

Kan högre humlediversitet i landskapet öka fröskörden av rödklöversorter viktiga för Norrland?

Åsa Lankinen, Mattias Larsson, Växtskyddsbiologi, SLU Alnarp och Linda Öhlund, Lantmännen

Sammanfattning

Vall- och grönfoderväxter odlas på 1,1 miljoner hektar åkermark, vilket gör den till Sveriges största gröda. En väl fungerande grovfoderproduktion i Sverige, med tillgång till lämpliga sorter för svenska förhållanden, påverkar svenska gårdars lönsamhet och möjlighet att producera protein från svenska åkrar. Behovet av lämpliga och anpassade sorter gäller inte minst i Norrland där god vinterhärdighet och uthållighet är avgörande egenskaper. En viktig del av vallens proteinproduktion sker via kvävefixerande vallbaljväxter, där rödklöver är mest använd i Sverige. Avkastningen i rödklöverfröodling varierar extremt mycket, vilket kan leda till allvarliga brister i tillgång på utsäde. Detta gäller särskilt de sena, tetraploida sorterna som odlas som vallgröda i Norrland. Orsaker till variationen är inte helt säkerställda, men de kan vara odlingstekniska, sortbundna eller andra, såsom brist på pollinatörstjänster. Rödklöverfröodlingar återfinns mestadels i Götaland och Svealand, där det har skett en minskning av pollinerande insekter, särskilt humlor, i samband med ett allt intensivare jordbruk. I detta treåriga projekt har vi fokuserat på pollinationstjänsternas betydelse för fröproduktionen hos rödklöversorter som är viktiga för norrländsk vallodling. Vi har undersökt om och i vilken omfattning en hög abundans och diversitet av pollinatörer i kulturlandskapet ger ökade och stabila fröskördar av sen rödklöver, dels genom fältförsök på sex platser från södra till norra Sverige och dels genom studier hos odlare i Skåne. Vi fann att andelen humlor med längre tungor, dvs pollinatörer som är viktiga för rödklöver, generellt är högre i rödklöverfält i Norrland än i södra Sverige, men att det även fanns en stor variation mellan platser och år. Antalet långtungade pollinatörer påverkade skörden positivt i fältförsöken, men inte hos odlare i Skåne. I Skåne var bara 6 % av alla pollinatörer långtungade. Hos odlarna i Skåne kunde vi se att klöverspetsvivlar hade en negativ effekt på skörden. Våra data visade också att fröskördarna blev högre i Norrland än i södra Sverige, och att det fanns en konsekvent skillnad mellan de fyra sorter som användes i fältförsöket. En viktig slutsats från projektet är att genetiska skillnader mellan populationer av rödklöver troligtvis påverkar frösättningen och att dessa faktorer är viktiga nog att överskugga den stora miljömässiga variation som klöverfröodlingar utsätts för. Odlingsnära råd till näringen och odlare utifrån resultaten diskuteras i slutrapporten.

Introduktion: bakgrund, mål för projektet, hypotes

Under de senaste årtiondena har abundansen och diversiteten av pollinerande insekter reducerats drastiskt över hela världen (Biesmeijer m fl. 2006; Dupont m fl. 2011; Bartomeus m fl. 2013). Minskningen av pollinerande insekter, framför allt bin och humlor, utgör ett problem för jordbruksproduktionen (Potts m fl. 2010), eftersom skörden hos många grödor gynnas av eller är beroende av hög mångfald bland pollinatörssamhället (Fontaine m fl. 2006; Hoehn m fl. 2008). Den negativa påverkan på pollinatörerna är starkt sammankopplat med ett

mer intensivt jordbruk, med ökade monokulturer, fragmentering och förluster av naturliga habitat, såväl som ökad användning av agrokemikalier (Kleijn and Raemakers 2008; Scheper m fl. 2013; Goulson m fl. 2015).

I Sverige har artsammansättningen och diversiteten av humlefaunan förändrats drastiskt under de senaste 70 åren (Bommarco m fl. 2012). Den relativa abundansen av två korttungade arter har ökat från 40 till 89 procent i södra Sverige. Bommarco m fl. (2012) föreslog att detta stora beroende av bara några få pollinatörer kan vara en viktig faktor bakom nedgången i genomsnittliga skördar av rödklöver och en kraftigt ökad variation i skördeutfall under senare år. Studier har visat att pollinering av grödor kan gynnas av skötsel av pollinatörshabitat, inklusive skydd och restaurering av gynnsamma habitat, ökad kvalitet och kvantitet av blomresurser, minskad mekanisk bearbetning, minskad användning av agrokemikalier, och tillhandahållande av boplatser (se sammanställningar av Uyttenbroeck m fl. 2016; Garibaldi m fl. 2017). Till exempel visade Feltham m fl. (2015) en 25 % ökning av pollinatörsbesök till odlade jordgubbar när de växte inom 20 m från blomremсор.

