

Möjligheter för hållbar rapsodling genom samodling med baljväxter

Possibilities for sustainable cultivation of rapeseed through legume intercropping

Emma Johansson



Möjligheter för hållbar rapsodling genom samodling med baljväxter

Possibilities for sustainable cultivation of rapeseed through legume intercropping

Emma Johansson

Handledare: Georg Carlsson, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Examinator: Helene Larsson Jönsson, SLU Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i biologi,

Kurskod: EX0855

Program/utbildning: Hortonomprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2019

Omslagsbild: Emma Johansson

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.s>

Nyckelord: *Kvävefixering, kvävedynamik, näring, gödsel, pesticider, diversifiering*

Förord

Jag vill tacka min handledare Georg Carlsson för relevanta och värdefulla kommentarer samt familj och vänner för deras uppmuntran och stöd. Slutligen vill jag tacka mina kära klasskamrater Tove Sundström och Max Isendahl för att jag har fått skriva det här arbetet i ert sällskap.

Den 7 juni 2019

Emma Johansson

Sammanfattning

Raps är den tredje mest odlade grödan i Sverige, med många ändamål som gör den värdefull för mänskligt bruk. Samtidigt är raps en gröda som kräver mycket insatser i form av mineralkvävegödsel och pesticider. I höstraps är särskilt kvävehushållningen under våren ett problematiskt moment. Samodling med frostkänsliga baljväxter har de senare åren föreslagits som en lösning på denna problematik. Baljväxterna växer då tillsammans med rapsen under hösten och dör av frost under vintern. Följande vår växer rapsen som ensam gröda samtidigt som de döda baljväxterna mineraliserar kväve fram till skörd. I detta arbete undersöks översiktligt vilka möjligheter olika samodlingskombinationer av baljväxter har för en mer hållbar rapsodling. Litteraturstudien visade att det var komplicerat att uppnå en balans av konkurrens och facilitering mellan raps och baljväxter. Denna balans påverkades dessutom av odlingsfaktorer och interaktioner sinsemellan samodlingsarter. Samodling med baljväxter visade sig vara lämpligare än samodling med icke baljväxtarter utifrån rapsskörd och kväveinnehåll i rapsens ovanjordiska delar. Samodling med baljväxter som frös bort under vintern gav övervägande bättre resultat än när baljväxterna var närvarande under våren, eftersom baljväxterna då ofta hade en konkurrerande effekt på rapsen. Även i försök med frostkänsliga baljväxter som såddes in i en etablerad vitklövergröda var konkurrens en svårighet. Ur litteraturstudien framkom att det rådde delade meningar bland tillfrågade rapsodlare om användningen av frostkänsliga baljväxter. Många var av åsikten att metoden var lovande, samtidigt som deras främsta osäkerhet gentemot metoden var skördeminskning i förhållande till konventionellt jordbruk. Baljväxterna kan emellertid inte bidra med så mycket kväve att det är ett alternativ för att helt ersätta mineralkvävegödsel. Samodling med frostkänsliga baljväxter skulle ändå kunna vara ett sätt att öka avkastning och kväveinnehåll, antingen genom att ersätta en del av mineralkvävet med baljväxter eller genom att fortsätta med samma kvävegiva och öka skörden ytterligare med baljväxtsamodling. Skördeökning bör inte ses som främsta anledningen till samodling, det bör snarare ses som ett medel för att minska kvävegivan och hantera ogräs. Frågan om hur baljväxter interagerar med raps i samodling är relativt ny, och fler studier behövs för att eliminera potentiella riskfaktorer innan en tillämpning av odlingsteknikerna kan ske i praktiken.

Abstract

Rapeseed is an important crop in the Swedish agriculture. It comprehends a wide array of uses for human purposes. However, rapeseed is also dependent on extensive inputs such as mineral fertilizers and pesticides, especially in the spring when oil seed rape requires large amounts of nitrogen. Intercropping with frost sensitive legumes has the last years been proposed as a way of decreasing the high inputs in winter oilseed rape. This report synoptically examines the possibilities for sustainable cultivation of rapeseed through legume intercropping. The literature study showed that the balance between competition and facilitation was difficult to achieve. Furthermore, other agricultural factors and interactions amongst companion plants affected this balance. Intercropping with legumes was more effective than intercropping with non-legumes. The intercropping of frost sensitive legumes predominantly gave better results than when the legumes were present during spring, since this often had a competitive effect on the rapeseed. Competition was also a problematic factor when winter rapeseed was sown into a growing white clover crop. Rapeseed farmers had different opinions on whether the utilization of frost sensitive legumes was a good method. Many thought the method was promising, while their main uncertainty was harvest reduction in relation to conventional agriculture. The legumes cannot contribute with so much nitrogen that it can completely replace the mineral fertilizer. However, intercropping with frost sensitive legumes could still be a way to increase yield and nitrogen content, either by replacing part of the mineral nitrogen with legumes or by maintaining the same mineral nitrogen supply and further increase the harvest with legume intercropping. Harvest increase should not be seen as the main reason for intercropping, but rather a way of reducing the nitrogen supply and managing weeds. The subject of how legumes interacts with rapeseed in intercropping is relatively new, and more studies are needed to eliminate potential risks before applying the cultivation techniques in practice.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	6
1.1 BAKGRUND	6
1.1.1 Raps: betydelse & odlingsförhållanden	6
1.1.2 Kväve	7
1.1.3 Samodling med baljväxter	9
1.2 Syfte	11
1.3 Metod	10
1.4 Frågeställning	10
1.5 Avgränsningar	10
2. RESULTAT FRÅN LITTERATURSTUDIEN	11
2.1 SAMODLING MED BALJVÄXTER RESPEKTIVE ICKE-BALJVÄXTER	11
2.2 Samodling med frostkänsliga baljväxter	13
2.2.1 Interaktioner mellan raps och baljväxter i tidiga tillväxtstadier	18
2.2.2 Övervintrande baljväxter	18
2.3 Etablering av raps i befintligt växttäckte av vitklöver	19
2.4 Rapsodlarnas inställning till frostkänsliga baljväxter	21
3. DISKUSSION	22
4. SLUTSATS	27
5. REFERENSER	28

1. Inledning

1.1 Bakgrund

1.1.1 Raps: betydelse och odlingsförhållanden

Raps (*Brassica napus* var. *oleifera* L.) tillhör familjen korsblommiga och har blivit till genom en korsning mellan kål (*B.oleracea*) och åkerkål (*B.rapa*), en föregångare till rybs (varefter kromosomfördubbling skett) (Fogelfors, 2015). Även rybs (*Brassica rapa* var. *oleifera* L.) är en förekommande oljegröda i Sverige. Andra närbesläktade arter som återfinns över världen och utnyttjas för vegetabilisk oljeproduktion är sareptasenap (*B.juncea*), etiopisk senap (*B. carinata*) och svartsenap (*B.nigra*). Kritiska faktorer för rapsens överlevnad som gröda är dess väl utvecklade rotsystem och den låga tillväxtpunkten.

Både höst- och vårvarianterna av raps odlas i Sverige. Odlingsgränsen för höstraps är lokaliserad kring Mälardalen. Vårrops är bäst anpassad för de områden där det är risk för försommartorka. På högre breddgrader och med ökad höjd över havet är vårformerna mer lämpliga eftersom övervintringen då blir ett riskabelt moment. Dessutom har vårvarianterna inte något krav på vernalisering, dvs att blomningen induceras av en period av kyla. Den kortare vegetationsperioden hos vårrapsen är också mer anpassad till de växtförhållanden som finns på högre breddgrader.

Efter vall och stråsäd är raps den mest odlade grödan i svenskt lantbruk (Nilsson, 2014). Den odlas för frönas höga oljeinnehåll och utnyttjas som livsmedel och foderproduktion samt för tekniska ändamål. Möjliga tekniska ändamål är till exempel smörolja, motorbränsle (dieselbränsle), hydraulolja samt ytbehandling av plastpåsar (Smitterberg, 2011). Raps har även en viktig funktion som avbrottsgröda i spannmålsdominerade växtföljder (Fogelfors, 2015). Den luckrande inverkan som rapspåloten har gör att avkastningen hos nästkommande gröda kan ökas med 5–25%. Dessutom underlättar den tidiga mognaden hos höstraps arbetsintensiteten under bland annat skördetillfället, eftersom den sprider ut arbetstillfällena över säsongen. År 2017 var hektarskörden av höstraps i Sverige 3480 kg, med ett femårsgenomsnitt på 3520 kg/ha (Jordbruksverket, 2017). Om etableringen av höstrapsen sker för sent kan detta påverka övervintringen negativt, eftersom rapsen då inte hinner ackumulera tillräckligt med näring. Emellertid innebär inte detta att en tidig höstsådd alltid är optimal (Fogelfors, 2015). Om plantorna hinner växa sig stora riskerar den känsliga tillväxtpunkten att hamna i ett mer exponerat läge högre från markytan, vilket kan försvåra övervintring.

