.C., Dimobe, K. & Oborn, I. (2021). Innovative agronomic practices for sustainable intensification in sub-Saharan Africa. A review. *Agronomy for sustainable development*, 41(2). <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00673-4>
- Lagerquist, E., Menegat, A., Dahlin, A.S., Parsons, D., Watson, C., Stahl, P., Gunnarsson, A. & Bergkvist, G. (2022). Temporal and Spatial Positioning of Service Crops in Cereals Affects Yield and Weed Control. *Agriculture-Basel*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/agriculture12091398>
- Lantmännen (2019). *Växtodling*. (Framtidens jordbruk: vägen mot ett klimatneutralt jordbruk 2050). <https://www.lantmannen.se>.
- Lauk, R. & Lauk, E. (2008). Pea-oat intercrops are superior to pea-wheat and pea-barley intercrops. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 58(2), 139-144. <https://doi.org/10.1080/09064710701412692>
- Linderholm, K., Katterer, T. & Mattsson, J.E. (2020). Valuing carbon capture in agricultural production: examples from Sweden. *Sn Applied Sciences*, 2(7). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-3101-9>
- Malézieux, E., Crozat, Y., Dupraz, C., Laurans, M., Makowski, D., Ozier-Lafontaine, H., Rapidel, B., de Tourdonnet, S. & Valantin-Morison, M. (2009). Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agronomy for sustainable development*, 29(1), 43-62. <https://doi.org/10.1051/agro:2007057>
- Martin-Guay, M.O., Paquette, A., Dupras, J. & Rivest, D. (2018). The new Green Revolution: Sustainable intensification of agriculture by intercropping. *Science of the Total Environment*, 615, 767-772. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.024>

- Mead, R. & Willey, R.W. (1980). THE CONCEPT OF A LAND EQUIVALENT RATIO AND ADVANTAGES IN YIELDS FROM INTERCROPPING. *Experimental Agriculture*, 16(3), 217-228. <https://doi.org/10.1017/s0014479700010978>
- Meunier, C., Alletto, L., Bedoussac, L., Bergez, J.E., Casadebaig, P., Constantin, J., Gaudio, N., Mahmoud, R., Aubertot, J.N., Celette, F., Guinet, M., Jeuffroy, M.H., Robin, M.H., Mediene, S., Fontaine, L., Nicolardot, B., Pelzer, E., Souchere, V., Voisin, A.S., Rosies, B., Casagrande, M. & Martin, G. (2022). A modelling chain combining soft and hard models to assess a bundle of ecosystem services provided by a diversity of cereal-legume intercrops. *European Journal of Agronomy*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126412>
- Nationalencyklopedin, gröda. (2023). <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/gröda>
- Nationalencyklopedin, gröngödsling. (2023). <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/gröngödsling>
- Nationalencyklopedin, kärnskörd. (2023). <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/kärnskörd>
- Nationalencyklopedin, mellangröda. (2023). <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/mellangröda>
- Nationalencyklopedin, odlingszoner. (2023). <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/odlingszoner>
- Nationalencyklopedin, stråsäd. (2023). <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/stråsäd>
- Nationalencyklopedin, trindsäd. (2023). <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/trindsäd>
- Nationalencyklopedin, växtföljd. (2023). <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/växtföljd>
- Nordin, M. (2020). *Is a shortage of manure a constraint to organic farming?* AgriFood Economics Centre. https://agrifood.se/Files/AgriFood_WP20211.pdf
- Padilla-Fidencio, V., Albino-Garduno, R., Santiago-Mejia, H., Turrent-Fernandez, A., Ronquillo-Cedillo, I. & Gonzalez-Pablo, L. (2022). INTENSIFICATION OF MILPA IN THE STATE OF MEXICO: NET INCOMES, FOOD SECURITY AND LAND EQUIVALENT RATIO. *Agrociencia*, 56(4), 727-751. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v56i4.2453>
- Raseduzzaman, M. & Jensen, E.S. (2017). Does intercropping enhance yield stability in arable crop production ? A meta-analysis. *European Journal of Agronomy*, 91, 25-33. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.009>
- Rauber, R., Schmidtke, K. & Kimpel-Freund, H. (2001). The performance of pea (*Pisum sativum* L.) and its role in determining yield advantages in mixed stands of pea and oat (*Avena sativa* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 187(2), 137-144. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2001.00508.x>
- Rodriguez-Robayo, K.J., Mendez-Lopez, M.E., Molina-Villegas, A. & Juarez, L. (2020). What do we talk about when we talk about milpa? A conceptual approach to the significance, topics of research and impact of the mayan

- milpa system. *Journal of Rural Studies*, 77, 47-54.