Rödklöver är en viktig komponent inom både konventionellt och ekologiskt jordbruk (Thorup-Kristensen m fl. 2003). På grund av dess höga proteininnehåll och dess förmåga att fixera atmosfäriskt kväve odlas den i vallar för produktion av djurfoder (Boller m fl. 2010). Det har länge varit känt att tetraploida sorter ger lägre fröskördar än diploida sorter (Boller m fl. 2010), men de bakomliggande orsakerna är inte klarlagda. Ett flertal faktorer kan inverka, tex odlingstekniska, sortbundna/genetiska (tex ploidigrad), fertilitet eller andra såsom pollinatörstjänster (Boller m fl. 2010; Bommarco m fl. 2012; Vleugels m fl. 2019; Hederström m fl. 2021; Jing m fl. 2021a, b; Alison m fl. 2022).

Angående pollinatörers inverkan på rödklöverfröskörden så har man spekulerat i att tetraploida rödklöversorter, vilka är större och ger mer grönmassa, är svårare att pollinera eftersom humlearterna som dominerar dagens jordbrukslandskap har korta tungor och därför inte når ned till nektarn i de större blommorna. Detta leder i sin tur till nektarstöld i stället för pollinering, det vill säga ett beteende där humlorna penetrerar blompipens sidor för att komma åt nektarn utan att komma i kontakt med ståndare eller pistill (Boller m fl. 2010). Det finns emellertid inte mycket vetenskaplig evidens för detta antagande (Starling 1950; Vleugels m fl. 2016). Vleugels m fl. (2016) analyserade tio egenskaper hos 600 genotyper från 30 sorter av både diploid och tetraploid klöver med avseende på samvariation med fröskörd. Deras studie visade att antalet blomhuvuden per planta och antalet fröer per blomhuvud var de viktigaste faktorerna som påverkade fröskörden, där den förstnämnda faktorn åtminstone delvis skulle kunna förklaras av ökad attraktion av pollinatörer. Amdahl m fl. (2016) undersökte fröskörden hos tio svenska och norska tetraploida rödklöversorter i fältförsök på två svenska och två norska lokaler (en respektive mer sydlig och en mer nordlig). Fröskördarna skilde sig inte generellt mellan länderna men skilde sig mellan lokaler, med den lägsta fröskörden vid Svalöv i södra Sverige (130 kg/ha jämfört med 459 kg/ha på den norska lokalen med högst fröskörd), trots att Svalöv har det mest fördelaktiga klimatet för fröproduktion. Dessa skillnader skulle delvis kunna bero på en brist på pollinatörer. Studien innefattade inte påverkan av pollinerande insekter. Rundlöf m fl. (2018) undersökte hur blomsterremсор påverkade diversiteten av pollinatörer och fröproduktionen i 25 fält med diploid och 25 fält med tetraploid rödklöver. Trots att blomsterremсор innebar att långtungade pollinatörer ökade i fälten så hade detta ingen mätbar effekt på fröskörden. Troligtvis beror detta på att antalet korttungade pollinatörer i fälten är så högt (> 95 %) att en ökning av de ovanliga, långtungade pollinatörerna bara har en marginell roll för pollineringen. Andra studier indikerar att

pollinatörers besöksfrekvens är viktig för frösättningen (Jing m fl. 2021b) och att korttungade pollinatörer föredrar diploida sorter framför tetraploida sorter (Hederström m fl. 2021).

Även om det finns många indikationer på att abundansen och mångfalden av pollinatörer är en viktig orsak till låga fröskördar i rödklöver, så saknas det ännu entydiga data som särskiljer betydelsen av pollinatörer från andra orsaker. Framför allt finns det en brist på studier som kan påvisa starka samband som stödjer att produktionslandskapets allmänna utarmning leder till en minskning av strategiska pollinatörsarter som svarar för viktiga ekosystemtjänster, och att detta i sin tur påverkar fröskördarna negativt hos rödklöver. Om dessa samband kan tydliggöras kan vi utveckla konkreta åtgärder för att säkerställa produktion av framför allt de sena, tetraploida rödklöversorter som är viktiga i Norrland.