Skadedjurstrycket, från främst jordloppa (*Phyllotreta* spp.) är högre på tidigt sådda höstoljeväxter och minskar avkastningen. Dessutom kan markfukten nå mycket låga nivåer under sensommaren, vilket missgynnar rapsens etablering. Det är ett högt tryck från skadegörare på raps. Dessa är främst i form av svampsjukdomar och insekter. Skadetrycket gör att den ekologiska odlingen av raps idag endast sker i liten skala. De sorter som är mest anpassade till ekologisk odling är höstraps som blommar tidigt. Inom ekologisk odling förekommer i princip inte vårrapsorter, eftersom dessa är så hårt utsatta för olika skadegörare (Bergkvist, 2016).

Konkurrens från ogräs är en starkt begränsande faktor för raps (Fogelfors, 2015). Raps som har fått en bra etableringsfas och god näringsförsörjning kan dock konkurrera tämligen väl med ettåriga ogräs. Under våren kan emellertid höstrapsens långsamma tillväxt och dess svaga övervintringsförmåga göra den konkurrenssvag mot ogräsen.

1.1.2 Kväve

Vid odlingen av höstraps används rikliga mängder kväve (Sixtensson, 2016). Detta riskerar att leda till kväveutlakning, vilket påverkar den omgivande miljön. Även om raps bedöms vara en nitrofil gröda har den en låg kväveanvändningseffektivitet (Génard et al, 2017). Endast hälften av det kväve som tillförs i form av mineralgödsel återfinns i rapsfröna.

En stor utmaning gällande rapsens näringsförsörjning är att tillgängliggöra näringen för grödan (Fogelfors, 2015). Rapsen tar upp det mesta av näringen den behöver innan blomning, sedan sker främst omfördelningar från vegetativa till generativa delar inom plantan. Är rapsen i behov av mer näring senare under säsongen kan dock en tillförsel av näring kraftigt öka avkastningen. Rapsplantor med kvävebrist blir små och får missfärgade blad. Kvävebristen minskar också förgreningen av rapsen samt utvecklingen av skidor, vilket leder till lägre avkastning.

Olika gödslingsstrategier lämpar sig för höst- och vårrapsodling (Nilsson, 2014). I vårraps tillförs hela givan vid sådd, eftersom vårrapsens korta men effektiva tillväxtperiod gör att det lätt blir brist på växtnäring. I höstraps tillförs huvuddelen av kvävet under våren när tillväxten är stark (Bergkvist, 2016). Vårkvävegivan är avgörande för en hög avkastning. Kvävebehovet

under våren kan vara svårt att tillgodose eftersom jorden då ofta är vattenmättad, vilket leder till att gödslingsmaskinerna kan orsaka skada på jord och gröda.

Hur mycket kväve som behövs i raps är beroende av vilken gröda som växte på fältet innan (Jordbruksverket, 2018 a). Efter en spannmålsgröda behöver höstraps cirka 60 kg kväve per hektar vid sådd. Efter en bra förfrukt som klövervall eller ärter finns det kväve kvar i marken, vilket gör att kvävegivan kan minskas. Hur mycket kväve som tillförs under våren beror av hur mycket kväve rapsen tog upp under hösten, mineralisering och förväntad skörd (se Tabell 1).

Tabell 1. Riktgivor för kvävegödsling på våren till höstraps, på ett fält med medelhög mineralisering under vår och försommar (30kg N/ha) (Jordbruksverket 2018 a)

kväveupptag höst kg/ha	vikt bladmassa kg/m ²	Förväntad skörd kg/ha	kvävegödsling kg/ha
20	0,4	2500	155
20	0,4	5000	210
80	1,4	2500	90
80	1,4	5000	145
160	2,8	2500	5
160	2,8	5000	55

En etablerad metod för att öka kvävetillgången i höstraps är att så en grüngödslingsgröda som förfrukt (Bergkvist, 2016). Det problematiska med denna metod är att det inte säkerställer en god kvävetillgång under våren. Det mineralkväve som inte upptas under hösten löper stor risk att urlakas när vintern kommer. Även om ett stort kväveupptag under hösten har indikerat ett lägre kvävebehov hos rapsen under våren är risken för kvävebrist fortfarande stor.

Metoder för att öka rapsens kvävetillgång under våren behöver följaktligen utvecklas, vilka inte innebär ytterligare tillförsel av mineralgödsel under våren.

1.1.3 Samodling med baljväxter

Istället för att odla grüngödslingsgrödor som förfrukt, skulle en lösning på kväveproblematiken kunna vara samodling med baljväxter (Jeromela et al, 2017). Baljväxter besitter ett flertal egenskaper som optimerar odlingsförhållandena, bland annat en kvävefixerande förmåga som kan bibehålla och förbättra jordbördigheten.

I boken *The Ecology of Intercropping* (Vandermeer, 1989) inkluderas en definition på fördelarna med samodling. De lyder enligt följande:

1. Ökad produktivitet/avkastningsfördelar
2. Bättre användning av tillgängliga resurser
 - a. land, b. arbete, c. tid, d. vatten, e. näring
3. Minskning av skador orsakade av skadeorganismer
 - a. sjukdomar, b. insekter, c. ogräs
4. Socioekonomiska och andra fördelar
 - a. större stabilitet, b. ekonomi, c. mänsklig näring d. den "biologiska aspekten"

likt *the ecology of intercropping* kommer detta arbete rikta blicken mot de agronomiska och ekologiska aspekterna av samodling, samt vissa ekonomiska faktorer. Avgränsningen görs dock med insikten om att dessa faktorer samverkar med sociala och politiska samt rent ekonomiska faktorer, alla av stor vikt för att utveckla en uthållig rapsodling.

Vandermeer (1989) definierar monokultur som en gröda som utgörs av en art, medan polykultur definieras som odling av två eller fler grödor på så sätt att de interagerar agronomiskt (biologiskt) sinsemellan. En samodlingsteknik där samodlingsgrödornas odlings säsonger inte infaller exakt samtidigt, utan snarare överlappar varandra benämns som 'relay intercropping', vilket skulle kunna översättas till reläsamodling på svenska.

Reläsamodling är idag sällsynt förekommande i jordbruk i allmänhet (Wezel et al, 2014).

De senaste åren har användning av frostkänsliga baljväxter föreslagits som en metod för att motverka rapsodlingens negativa miljöpåverkan och minska det stora behovet av mineralkvävegödsling och pesticider (Wezel et al, 2014). Rapsen och baljväxterna växer då tillsammans tills baljväxterna dör av frost eller avdödas med herbicider under vintern. Följande vår växer rapsen som ensam gröda på fältet tills skörd, samtidigt som de döda baljväxterna lämnas kvar och fortsätter mineralisera kväve.

Vid tillämpning av samodling bör harmoniseringen mellan de tjänster det erbjuder och interspecifik konkurrens tas i övervägande. Konkurrens definieras i Vandermeer et al (1989) som interaktion mellan två individuella växter eller mellan två populationer av växter på ett sådant sätt att minst en av dem har en negativ inverkan på den andra.

Interaktion mellan två individuella växter eller mellan två populationer av växter på ett sådant sätt att minst en av dem har en positiv inverkan på den andra benämns som facilitering.

Vidare är komplettering ett begrepp av vikt inom samodling (Wezel, 2014). Komplettering är när två arter utnyttjar olika nischer, alltså har olika källor för att tillgodogöra sig resurser.

1.2 Syfte

Syftet är att på ett övergripande sätt undersöka möjligheter för mer hållbar odling av höstraps genom samodling med baljväxter.

1.3 Metod

Litteraturstudie. Främst vetenskapliga artiklar via databaserna Primo, Web of Science och Google Scholar.

1.4 Frågeställning

Vilka effekter kan förväntas av samodling med baljväxter jämfört med icke-baljväxter?

Vilka effekter kan förväntas av samodling med frostkänsliga baljväxter?

Vilka interaktioner sker mellan raps och baljväxter i tidiga tillväxtstadiet?

Vad händer om baljväxterna övervintrar?

Vilka effekter kan förväntas då raps etableras i ett befintligt växttäckande av vitklöver?

Vad är rapsodlarnas inställning till användning av frostkänsliga baljväxter i rapsodling?

1.5 Avgränsningar

I studien behandlas rapsens relation till kväve. Det finns dock ett flertal näringsämnen som är av betydelse i höstraps, till exempel fosfor som är avgörande för skörd och övervintringsförmåga (Jordbruksverket 2018 b). Då det fattas information om odlingsmetoderna i ekologisk odling har studien avgränsats till att främst fokusera på

konventionell odling. Arbetet har främst utgått ifrån europeisk forskning, vilket gör att resultaten skulle kunna placeras i en svensk kontext.