<https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.04.029>
- SCB (2020). Åkerarealens användning 1990-2019. Hektar.
<https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/jord-och-skogsbruk-fiske/amnesovergripande-statistik/allman-jordbruksstatistik/pong/tabell-och-diagram/akerarealens-anvandning-19902016.-hektar/>: Jordbruksverket och SCB, Lantbruksregistret.
- Scherfranz, V., Schaller, L., Schaak, H., Kantelhardt, J., Kohrs, M., Klebl, F., Häfner, K., Parisi, A., Piorr, A. & Ruiz, J. (2022). *SHOWCASE farmer survey 2021: An overview of the first results across study areas*.
<https://www.showcase-project.eu>.
https://showcase-project.eu/storage/app/uploads/public/640/1d6/e78/6401d6e78c1dc055909337.pdf#file_name=SHOWCASE_D2-2_summary_handout_farmers.pdf
- SLU (2021). Vill du förbättra din gårds lönsamhet genom ökad biologisk mångfald?
<https://www.slu.se/ew-nyheter/2021/3/vill-du-forbattra-din-gards-lonsamhet-genom-okad-biologisk-mangfald/>
- SMHI Meteorologiska observationer. (2023).
<https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=airtemperatureMean24h.stations=core>
- Stomph, T., Dordas, C., Baranger, A., de Rijk, J., Dong, B., Evers, J., Gu, C., Li, L., Simon, J., Jensen, E.S., Wang, Q., Wang, Y., Wang, Z., Xu, H., Zhang, C., Zhang, L., Zhang, W.-P., Bedoussac, L. & van der Werf, W. (2020). Designing intercrops for high yield, yield stability and efficient use of resources: Are there principles? I: Sparks, D.L. (red.) *Advances in Agronomy, Vol 160*. (Advances in Agronomy 160). 1-50.
<https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.10.002>
- Tscharntke, T., Grass, I., Wanger, T.C., Westphal, C. & Batary, P. (2021). Beyond organic farming - harnessing biodiversity-friendly landscapes. *Trends in Ecology & Evolution*, 36(10), 919-930.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.06.010>
- Weih, M., Karley, A.J., Newton, A.C., Kiaer, L.P., Scherber, C., Rubiales, D., Adam, E., Ajal, J., Brandmeier, J., Pappagallo, S., Villegas-Fernandez, A., Reckling, M. & Tavoletti, S. (2021). Grain Yield Stability of Cereal-Legume Intercrops Is Greater Than Sole Crops in More Productive Conditions. *Agriculture-Basel*, 11(3).
<https://doi.org/10.3390/agriculture11030255>
- Wen, Z., Wu, J.E., Yang, Y.Z., Li, R.A., Ouyang, Z.Y. & Zheng, H. (2022). Implementing intercropping maintains soil water balance while enhancing multiple ecosystem services. *Catena*, 217.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106426>
- Yang, H., Zhang, W.P. & Li, L. (2021). INTERCROPPING: FEED MORE PEOPLE AND BUILD MORE SUSTAINABLE AGROECOSYSTEMS. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 8(3), 373-386.
<https://doi.org/10.15302/j-fase-2021398>