I detta projekt har vi utnyttjat det faktum att artsammansättningen av pollinatörsfaunan skiljer sig stort från södra Sverige till Norrland, med ett högre antal långtungade humlearter i Norrland jämfört med i södra Sverige, för att undersöka om en hög abundans och diversitet av pollinatörer i kulturlandskapet kan ge ökade och stabila fröskördar. Vi har studerat sambandet mellan pollinatörstillgång och fröskörd dels i fältförsök på sex platser från södra Sverige till Norrland under två år och dels hos odlare i södra Sverige under tre år. I ett mindre delprojekt testade vi också hur fröskörden påverkades av effekten av att variera antal korttungade honungsbin i burförsök, för att få en indikation på om ett högt antal korttungade pollinatörer kan ge bra skördar. Vi har fokuserat främst på sena, tetraploida rödklöversorter där fröproduktionen sker i Svealand och Götaland, medan vallodlingen sker i norra Sverige. Det finns indikationer på att dessa klöversorter, även när de odlas i södra Sverige, under vissa omständigheter kan producera fröskörd på acceptabel nivå. Dessa resultat är emellertid osäkra och skördarna varierar betydligt mellan år och lokaler även i mellersta och norra Sverige. En viktig del av projektet är att jämföra pollinatörstillgång och effekter på fröskörd i Skåne/södra Sverige och norra Sverige

Projektets mål

1. Öka vår kunskap om hur abundans och diversitet av pollinatörer i jordbrukslandskapen skiljer sig åt i södra respektive norra Sverige och om avkastningen av rödklöverfrö kan kopplas till dessa skillnader och/eller andra viktiga egenskaper hos klöversorter, t.ex. antal blomhuvuden per ytenhet. Vårt fokus var här sen tetraploid rödklöver.
2. Utöka vår förståelse av de underliggande faktorer som påverkar frösättningen genom att kartlägga frösättning i relation till odlingsplats, sortegenskaper, närvaron av pollinerande insekter och fröskadegörare.
3. Öka kunskapen om vilka faktorer som i väsentlig grad påverkar fröproduktionen i sen tetraploid rödklöver och utveckla användarnära odlingsråd med syfte att öka fröskörden av rödklöver bäst anpassad till odling i norra Sverige.

Hypoteser

1. Förekomst av pollinatörer med längre tungor, samt totala antalet pollinatörer, med avseende på humlearter, är högre i rödklöverfält i norra Sverige jämfört med i södra Sverige.
2. Rödklöverskörd påverkas av odlingsplats i Sverige och av sortskillnader.
3. Pollinatörstillgång och diversitet är positivt korrelerade med rödklöverfröskörd.

4. Utestängning av lokala pollinatörsarter och komplettering med likstora mängder av den korttungade jordhumlan *Bombus terrestris* i burar kommer att leda till minskade klöverfröskördar.

Material och metoder

Projektet har bestått av tre olika delar 1) pollinatörsinventeringar och fröskörd i fältförsök på sex platser i Sverige, 2) pollinatörsinventeringar och fröskörd hos odlare i södra Sverige, 3) burförsök.

Fältförsök på sex platser i Sverige

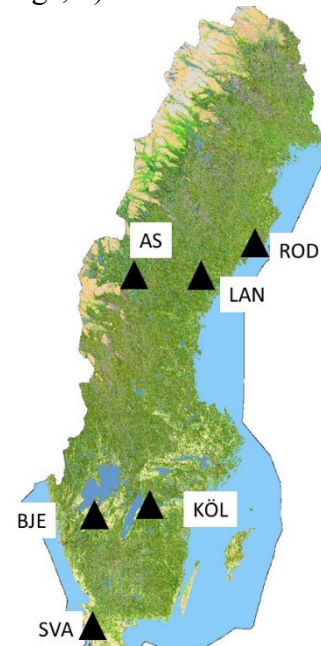
För att undersöka skillnader i pollinatörstillgången och fröskörd i södra Sverige och i Norrland använde vi fältförsök i olika delar av Sverige (2020-2021) (Figur 1). I söder använde vi tre fältplatser: Skåne (Svalöv), Västergötland (Bjertorp) och Östergötland (Kölbäck). I Norrland använde vi tre försöksplatser: Ångermanland (Lännäs), Jämtland (Ås) och Västerbotten (Röbäcksdalen). Försöken bestod av 10×10 m² parceller med fyra sorter: SW Yngve (diploid, sen) och tre tetraploida, Betty och Peggy (sena) samt Vicky (medelsen) i två replikat per sort. Vi fokuserade på de sena sorterna då praktisk fröproduktion är mest utmanande i den typen. Den medelsena sorten Vicky tog vi med som jämförelsematerial.