2. Resultat från litteraturstudien

2.1 Samodling med baljväxter respektive icke-baljväxter

I en metaanalys av Verett et al (2017) som baserades på 79 fältexperiment och ett stort antal klimat-, jord- och utförandeförhållanden, konstaterades att baljväxtarter var bäst anpassade till att fungera som ett levande marktäcke, till skillnad från icke baljväxter. Parametrarna som utvärderades var ogräskontroll, konkurrens med raps, rapskväveinnehåll och fröskörd. Raps som samodlades med baljväxter visade minst lika goda resultat som ensamodlad raps. Åkerböna respektive åkerböna och linsar var de arter som gav mest positiv effekt. Innan frosten ackumulerade ärt och åkerböna mest torrsvikt. Ärt var också den baljväxtart som orsakade störst minskning i rapsbiomassan. Generellt var dock den negativa inverkan på rapsbiomassan mindre från baljväxtarter än icke baljväxtarter, med en minskning på 18 respektive 56%. Även rapsens kväveinnehåll påverkades negativt av samodling med icke baljväxter. Baljväxterna ärt och åkerböna ökade rapsens kväveinnehåll med 6 respektive 3%. Studien gav ingen information om total avkastning eller totalt kväveinnehåll utan behandlade endast skillnad i avkastning och kväve.

Under våren i försöket Verett et al (2017) utförde hade de samodlingsgrödor som inte var baljväxter minskat rapsskörden med 580 kg/ha. Generellt ledde samodling med baljväxter till en rapsskördeökning, förutsatt att dessa gödslades med rekommenderad mängd. Exempelvis ökade lins och åkerböna rapsskörden med 160 respektive 120 kg/ha. Genom att samodla raps med åkerböna, linsar eller en kombination av båda, blev det möjligt att minska kvävetillförseIn med 30–40 kg per ha, utan betydande minskning i rapsavkastning. Samodlinggrödorrvikten som ackumulerades innan vintern var den variabel som mest frekvent influerade samodlingens prestanda i form av rapskväve och rapstorrvikt. Andra processer som låg bakom faciliteringen av kväve var högre nivåer av biologisk aktivitet och organiskt material i marken samt lägre nivåer av insektskador på grund av en modifiering av visuella signaler. De höga växterna försvårar insekternas igenkännande av rapsen innan vintern.

Lägre kvävehalter i raps innan vintern indikerade att de samodlingsgrödor som inte var av baljväxtursprung konkurrerade med rapsen om kväveresurserna (Verett, 2017). Eftersom både åkerböna och linser ökade rapsens kvävehalt under våren hade de en faciliterande effekt på raps. Författaren (Verett, 2017) menar att detta troligtvis berodde på åkerbönanas djupa pålrötter som modifierar rapsens rotsystem. Detta möjliggör för rapsen att utforska en större volym jord, och därmed erhålla mer kväve.

Att de samodlingsgrödor som inte var baljväxter konkurrerade mer med rapsen var sannolikt en följd av att de är helt beroende av jordens mineralkväve för sin näringsförsörjning (Verett, 2017). Konkurrens-effekten kunde observeras från hösten och framåt, i form av rapstorrvikt och avkastning. Ärt var den mest konkurrenskraftiga baljväxarten, eftersom den var associerad med lägst rapsbiomassa under vintern. Även baljväxterna kunde alltså ha en konkurrens-effekt på rapsen under hösten, denna resulterade dock generellt inte i lägre rapsskörd under våren.

Att ärt var den mest konkurrenskraftiga baljväxten berodde enligt författarna på att dess förgrenade arkitektur och bladstruktur gynnade ljusinsläpp vilket ökade ärtbeståndets biomasseackumulering (Verett, 2017). Denna biomasseökning skedde på bekostnad av rapsen. Anledningen till att exempelvis åkerböna inte var lika konkurrenskraftig som ärt var att åkerböna har ett upprätt växtsätt och en liten förgrening, vilket gör att dess biomasseackumulering inte gynnas nämnvärt av ljusinsläppet. Även om ärt hade den högsta konkurrens-effekten på rapsens tillväxt under vintern hade den ingen konkurrens-effekt på den slutliga rapsavkastningen.

Icke baljväxtgrödorna konkurrerade effektivt med ogräsen (Verett, 2017). Deras ogräshämmande effekter kan främst härledas till ljus och kvävefaktorer. De samodlingsgrödor som inte är baljväxter föreslås vara användbara för ogräskontroll och biomasseackumulering hos samodlingsgrödan. Dock bör icke-baljväxtsamodlingsgrödorna användas i låg utsädesmängd, då de annars kan få negativa effekter på rapsavkastningen.

Utifrån avkastningssynpunkt kan det vara sämre att samodla baljväxter i kväverika jordar jämfört med ensam raps som odlas i höga kvävehalter (Verett et al, 2017). I tidigare försök med spannmål och baljväxter som samodlas har resultaten varit liknande. (Bedoussac et al., 2015). Jordar med en låg kväveinput har gett bäst avkastning vid samodling. Vidare

rekommenderar Verett et al (2017) sådd under sensommar. Ett tidigt sådatum gör det möjligt för samodlingsbaljväxten att optimera biomasseackumuleringen, på grund av de gynnsamma genomsnittliga temperaturerna och strålningsnivåerna. Odlingen bör också ske på platser där nederbörd inte begränsar samodlingsgrödans etablering och tillväxt.

Verett et al (2017) drar slutsatsen att samodlingsgrödor har liten möjlighet att öka fröskörden hos raps i odlingssystem med vanlig ekologisk naturgödsel, eftersom raps som odlas som ensam gröda är en effektiv biomasseackumulering i sådana förhållanden. De öppnar dock för möjligheten för andra tjänster under sådana förhållanden, utöver ogräsunderträngande och kvävebindning, till exempel skydd mot insekter.

2.2 Samodling med frostkänsliga baljväxter

Lorin et al (2015) kom fram till att ett levande marktäckande i höstraps minskade ogräsförekomsten innan vintern. Studien bestod av fältförsök som utfördes över två års tid. I studien jämfördes sju baljväxtarter: bockhornsklöver (*Trigonella foenum-graecum*), åkerböna (*Vicia faba*), plattvial (*Lathyrus sativus*), linser (*Lens culinaris*), foderärt (*Pisum sativum*), alexandrinerklöver (*Trifolium alexandrinum*) och fodervicker (*Vicia sativa*), samt tre baljväxtartblandningar. Baljväxtarternas prestation studerades i två olika jordar med olika högt halt av mineralkväve vid såtidpunkt. Artblandningen innehållande foderärt, alexandrinerklöver och fodervicker samt blandningen som innehöll alexandrinerklöver, fodervicker och åkerböna presterade bäst. Under odlingförhållanden då inga herbicider användes ledde samodling med artblandningarna till minskad ogräsförekomst med 20-75%, jämfört med när raps odlades som ensam gröda. Ju högre ogräsförekomsten var under hösten desto mindre blev den totala baljväxtbiomassan.

Akkumuleringen av baljväxtbiomassa var beroende av baljväxtart och mineralkvävehalt i marken (Lorin et al, 2015). Lågt mineralkväve ledde till en hög ackumulering av biomassa hos baljväxterna, utan att dessa konkurrerade med rapsen. Detta kan tolkas som att baljväxterna i huvudsak förlitade sig på biologisk kvävefixering i brist på mineralkväve i marken. Då jorden innehöll mycket mineralkväve ackumulerades mindre biomassa hos baljväxterna, samtidigt som det uppstod en konkurrenseffekt på rapsen. Detta kan i sin tur tolkas som att den goda kvävetillgången gjorde baljväxterna oberoende av biologisk kvävefixering. Lågt markkväve har även i andra studier påvisats ha en positiv effekt på baljväxters kvävefixering (Génard et al, 2017).

Utifrån försöken kunde konstateras att en hög kvot baljväxtbiomassa i förhållande till raps generellt hade en ogräsundertryckande effekt (Lorin et al, 2015). Samtidigt riskerade en alltför hög baljväxtbiomassa ge upphov till konkurrens med rapsen. Det levande marktäcket av frostkänsliga baljväxter tog inte helt bort ogräsen, men Lorin et al. (2015) hävdar ändå att det är en effektiv agroekologisk lösning för att reducera herbicidanvändningen i rapsgrödor. De betonar vikten av att ytterligare undersöka de egenskaper olika baljväxtarter besitter vid val av lämplig samodlingsgröda till raps, eftersom dessa mekanismer kan samverka eller stå i konflikt till varandra. Exempelvis sjukdomskontroll och tillgängliggörande av kväve för huvudgrödan under våren.

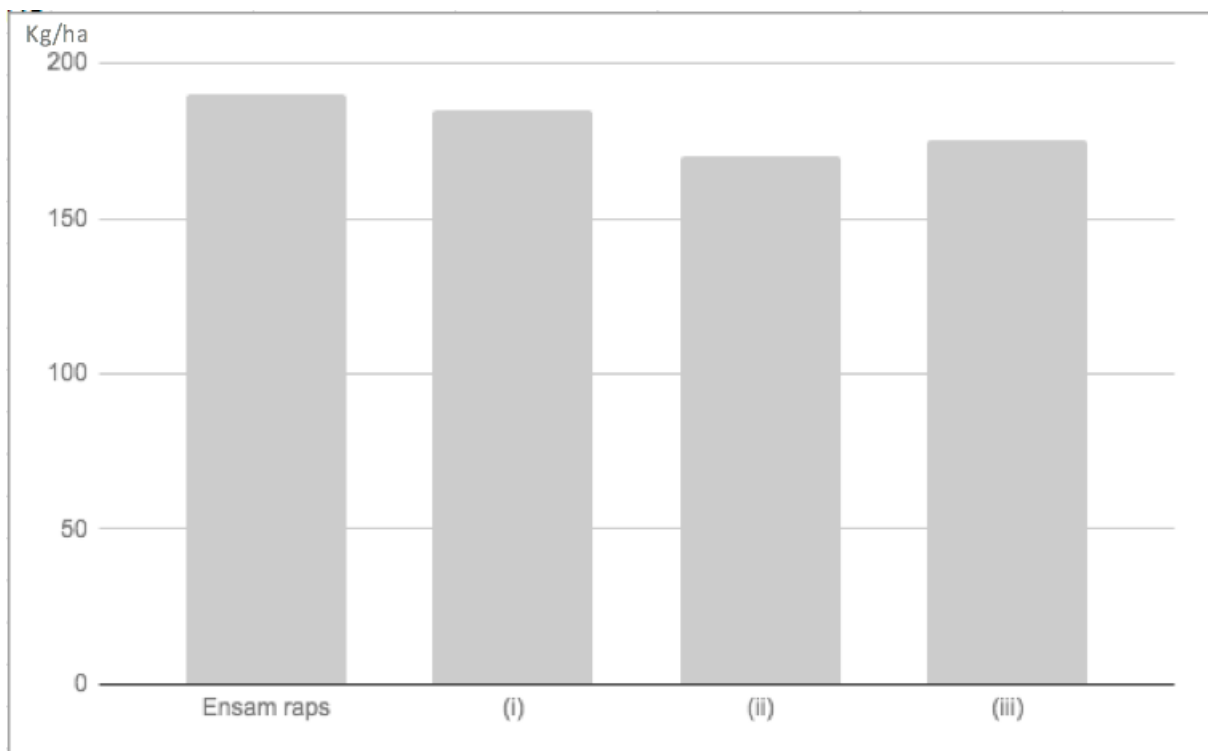
I en annan studie av Lorin et al (2016) studerades samma metod utifrån hur mycket kväve som upptogs av rapsplantan. Även detta försök utfördes under två växtsäsonger i två jordar med olika kvävemängd, med sju baljväxtarter och tre baljväxtartblandningar. Vid slutet av blomning hade den samodlade rapsen ackumulerat 20–40 kg mer kväve per ha än den som odlades som ensam gröda. De baljväxtarter som presterade bäst var fodervicker, lins, vårviol och ärt samt artblandningarna innehållande (i) fodervicker, åkerböna och alexandrinerk löver; samt (ii) lins, ärt och bockhornsklöver.

Även om ökningen i kväveackumulering var signifikant positiv oavsett odlingsförhållanden var ökningen som störst i de försök där markens mineralkväve var lägst innan sätillfället (Lorin et al, 2016). Kvävets omvandlingar kvantifierades och följdes genom användningen av ^{15}N märkt gödsel. ^{15}N är en isotop av kväve som är tyngre och stabilare än den mer vanligt förekommande ^{14}N (Hart & Myrold 1996). Den ingår dock i samma kemiska reaktioner, vilket gör att den kan utnyttjas för att följa och kvantifiera kvävets omvandlingar.

Delvis kunde den ökade kväveackumuleringen härledas till kvävefaktorer som mineralisering av baljväxterna under våren (Lorin et al. 2016). Användningen av baljväxter ledde också till att rapsen kunde tillgodogöra sig en större andel kväve från den tillsatta gödseln och från det biologiska material som redan fanns i marken. Den största ökningen i kväveackumulering hos rapsen kom från de döda baljväxternas mineralisering under våren (Lorin, 2016). Detta var oberoende av mängden kväveackumulering hos baljväxterna under hösten. Oavsett hur väl baljväxterna fixerade kväve under hösten stod de för rapsens huvudsakliga kväveackumulering under våren.

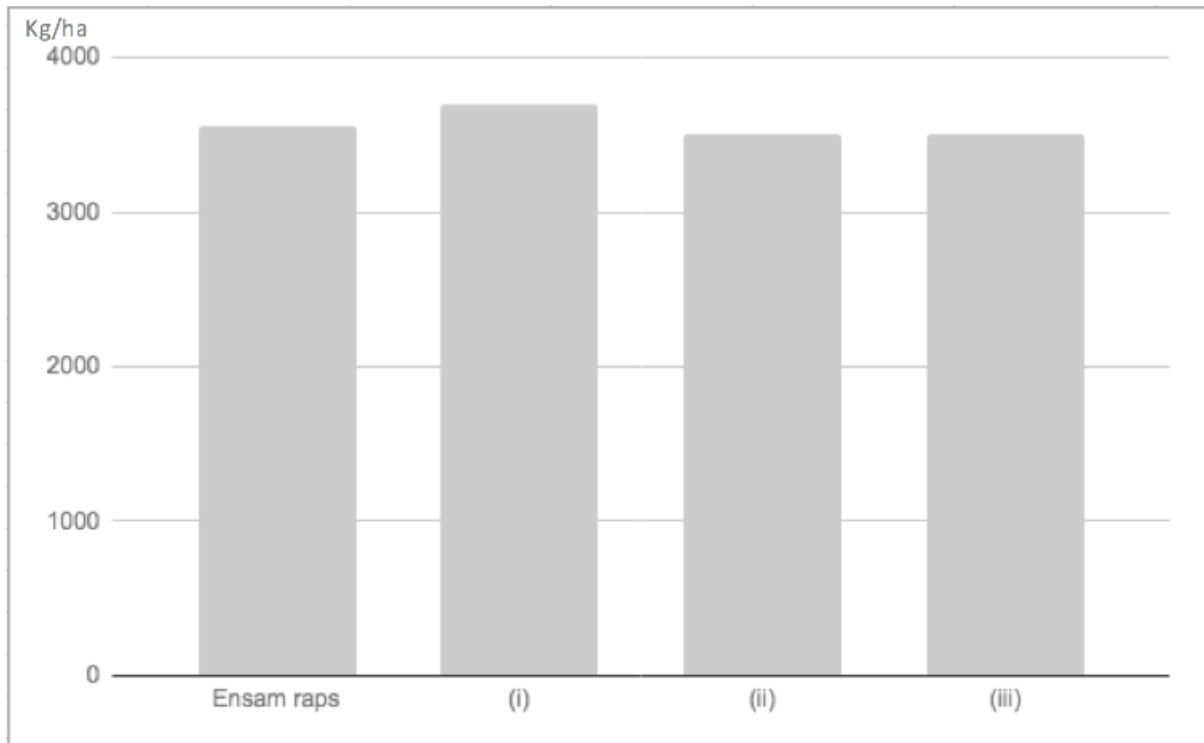
Cadoux et al (2015) undersökte tre olika baljväxtartblandningar utifrån rapstillväxt och skörd, marktäckande förmåga under hösten, mängd skada orsakad av *Viveln Ceutorhynchus picitarsis*, ogräskontroll och rapskväveinhåll på våren. De tre artblandningarna var (i) åkerböna och lins; (ii) plattvial, bockhornsklöver och lins; samt (iii) purpurvicker (*viva benghalensis*), fodervicker och Alexandrinerklöver. Omfattningen av skador från *Ceutorhynchus picitarsis* fick representera samodlingsmetodens effekt på insektsförekomst, eftersom denna är en av de mest skadliga insekterna på rapsgrödor i de franska regioner där försöken utfördes. Vivellarverna ger bland annat upphov till buskartade rapsväxter, vilket utnyttjades som indikator på insektsskada. Experimentet utfördes vid fyra olika platser och pågick under tre års tid.

Cadoux et al (2015) kunde konstatera att den samodlade rapsen under mätningarna i november hade högre total torrsvikt samt högre kväveinhåll i de ovanjordiska delarna jämfört med raps som odlats som ensam gröda. Vid skörd var det dock ingen signifikant skillnad i kväveinhåll i rapsens ovanjordiska delar (se Figur 1).



Figur 1. Kväveinhåll i kg/ha i rapsens ovanjordiska delar vid skörd för ensamodlad raps samt artblandningarna (i) åkerböna och lins; (ii) plattvial, bockhornsklöver och lins; och (iii) purpurvicker (*viva benghalensis*), fodervicker och Alexandrinerklöver.

Samodlingen hade en motverkande effekt på viveln och ogräs, primärt till följd av samodlingsgrödornas ökade mängd biomassa på fältet. Det noterades en signifikant ökning i fröskörd för den raps som samodlades med åkerböna och lins (se Figur 2), gentemot ensamodlad gödslad raps. För de två andra artblandningarna minskade skörden, dock ej signifikant. Författarna (Cadoux et al, 2015) menar att ökningen för artblandning (i) troligtvis berodde på andra faciliteringseffekter också, till exempel att rapsens rötter utnyttjade en större del av jordvolymen för att tillgodogöra sig näring.