Försök hos odlare i södra Sverige

39 rödklöverfält hos 32 kommersiella gårdar (2019-2021) i Skåne, Västergötland och Östergötland valdes ut med hjälp av landskapsfaktorer (andel jordbruksmark runt gården via Jordbruksverkets Blockdatabas och i samarbete med Lantmännen Lantbruk) för att undersöka om landskapsfaktorer kan påverka pollinatörstillgång och fröskörd. Merparten av fälten fanns i Skåne (33) och endast två i Västra Götaland samt fyra i Östergötland. Vi inkluderade fälten utanför Skåne eftersom de låg i närheten av fältförsöksplatserna Bjertorp och Kölbäck. På de valda fälten odlades främst medelsena eller sena sorter av tetraploid rödklöver (Vicky, Peggy, Betty, Kelly). Ett undantag var fälten i Västra Götaland och Östergötland 2021 där vi hade svårt att hitta lämpliga fält med tetraploid rödklöver. Här användes i stället den diploida sorten SW Yngve (ett av två fält i Västra Götaland, två av tre fält i Östergötland). För att få en ytterligare jämförelse mellan södra Sverige och Norrland inkluderade vi även fält på förädlingsstationen i Lännäs, fyra fröodlingar 2019, ett fält 2020 och ett fält 2021. Fälten 2019 var andraårsfält, vilket man vet ger en lägre fröskörd. I vissa analyser inkluderade vi även sju fält i Skåne som inventerades 2018.

Pollinatörsinventeringar, blomningsgrad, fröskörd och fröskadegörare i fältförsök och hos odlare

Både i fältförsöken och hos odlare inventerade vi pollinatörstillgång och artsammansättning genom att lägga ut transekter, vilket är en beprövad metod (Lundin m fl. 2017), minst tre gånger per sommar. I parcellerna i fältförsöken på de sex platserna gjordes inventeringen

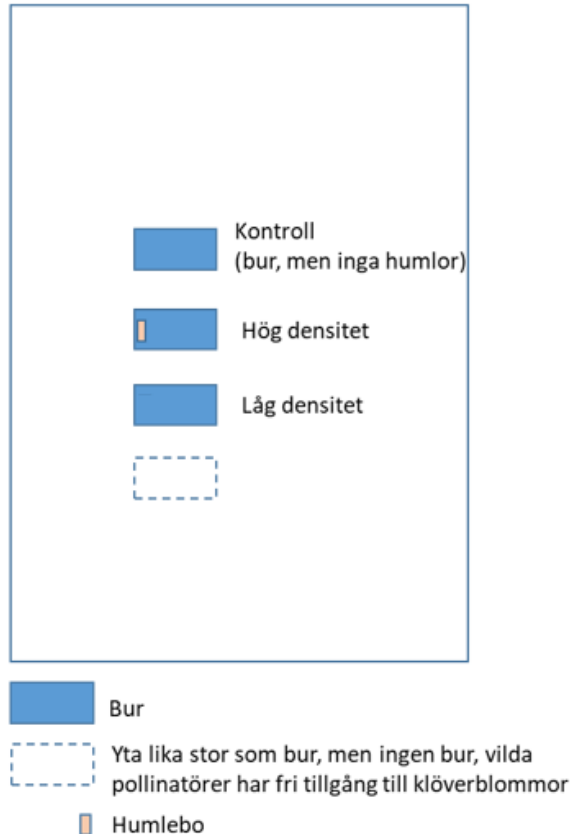


Figur 1. Karta över Sverige med de sex fältlokaler (svarta trianglar) samt koder.