Figur 2. Fröskörd i kg/ha för ensamodlad raps och raps samodlad med de tre artblandningarna (i) åkerböna och lins; (ii) plattvial, bockhornsklöver och lins; och (iii) purpurvicker (*viva benghalensis*), fodervicker och Alexandrinerklöver.

I studien framkom att allt kväve som mineraliserades från det levande marktäcket inte utnyttjades av rapsen. Enligt cadoux et al (2015) är det därför av vikt att studera var detta kväve tar vägen efter skörd. Cadoux et al (2015) konstaterar att metoden är lovande för att harmonisera skörd och en minskad användning av pesticider och gödning, samtidigt som det kan bidra med andra fördelar till ekosystemet.

Projektet ReMIX (species mixtures for redesigning european cropping systems) (Pinel & Stadel, 2018) är ett annat exempel på undersökningar som har gjorts på frostkänsliga baljväxter som en agroekologisk lösning i rapsodling. I konventionell odling av raps används

ofta herbicider innan sådd i Augusti och /eller efter sådden innan rapsens uppkomst i september, ett besprutningsintervall som i försöket ämnades ersättas med samodling. Även frekvensen av besprutningstillfällena ämnades minskas. En annan önskad effekt av samodlingen var att minska angreppen från skadedjur, då biodiversiteten stör deras navigering i rapsfälten. Oavsett samodlingsgröda ledde samodling till färre larver av jordloppan *Psylliodes chrysocephalus*. Den skadedjursmotverkande förmågan varierade dock mellan arterna. Till exempel återfanns sex larver per planta i försöken med klöver, medan frekvensen var 1 larv per planta för *camelina* och *phacelia* samodlingarna.

Såtidpunkten för artblandningen var kritisk då det påverkade marktäckningsgrad, ogräsmängd och andel samodlingsgrödor som dog till följd av frosten (Pinel & Stadel, 2018). Om artblandningen såddes tidigt var det risk att mer ogräsbiomassa ackumulerades. Om blandningen däremot såddes för sent var risken stor att många av baljväxterna inte dog när frosten kom, vilka därmed riskerade att konkurrera med rapsen under resterande del av odlingssäsongen. Såtidpunkten bör därför vara en avvägning mellan dessa två effekter. Författarna (Pinel & Stadel, 2018) rekommenderar en tidig sådd på kalla och leriga jordar, särskilt om kväveinnehållet är lågt. En tidigare sådd tillåter baljväxterna att hinna ackumulera mer kväve. Har jorden högt kväveinnehåll lämpar sig en senare sådd, emellertid inte lika sent på leriga jordar som på lättare jordar.

Ytterligare jordbearbetning efter plöjning bidrog inte till högre skörd, utan minskade den med 1000 kg (Pinel & Stadel, 2018). Skörden ökade däremot med 500 kg då rapsen och baljväxterna såddes in samtidigt istället för var för sig. Då traktorn bara användes en gång för sådd istället för två blev uttorkningen av jorden mindre, vilket annars hade kunnat vara ogynnsamt för rapsens uppkomst. Dessutom blev traktorkostnaderna lägre.

Kväveinnehåll i marken var en kritisk faktor för artblandningens etablering (Pinel & Stadel, 2018). Det fanns ett samband mellan hög koncentration av mineralkväve och en hög marktäckning hos baljväxterna. De högsta marktäckningsgraderna kunde endast uppnås då kvävetillgången var mer än 60 kväveenheter per hektar. För att inte baljväxterna skulle bli konkurrenssvaga mot ogräsen, som i sin tur konkurrerar med rapsen, behövde kväve tillsättas för baljväxternas kväveförsörjning. Vicker och klöver hade en snabb spridning och etablerade sig snabbare än ogräsen. Som följd av detta kunde pesticidanvändningen reduceras med 27% i genomsnitt.

Den förbättrade tillgången på kväve till följd av baljväxternas närvaro gjorde att rapsens tillväxt ökade (Pinel & Stadel, 2018). Baljväxtarterna hade olika effekt på rapsens kväveackumulering. Under ogödslade förhållanden kunde rapsens kväveabsorption fördubblas om den samodlades med en blandning av bockhornsklöver, plattvial och linser. Även under gödslade förhållanden var det denna kombination av arter som gav upphov till störst ökning av kväve. Dock kunde det konstateras att oavsett om det tillsattes kvävegödning till rapsen eller ej var kväveabsorptionen vid blomning av den samodlade rapsen högre än eller likvärdig med den ensamma rapsen. Även om ökningen i kväveackumulering och skörd kunde vara större sinsemellan de ogödslade grödorna gav alltid de gödslade grödorna högst skörd, med eller utan baljväxter.

2.2.1 Interaktioner mellan raps och baljväxter i tidiga tillväxtstadier

I en annan studie där raps, ärt och korn samodlades visade det sig att ärt och raps hade faciliterande effekter på varandra i sina tidiga tillväxtstadier, vilket gjorde att mer kväve ackumulerades i rapsen än när denna odlades på egen hand (Génard et al, 2017). I samma studie konstaterades att fördelarna från samodling i form av tillväxt och kväveackumulering kan bli mer positiva då huvudgrödan, raps, inte är en för stark konkurrent.

Jamont et al (2013) visade att interspecifik konkurrens för mineralkväve i rapsens tidiga tillväxtstadier förstärker nischseparationen hos åkerböna och raps. Nischseparationen gjorde att åkerbönan förlitade sig på atmosfäriskt kväve. Desto lägre tillgängligheten var på markkväve ju högre var den biologiska kvävefixeringen. Inte långt efter sådd kunde konstateras att större delen av åkerbönan rötter befann sig i de övre jordskikten, medan större delen av rapsens rötter befann sig i de lägre. Orsaken bakom den förstärkta biologiska kvävefixeringen är troligtvis den minskade koncentrationen av mineralkväve i närheten av åkerbönan rötter, till följd av rapsens kväveupptag från jorden. Utifrån detta samband drog Jamont et al (2013) slutsatsen att samodling av raps med åkerböna besparar jordkvävet, jämfört med en ensam rapsgröda. Nischseparationen ledde också till att raps samodlad med åkerböna ackumulerade ungefär 20 procent mer torrsvikt än plantor i rapsmonokulturer, samt en 30 procent högre ackumulering av kväve per planta.

2.2.2 Övervintrande baljväxter

I tidigare nämnda studier fanns det fall där baljväxterna övervintrade (Pinel & Stadel, 2018, Cadoux et al, 2015) I remixstudien (Pinel & Stadel, 2018) resulterade samodling i högre eller likvärdig kväveackumulering jämfört med ensamodlad raps, undantaget raps som odlades med en blandning av vicker och en linnsort som används som livsmedel. I detta delförsök var vickern kvar tillsammans med rapsen även efter vintern. När raps samodlades med matlins för sig, respektive vicker, och ingen av samodlingsarterna var närvarande under våren, ökade skörden signifikant jämfört med både raps som ensam gröda och raps samodlad med matlins- och vickerblandningen. Det gjordes även försök med raps och vicker där också solros var inkluderad. Detta gav betydligt sämre resultat än när bara vicker användes.

I Cadoux (2015) försök gav artblandning (iii) innehållande åkerböna, purpurvicker och alexandrinerklöver upphov till en avkastningsminskning. Dessa samodlingsgrödor visade liknande nivåer av konkurrens med raps på hösten som åkerböna, vilket var förvånande. En förklaring till den lilla, men signifikanta skördeförlust som kunde observeras med artblandningen är att vicker inte alltid helt dör av frost eller herbicider på våren under dessa försök, och hittades därför ibland vid liv i bladverket vid skörd. Konkurrens från övervintrande vicker riskerar att sänka rapsskörden.

Schroeder och Köpke (2012) kom dock fram till att hög mineralkvävehalt i jorden är gynnsamt för oljeväxter i samodling med åkerböna. Åkerbönan var då närvarande under hela odlingssäsongen. Författarna framhåller risken med att de gynnsamma förhållanden som en låg mineralkvävehalt innebär för åkerbönan kan resultera i att åkerbönan konkurrerar ut oljegrödorna genom att skugga dem. Författarna (Schroeder och Köpke, 2012) menar vidare att dessa mekanismer är beroende av odlingsplatsens förhållanden.

2.3 Etablering av raps i befintligt växttäckte av vitklöver

I Ekoforskprojektet "höstrapsodling i en bädd av vitklöver" utfört vid SLU, studerades eventuella samband mellan etablering av höstraps i en växande vitklöverbädd och en större skörd samt kvävetillgång för raps och nästkommande gröda (Bergkvist, 2016). Liknande försök har tidigare gjorts där den kvävefixerande klöveren avdödas och plöjs ner innan sådd av höstraps. I detta försök var delar av klöverbeståndet närvarande under hela växtsäsongen, genom grund jordbearbetning eller bearbetning i remsor. En problematik i försöket var att

under etableringen döda vitklövern i lagom omfattning, så att den inte konkurrerar allvarligt med rapsen men ändå har en kväveförsörjande effekt, något som Bergkvist (2016) framhåller som den största utmaningen med att så in en huvudgröda i en växande klörevall. Vitklöver som växer kraftigt under hösten kan mer eller mindre konkurrera ut höstrapsen innan frosten kommer (Bergkvist, 2003). Ett mindre konkurrenskraftigt vitklöverbestånd behöver inte minska avkastningen av höstraps.

På grund av försökstekniska skäl som inte ansågs vara relevanta för resultaten, till exempel väder och utrustning, försvårades rapsens etablering och det blev svårt att bedöma skillnaden mellan behandlingarna i försöket (Bergkvist, 2016). Det ledde också till att vissa försök fick kasseras. En av faktorerna som försvårade försöket var regn, både avsaknad och överflöd av. Vatten har i tidigare studier nämnts som något som ytterligare kan öka samodlingsgrödans konkurrens med huvudgrödan (Hartwig & Ammon, 2002). Då vitklövern och ogräsen hade redan väl utvecklade rotsystem var de konkurrenskraftiga med vattnet (Bergkvist, 2016).

Höstraps som odlades efter en vitklöverdominerad vall med delar av vitklövern kvar som kvävefixerare gav inte upphov till högre avkastning och ackumulerade inte mer kväve (Bergkvist, 2016). Snarare var det förhållanden under grödans etablering som avgjorde vilken etableringsmetod som gav bäst resultat. En hypotes som inte kunde bekräftas av försöket var att frässa delar av klövern skulle leda till större kväveackumulering och högre avkastning än stubbearbetning av klövern. Bergkvist (2016) menar att detta i stor utsträckning beror på en otillräcklig kontroll av vitklöver och ogräs och försökstekniska problem. Vitklöverns etablering var snabb i de frästa områdena vilket gjorde att den utnyttjade resurserna på bekostnad av rapsen, vars överlevnad försvårades.

En etablering av höstraps i stubbearbetad vitklöver stöds däremot av försöket (Bergkvist, 2016). Det var den etableringsmetod som gav högst rapsbiomassa och kväveinnehåll, även om det inte innebar en signifikant större skörd.

Det kunde konstateras att borstning (roterande borstar mot ogräs) i samband med rapsens etablering minskade förekomsten av ogräs i rapsgrödan under hösten (Bergkvist, 2016). Det kunde dock inte reglera vitklöverns tillväxt och hade ingen inverkan på rapsens avkastning.

Ogräshantering var ett problematiskt moment i ett liknande försök av Bergkvist med raps som såddes in i en klövergröda (Bergkvist, 2003). Eftersom klöver är känslig för herbiciders inverkan rekommenderar Bergkvist (2003) alternativa metoder för ogräsbekämpning. Bergkvist (2003) föreslår mindre plöjning som ogräsbekämpande metod, eftersom plöjning annars gynnar uppkomsten av ogräs och minskar klöverns konkurrensförmåga. Sortval av vitklöver blir särskilt viktigt när herbicider inte används eller används sparsamt, eftersom det är av större vikt att sortens egenskaper är anpassade till odlingsförhållandena.

Den raps som växte som ensam gröda blev inte lika påverkad av konkurrens effekter på hösten som den som samodlades (Bergkvist, 2016). Den ensamma rapsen var därför kraftigare under hela växtperioden. Optimalt skall rapsen och vitklövern bilda två åtskilda nivåer där höstrapsen får en konkurrensfördel gentemot klövern på grund av sin högre exponering för ljus. Även detta förhållande är dock starkt beroende av rapsens etablering, vilken ofta inte var tillräcklig i försöken. Skillnaden i resultat mellan olika behandlingar är mycket större i höstraps som etableras i vitklöver än motsvarande grödor med höstvetete (Bergkvist, 2003). Detta förklaras av att höstvetetet har ett öppnare växtsätt än raps och klöver, vilket innebär att skillnaden i ljusinsläpp blir mindre. Det är därmed av större vikt för rapssorterna att uppnå dominans i odlingen än vad det är för vete.

Bergkvist (2016) drar slutsatsen att den här typen av samodling är en möjlig lösning för att förbättra höstrapsens kvävetillgång på våren, men att etableringsmetoderna måste studeras ytterligare för att kunna tas i bruk.

2.4 Rapsodlarnas inställning till frostkänsliga baljväxter

I en undersökning som utfördes våren 2018 redogjordes för schweiziska odlares inställning till användningen av frostkänsliga baljväxter i rapsodling (Baux & Schumacher, 2019). Möjligheten att minska användandet av herbicider tack vare mindre mängd ogräs samt förbättrad jordkvalitet är de faktorer som värderades högst av de tillfrågade rapsodlarna. I kontrast till detta var risken för lägre skörd den största farhågan hos de tillfrågade. De odlare som använde sig av odlingstekniken var betydligt mer positivt inställda till den än de som inte gjorde det. Andra faktorer som de odlare som utnyttjade tekniken lyfte fram som positiva var inverkan på skadedjur, gödslande effekt på jorden, minskad arbetsbelastning och mindre utgifter. Oavsett grundinställning till metoden var odlarna eniga i att samodlinggrödans sortegenskaper var av stor vikt. Ogräshämmande effekt var det främsta kriteriet vid val av

samodlingsgröda. Harmoniseringen mellan ett levande marktäcke som har tillräckligt stor biomassa för att konkurrera med ogräs och samtidigt inte riskerar att orsaka en skördeminskning hos rapsen togs upp som problematiskt.

3. Diskussion

Även om åkerböna inte var den art i Verett et als analys (2017) som ökade rapskvävehalten mest möjliggjorde den ändå en minskning av kvävetillförsel på 30–40 kg per ha, utan påverkan på rapsavkastningen. Att åkerböns glesa bladverk missgynnade ljusinsläpp och därmed biomassaackumulering i det lägre bladverket hindrade inte en god rapsavkastning under våren. Detta bottnar troligtvis i harmoniseringsmekanismen mellan facilitering och konkurrens. Resultaten visar att baljväxter är mer lämpade för samodling med raps än vad icke baljväxter är. Raps som samodlades med baljväxter uppvisade likvärdig eller bättre skörd än rapsmonokulturer. Att de samodlingsgrödor som inte var baljväxter konkurrerade mer med rapsen var sannolikt en följd av att de är helt beroende av jordens mineralkväve för sin näringsförsörjning. Med tanke på att icke baljväxter hade en starkt ogräshämmande effekt är de värdefulla i rapsodling, trots sin konkurrens-effekt på rapsen. Dock bör Verett et als (2017) förslag om en låg utsädesmängd av icke baljväxter betonas, för att undvika konkurrens-effekter.

I de fall där baljväxterna gav upphov till en avkastningsminskning hos raps var minskningen signifikant mindre än för icke baljväxter. Det var dock av stor betydelse vilken baljväxtart som utnyttjades, eftersom resultaten kunde skilja kraftigt sinsemellan baljväxtarterna. Även om åkerböna gav upphov till mest rapsbiomassa av arterna och ärt minst, ackumulerade de lika mycket torrsvikt innan frost. Att två arter ackumulerar lika mycket torrsvikt behöver följaktligen inte innebära att dessa delar andra egenskaper som är avgörande för rapsskörd. Arterna kan ha skiljt sig i kväveminerialisering under våren och/ eller ackumulering av kväve under hösten.

Pinel & Stadel (2018) konstaterade att det fanns ett samband mellan högt kväveinnehåll och hög biomassaackumulering. En allt för hög biomassaackumulering hos åkerbönan under hösten hade kunnat vara negativt för rapsen. Ärt hade ett mer upprätt växtsätt som gav upphov till mer baljväxtbiomassa, på bekostnad av rapsbiomassan. En hög höstbiomassaackumulering hos baljväxterna var inte ekvivalent med en hög rapsskörd, och motsvarande för en låg

rapsbiomassa (Verett et al, 2017). Samtidigt var torrvikten som ackumulerades under hösten den största faktorn som influerade samodlingens prestanda.

Verett et al (2017) hävdar att samodlingsgrödor inte har någon omfattande positiv inverkan på fröskörden hos raps i odlingssystem med vanlig ekologisk naturgödsel, vilket motsäger föregående resonemang. Verett et al (2017) menar att detta beror på raps goda förmåga att ackumulera biomassa på egen hand i sådana förhållanden. Resonemanget om naturgödsel utvecklas inte vidare av författarna (Verett et al, 2017). Det fattas information för att konstatera huruvida metoden med frostkänsliga baljväxter är applicerbar i ekologisk odling. De studier som har gjorts på ämnet har utgått ifrån mineralkvävegödsel vilket innebär att det inte är dokumenterat hur kvävedynamiken ser ut vid användning av till exempel stallgödsel. Ogräs är dock ett stort problem i ekologisk odling, vilket samodling med frostkänsliga baljväxter har visat sig vara en effektiv metod mot (Verett et al, 2017, Lorin, 2015, Pinel & Stadel, 2018).