genom att inventeraren gick fram och tillbaka i varje parcell fem gånger (5×10 m) och noterade förekomst och art av alla pollinerande insekter (humlor och honungsbin). I fälten hos odlare gjordes inventeringarna längs två 50 m långa transekter i fältet. Eftersom blomningsfrekvensen har en inverkan på pollinerande insekter, så kvantifierade vi även blomningsfrekvensen i rödklöverfältet vid tidpunkten för varje inventering genom att räkna utslagna blomhuvuden i en 0.5×0.5 m² ruta per parcell eller transekt. Senare under säsongen samlade vi in mogna blomhuvuden från skörderutor (0.5×0.5 m²), tre per parcell eller transekt och bestämde fröskörd, g per ruta. Detta mått har använts som en indikation på fröskörden i våra analyser. Vi kunde se en stark koppling mellan fröskörden i skörderutorna och 1) skörd från tröskning av hela parcellerna på tre platser (Svalöv, Kölbäck och Lännäs) i fältförsöken, där rensningen av samtliga prov utfördes på förädlingsstationen i Svalöv, och 2) grobarhet av fröpartier insamlade från skörderutorna i fältförsöken (0.5×0.5 m², 100 frön per skörderuta. Odlarnas mått på fröskörd (kg/ha) var också korrelerade med fröskörden i skörderutorna (testad för en andel av odlarna).

Vi bestämde även fröförluster orsakade av klöverspetsvivar från blomhuvuden insamlade i slutet på säsongen (Lundin m fl. 2012). Om vi ska kunna förstå hur pollinatörerna påverkar fröskörden så är det viktigt att separera detta från effekter av fröskadegörare. För att få ett bättre mått på hur pollinatörer påverkar fröskörden frikopplad från skördeförluster märkte vi upp blomhuvuden samtidigt som pollinationsinventeringar och samlade in dessa tre veckor senare. Genom att gå igenom dessa blomhuvuden och bestämma antalet småblommor som hade utvecklats till ett frö eller inte och var skadat eller inte, kunde vi bestämma både pollinationsgrad innan vivelkada och slutgiltig frösettningsgrad.

/



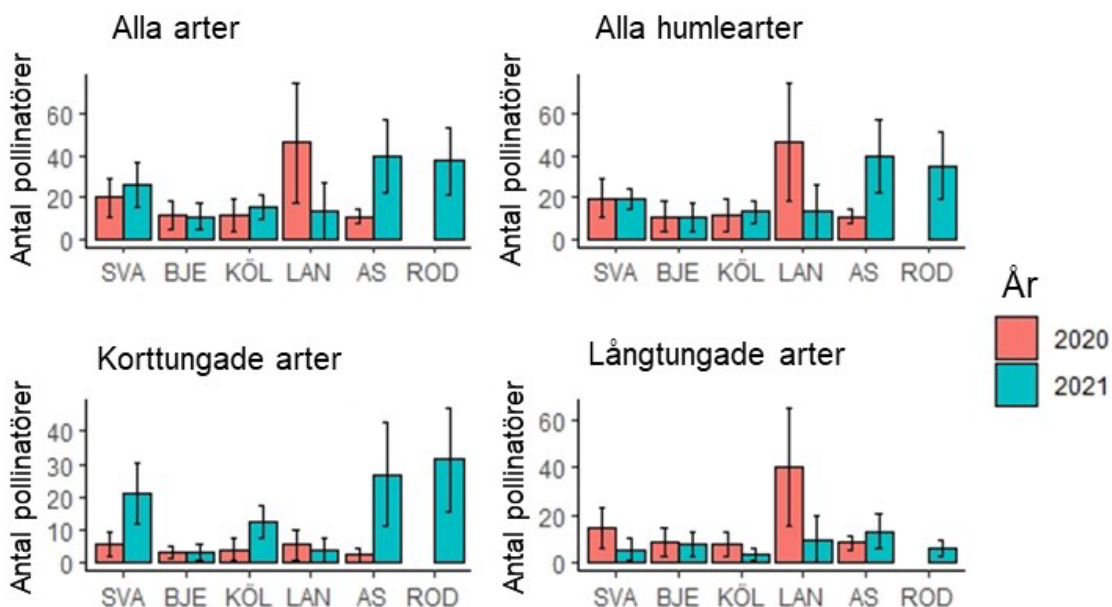
Figur 2. Försöksupställning av burförsök utförda under 2019 och 2020. Burarna ställdes i grupper om tre, där en bur hade en hög densitet av humlor, en bur hade en låg densitet av humlor och den sista var en kontrollbur som saknade humlor. Frösettningen i burarna jämfördes även med den i en kontrollruta utanför burarna.