Eftersom rapsen är särskilt mottaglig för konkurrens effekter under våren (Fogelfors, 2015), skulle den bara marken under våren, då baljväxterna har dött av frost, kunna innebära ett riskmoment i form av ogräskonkurrens. Baserat på resultaten var dock ogräsförekomst under hösten den faktor som hade störst inverkan på förekomst av ogräs under våren (Lorin et al, 2015). Om ogräsförekomsten hanteras under hösten bör riskmomentet med den bara marken efter frost till viss del kunna undvikas i metoden med frostkänsliga baljväxter.

Låg markkvävehalt nämndes återkommande som en faktor som gynnade nischseparation, vilket gav goda resultat för kväve och biomassaackumulering samt ogräsundertryckande. Dock fanns det en tendens att konflikt uppstod mellan facilitering och konkurrens gällande samtliga av dessa faktorer. Med utgångspunkt i dessa misslyckade nischseparationer, samt andra sortegenskaper som kan stå i motsats till varandra, till exempel sjukdomskontroll och kvävefacilitering, bör vikten av sortval ytterligare betonas. I de studier där baljväxterna övervintrade kunde lågt kväve vara en nackdel, eftersom baljväxterna då ackumulerade så mycket biomassa att rapsen konkurrerades ut i form av skuggning (Schroeder & Köpke, 2012).

Till viss del berodde den högre halten av kväve i raps, till följd av samodling, på baljväxternas direkta kvävefixeringsmekanismer, det vill säga även vårmineraliseringen inkluderad. Dock

berodde en stor del av kväve mineraliseringen på indirekt kvävefacilitering, i form av att rapsen blev bättre på att tillgodogöra sig en större del av det kväve som tillsattes som gödsel, samt redan fanns i marken som biologiskt material. Dessa indirekta mekanismer är en annan möjlig förklaring till varför arter som betedde sig liknande under hösten kan skilja sig under våren. Hur väl baljväxten kan tillgängliggöra kvävet för rapsen är minst lika viktigt som hur mycket kväve baljväxten fixerar, eftersom det finns en problematik i rapsodling med rapsens kväveanvändningseffektivitet (Génard et al, 2015, Fogelfors, 2015)

I Lorin et als studier (2015, 2016) var det mineraliseringen av de döda baljväxterna på våren som gav upphov till störst ökning i rapskväveackumulering. Utifrån teorin att vårkvävegivan är mest avgörande för höstrapsskörden (Bergkvist, 2016) kan användningen av frostkänsliga baljväxter tolkas som en rimlig metod i rapsodling.

Såtidpunkt var en kritisk faktor för odlingsresultatet (Fogelfors, 2015, Pinel & Stadel, 2018, Bergkvist, 2016). Både en för tidig och en för sen sådd kan få negativa konsekvenser för övervintring av rapsen, men kan också ge effekter som högre skadedjurstryck och konkurrens från baljväxter och ogräs.

Vid etablering av raps i ett befintligt täcke av vitklöver (Bergkvist, 2016) fanns risken att rapsen konkurrerades ut av baljväxterna innan frosten hann infalla. Detta kan vara en följd av att vitklöver redan var etablerad när rapsen såddes in, och därmed var konkurrenskraftig mot rapsen. För att dessa starka konkurrenseffekter ska utmynna i något positivt för rapsen är det viktigt att klöver har en god mineraliserande förmåga. En möjlig lösning på detta skulle kunna vara genom val av klöversort.

I Bergkvist försök (2016) uppstod ingen komplementaritet mellan raps och klöver. Bland annat uppstod ingen nischseparation för ljusinsläpp mellan de två arterna. Utifrån Bergkvist resultat är raps och klövers kompatibilitet ifrågasättbar, jämfört med till exempel klöver och vete. Då många försökstekniska problem uppstod i försöket är det ändå av vikt att vidare utforska samodlingsmetodens relevans. I dessa framtida försök bör fokus riktas mot att säkerställa en god etablering av rapsen. De etableringsmetoder som undersöktes i försöket gav inte några större skillnader i slutgiltig skörd, även om vissa skillnader i ogräsförekomst och konkurrens kunde noteras under hösten.

Åkerböna och ärt är komplementära med raps i sina tidiga tillväxtstadier (Génard et al, 2017, Jamont et al, 2013). Detta resulterade bland annat i mer kväve och torrviktsackumulering i raps och ett besparande av jordkvävet, jämfört med rapsmonokulturer. I studien av Génard et al (2017) beskrivs det hur det kan vara till fördel för de tidiga raps och baljväxtinteraktionerna om raps inte är för konkurrenskraftig, till skillnad från andra tidigare nämnda studier där rapsens konkurrenskraft i etableringen benämns som avgörande.

Baserat på resultaten om samodling med frostkänsliga baljväxter skulle kunna hävdas att fördelarna med att baljväxterna inte är närvarande under vintern överväger nackdelarna, med förbehåll för sämre resultat hos somliga arter och artblandningar. I de fall där samodlingsgrödorna övervintrade noterades konkurrenseffekter på rapsen under våren, vilket sänkte rapsavkastningen. I kombination med att baljväxter och raps är komplementära i tidiga tillväxtstadier stärks bilden av frostkänsliga baljväxter som en fördelaktig odlingsteknik i raps. Ett exempel på baljväxter som övervintrade var en artblandning av vicker och lins (Pinel, & Stadel, 2018). Det utfördes tyvärr inget försök där samma artblandning inte övervintrade, utan den mest relevanta jämförelse som kunde göras var med de två samodlingsgrödorna var för sig, när dessa inte övervintrade. Då ingen övervintring skedde gavs signifikant bättre rapsskörd än när arterna övervintrade. Dock måste de faciliterande eller konkurrerande effekter lins och vicker kan ha haft på varandra tas i beaktande i en jämförelse. Den sämre rapsskörden behöver inte bara vara en följd av själva övervintringen, utan kan även antas bero på andra interaktioner sinsemellan samodlingsgrödorna som var ofördelaktiga för rapsen.

En annan aspekt att belysa från resultaten är att mindre jordbearbetning bör nyttjas (Pinel & Stadel 2018, Bergkvist 2003). Konsekvensen av för mycket ingrepp var att jorden blev torr och ogästvänlig, en ökad ogräsförekomst samt försämrande av klöverns konkurrensförmåga.

Både de studerade försöksodlingarna och de tillfrågade odlarna landar i slutsatsen att sortval är av högsta vikt. De faktorer som värderades högst av de tillfrågade odlarna gav goda resultat i de samodlingsförsök som studerades, exempelvis möjliggörande av mindre herbicidanvändning till följd av mindre ogräs, samt bättre jordkvalitet (Baux & Schumacher, 2019). Det största orosmomentet hos lantbrukarna var den potentiella risken för skördeminskning, i förhållande till konventionell odling. Detta visade sig vara korrekt för vissa baljväxtarter, medan vissa ledde till en liten men signifikant ökning.

I ett flertal studier fattades konkreta siffror på fröskörd och rapskväveinnehåll. För en mer korrekt jämförelse hade denna information varit relevant. Istället nämndes återkommande skillnaden i skörd och kväveinnehåll då rapsen odlades ensam respektive samodlades (Verett, 2017, Lorin 2016, Cadoux 2015). Detta kan jämföras med standardkvävegivor för konventionell raps i tabell 1 och hektarskörden av raps 2017 som var 3480 kg/ha (Jordbruksverket 2017). Eftersom flertalet studier utfördes i Frankrike hade statistik från fransk rapsodling varit att föredra, i detta sammanhang har dock utgångspunkten valts att kvävegivorna i konventionell odling inte skiljer sig drastiskt sinsemellan länderna. Även om lagar kring mineralgödning kan vara olika för olika länder, finns det ekonomiska incitament som kan antas leda till att rapsodlare vill hålla kvävegivan så låg som möjligt utan att påverka skörden. I Cadoux et al (2015) gav ensamodlad konventionell raps en avkastning på 3700 kg/ha, denna siffra skulle också kunna användas som en standardskörd då det inte är alltför långt ifrån den svenska skörden år 2017 på 3480 kg/ha (Jordbruksverket, 2017). Dock är Cadoux et al (2015) en metanalys som baserats på ett flertal olika försök, där odlingsförhållandena i dessa inte alltid framkommer. Eftersom det är ett flertal faktorer som påverkar hur stor kvävegivan behöver vara (se tabell 1) är det svårt att göra en jämförelse med skördevärdena från Cadoux (2015) studie.

Samodling med frostkänsliga baljväxter kunde möjliggöra en ökning av rapskvävet på 20- 40 kg per hektar (Lorin, 2016) vilket är ett relevant bidrag till att minska mineralkvävegivan under våren och ersätta en del med baljväxter (se Tabell 1). Detta är dock förutsatt att rapsen har tagit upp mycket kväve under hösten och att mineraliseringen av det redan tillsatta mineralkvävet är god under våren. Så är dock inte alltid förhållandena.