Vi har under 2019 och 2020 utfört burförsök med syftet att skapa en miljö med låg pollinatördiversitet (endast kortungade pollinatörer av en art, *Bombus terrestris*) och sedan jämföra frösättningen med miljön utanför. Med denna metod kunde vi också undersöka betydelsen av god tillgång av de korttungade pollinatörerna på fröskörden. Eftersom pollinatördiversiteten är högre i Norrland än i Skåne (se Resultat), så startade vi dessa försök i Lännäs 2019. Under det första försöksåret utvecklade vi metoden att jämföra tre olika burtyper, 1) hög densitet (ca 50 humlor), 2) låg densitet (ca 5 humlor), samt 3) kontroll (inga humlor) i två fält med sorterna Peggy och Betty (Figur 2). I buren med hög densitet satte vi in ett köpt humlebo med *B. terrestris* (Natupol normal, koloni med arbetare, drottning och larver, www.Lindesro.se). I buren med låg densitet släpptes 5 humlor in. Buren övervakades kontinuerligt och vid behov släpptes nya humlor in för att hålla en jämn densitet. År 2020 utökade vi försöket till att omfatta ett fält i Lännäs (sorten Peggy) och två fält hos odlare i Skåne (sorterna Vicky och Kelly). Burarna upptog markytan $1,4 \times 1,8 = 2,5 \text{ m}^2$ i Lännäs och $1,5 \times 2 = 3 \text{ m}^2$ i Skåne. Höjden på burarna var 1 m i Lännäs och 1,20 m i Skåne.

Resultat

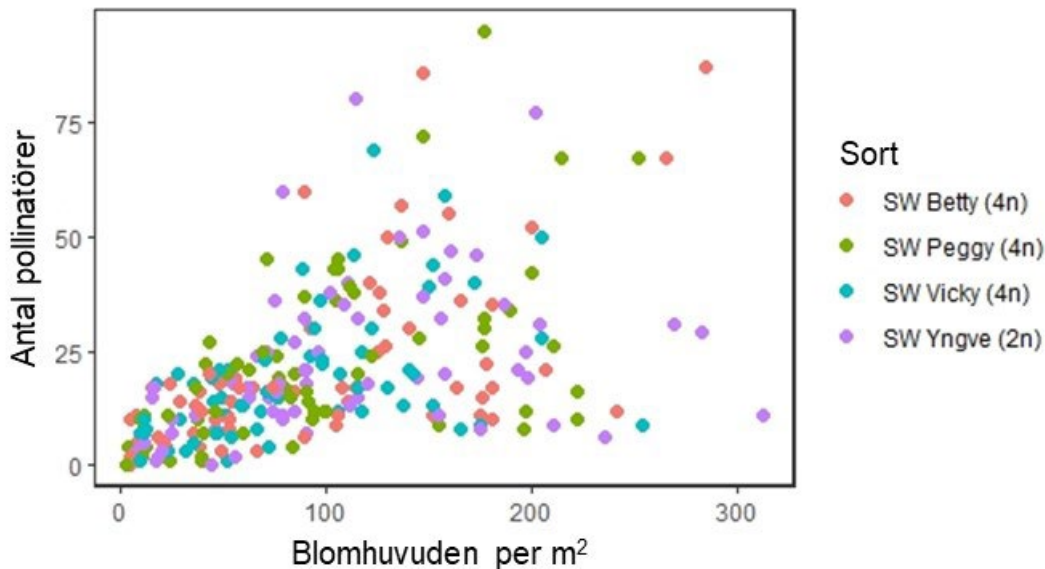
Pollinatörstillgång och diversitet skiljer sig åt mellan olika delar av Sverige

Vi undersökte antalet pollinatörer som besökte rödklöverparcellerna på de sex olika försöksplatserna från Skåne till Norrland under 2020 och 2021. Det fanns fler pollinatörer på de nordliga lokalerna (Lännäs, Ås och Röbbäcksdalen) än i söder (Figur 3). Vi kunde dock även se en stor variation mellan platser och år. Långtungade humlearter var särskild vanliga 2020 i Lännäs. Den nordligaste lokalen, Röbbäcksdalen, inventerades inte 2020 då försöket slopades på grund av kraftiga isskador.