I Pinel et Stadel (2018) gav samodling upphov till en ökning i rapsens kväveupptag i jämförelse med ensamodlad raps utan insatsmedel. Även om det hade varit en mer relevant jämförelse att studera skillnaden gentemot gödslad ensamodlad raps, visar det ändå på att baljväxterna har en inverkan på rapsens kväveupptag. Bäst resultat gavs då gödslad raps kombinerades med baljväxter. Eftersom datan i studien inte rapporterades i kg/ha är det svårt att återge exakta siffror, vilket hade varit att föredra. Då samodlingen med baljväxter jämfördes med gödslad raps gavs i ibland en liten men signifikant ökning i skörd och ibland till en minskning, ofta beroende på baljväxart. I vissa studier ökade kväveupptaget jämfört med konventionell raps medan det i vissa var oförändrat (Lorin, 2016, Cadoux, 2015).

Baljväxterna kan emellertid inte bidra med så mycket kväve att det är ett alternativ för att helt ersätta mineralkvävegödsel. Utifrån resultaten kan dock konstateras att samodling med frostkänsliga baljväxter ändå skulle kunna vara ett sätt att öka avkastning och kväveinnehåll. Fokus kan då antingen ligga på att ersätta en del av mineralkvävet med baljväxter eller att fortsätta med samma kvävegiva och öka skörden ytterligare genom samodling med baljväxter. Skördeökning bör inte ses som främsta anledningen till samodling, det bör snarare ses som ett medel för att minska kvävegivan och hantera ogräs. Vi befinner oss i en tid då lönsamhet inte kan vara den enda faktorn som styr vår matproduktion ifall ett friskt ekosystem ska vidmakthållas. En metod som samodling med frostkänsliga baljväxter skulle möjligtvis kunna betraktas som en medelväg för en mer uthållig produktion av raps, som främjar matsäkerhet och ekosystem.

4. Slutsatser

Raps är en värdefull gröda med många viktiga användningsområden för mänskligt bruk. Samtidigt är raps en gröda där det används stora insatser. Olika samodlingskombinationer av raps och baljväxter bör ses som en möjlig lösning på denna problematik. Det är dock svårt att ge ett entydigt svar på hur det ska gå till, eftersom samtliga metoder hade för och nackdelar, och informationens tillämpning i praktiken beror både på odlingfaktorer och odlingens mål. Frågan om hur baljväxter interagerar med raps i samodling är relativt ny, och fler studier behövs för att eliminera potentiella riskfaktorer innan en tillämpning av odlingsteknikerna kan möjliggöras i praktiken. För framtida studier bör efterforskningar göras på kvävedynamik, etableringsperioden samt baljväxstsorter och deras intrikata interaktioner med raps och omgivningen. I detta arbete har samtlig forskning utgått ifrån höstraps. Eftersom höstraps inte kan odlas norr om mälardalen bör även vårrapsens miljöpåverkan tas i beaktande i framtida forskning, för att möjliggöra en uthållig rapsodling i hela Sverige.

5. Referenser

Baux, A., Schumacher, P. (2019) Einführung der Rapskultur mit Untersaat: Die Schweizer Produzenten kommen zu Wort. *Agrarforschung Schweiz* vol. 10 (3), ss.128–133. Tillgänglig: https://www.agrarforschungschweiz.ch/aktuelles_heft_10de.php?id_artikel=2459 [2019-05-16]

Bedoussac, L., Journet, E.-P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Jensen, E.S., Prieur, L., Justes, E., 2015. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. Vol. 35(3), ss. 911–935. <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-014-0277-7>.

Bergkvist, G. (2016) Höstrapsodling i en bädd av vitklöver. Tillgänglig: https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/ekoforsk/resultat-2016/bergkvist-slutrapport-161104_ekoforsk_hostraps.pdf [2019-05-14]

Berkvist, G. (2003). Influence of White Clover Traits on Biomass and Yield in Winter Wheat- or Winter Oilseed Rape-Clover Intercrops. *Biological Agriculture & Horticulture: An International Journal for Sustainable Production Systems*, vol. 21:2, ss. 151-164. <http://dx.doi.org/10.1080/01448765.2003.9755259>

Cadoux, S., Sauzet, G., Valantin-Morison, M., Pontet, C., Champolivier, L., Robert, C., Lieven, J., Flenet, F., Manganot, O., Fauvin P., Lande, N.(2015). Intercropping frost-sensitive legume crops with winter oilseed rape reduces weed competition, insect damage, and improves nitrogen use efficiency. *OCL*, Vol 22, nummer 3, ss.11. <https://doi.org/10.1051/ocl/2015014>

Fogelfors, H. (red.) (2015) *Vår mat- Odling av åker- och trädgårdsgrödor*. 1.1 uppl, Lund: Studentlitteratur.

Génard, T., Etienne, P., Diquélou, S., Yvin, J-C., Revellin, C., Laîné, P. (2017) Rapeseed-legume intercrops: plant growth and nitrogen balance in early stages of growth and development. *Heliyon*, vol. 3 (3) <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00261>

Hart, S.C., Myrold, D.D. (1996) ^{15}N Tracer Studies of soil Nitrogen Transformations. I: Boutton, T.W., Yamasaki, S (red), *Mass Spectrometry of Soils*. New York: Marcel Decker Inc, ss. 225-229. Tillgänglig: books.google.com [2019-05-14]

Hartwig & Ammon, (2002) Cover crops and living mulches.

Tillgänglig: <http://www.nurserycropscience.info/cultural-practices/cover-crops/technical-pubs/hartwig-ammon-2002-cover-crops-and-living-mulches.pdf> [2019-05-14]

Jamont, M., Piva, G. & Fustec, J. (2013) Sharing N resources in the early growth of rapeseed intercropped with faba bean: does N transfer matter?

Plant Soil vol 371(1-2), ss.641-653 <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1712-2>

Jeromela, A-M. , Mikić, A-M., Vujić, S., Čupina, B., Krstić, Đ., Dimitrijević, A., Vasiljević, S., Mihailović, V., Cvejić, S. och Miladinović, D. (2017) Potential of Legume–Brassica Intercrops for Forage Production and Green Manure:

Encouragements from a Temperate Southeast European Environment. *Plant Sci*.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00312>

Jordbruksverket (2017). *Skörd av spannmål, trindsäd och oljeväxter 2017*. Tillgänglig:

http://www.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik,%20fakta/Vegetabilieproduktion/JO19/JO19SM1701/JO19SM1701_kommentarer.htm [2019-06-04]

Jordbruksverket (2018 a). *Rekommendationer för gödning och kalkning 2019*. Jönköping:

Jordbruksverket. Tillgänglig: <https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/jo1818.html>

[2019-06-04]

Jordbruksverket (2018 b). Näringsbehov hos raps och rybs. Tillgänglig:

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/jordbruksgodor/rapsochrybs/vaxtnaring/vaxtnaringsbehov.4.3229365112c8a099bd980004681.html>) [2019-06-04]

Lorin, M., Jeuffroy, M.-H., Butier, A., Valantin-Morison, M. (2015). Undersowing winter oilseed rape with frost-sensitive legume living mulches to improve weed control. *European Journal of Agronomy*, vol.71, ss. 96-105. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.09.001>

Lorin, M., Jeuffroy, M.-H., Butier, A., Valantin-Morison, M. (2016). Undersowing winter oilseed rape with frost-sensitive legume living mulch: Consequences for cash crop nitrogen nutrition. *European Journal of Agronomy*, vol.193, ss.24-33.

<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.03.002>

Nilsson, A. (2014) *Integrerat växtskydd i rapsodling*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för växtproduktionsekologi

Pinel, B. & Stadel, M., (2018), *Conventional OSR vs Agroecological OSR*

Schröder, D., Köpke, U., (2012) Faba bean (*Vicia faba* L.) intercropped with oil crops – a strategy to enhance rooting density and to optimize nitrogen use and grain production? *Field Crops Research*, vol.135, ss.74-81

<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.07.007>

Sixtensson, O. (2006) *Kväve i mark och gröda från sådd till skörd vid odling av höstraps (Brassica napus L.)*, Sveriges lantbruksuniversitet. Avdelningen för precisionsodling

Smittberg, M. (2011) *Rapsolja - Användning, kemisk sammansättning och odlingsfaktorer*, Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för livsmedelsvetenskap

Vandermeer, J-H (1989) *The Ecology of Intercropping*. Cambridge University Press.

Verett, V., Gardarin, A., Makowski, D., Lorin, M., Cadoux, S., Butier, A., Valantin-Morison, M. (2017). Assessment of the benefits of frost-sensitive companion plants in winter rapeseed. *European Journal of Agronomy*, vol.91, ss.93-103. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.006>

Wezel, A., Casagrande, M., Celette, F., Vian, J-F., Ferrer, A., Peigné, J., (2014) Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. Vol 34 (1), ss: 1–20. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0180-7>