Figur 3. Antal pollinatörer uppdelade i olika grupper på olika försöksplatser med rödklöver från Skåne till Norrland (vänster till höger) under 2020 och 2021. Kategorin "Alla arter" inkluderar humlor och honungsbin. Honungsbin ingår också i kategorin "Korttungade arter". Korttungade arter har tungor < 8 mm, långtungade arter har tungor > 8 mm (Goulson *et al*, 2005). Felstaplar representerar medelfel. SVA = Svalöv, BJE = Bjertorp, KÖL = Kölbäck, LAN = Lännäs, AS = Ås, ROD = Röbbäcksdalen

Samtidigt som vi inventerade antalet pollinatörer i parcellerna så undersökte vi också tätheten av blomhuvuden i fältet per ytenhet (0.5×0.5 m² rutor). Högre täthet ledde till att fler pollinatörer besökte parcellen (Figur 4). Spridningen är stor pga skillnader mellan platser och år. Vi kunde inte hitta några konsistenta skillnader mellan de fyra undersökta sorterna för var pollinatörerna uppehöll sig.



Figur 4. Samband mellan antal pollinatörer och tätheten på blomhuvuden i rödklöverparceller på sex försöksplatser från Skåne till Norrland. 4n = tetraploid, 2n = diploid

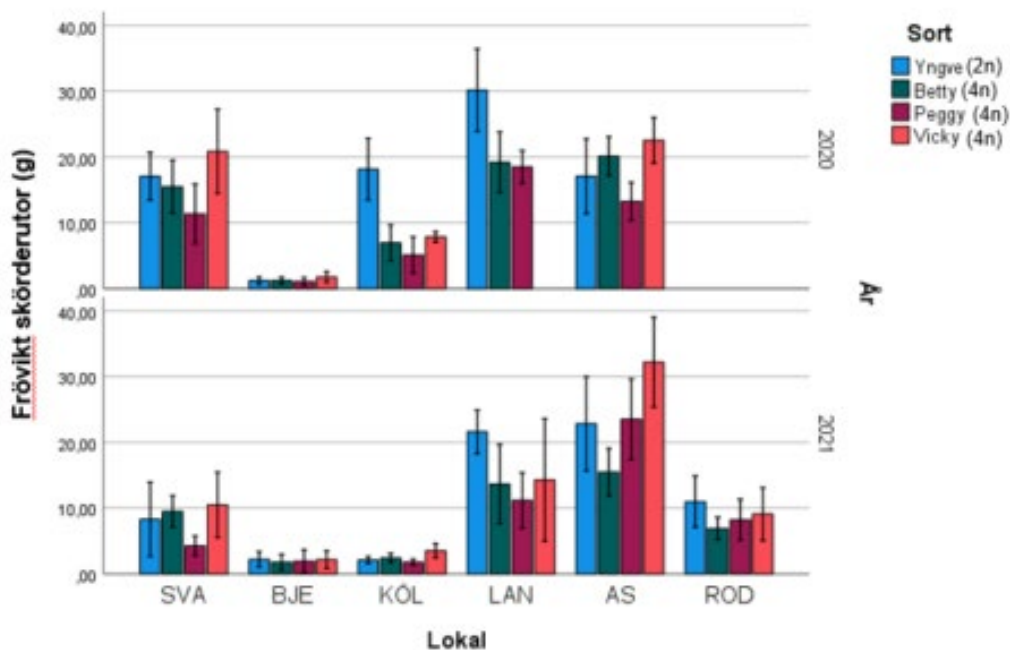
Pollinatörstillgång och diversitet hos odlare påverkas inte av olika landskapstyper i Skåne

De 39 rödklöverfälten som vi inventerade hos kommersiella odlare i södra Sverige (Skåne, Västergötland och Östergötland) 2019-2021 var omgivna av landskap med i genomsnitt 73 % (sd = 15) mark klassad som åkermark (1 km radie runt fälten). I Skåne där de flesta fälten låg varierade andelen mark klassad som åkermark mellan 28 och 94 %. De två inventerade fälten i Västergötland var omgivna av 58 % åkermark och de fyra fälten i Östergötland av 70 % åkermark. Baserat på analyser av åkermarksgrödor och mer naturlig mark, klassades sedan marker i omgivande landskap som 1) årligen plöjd åkermark utan blommande grödor, 2) jordbruksmark med blommande grödor, samt 3) jordbruksmark med fleråriga gräs- och andra grödor samt seminatural mark och naturmark (betes- och slåttermarker, samt övriga gräs- och skogsmarker).

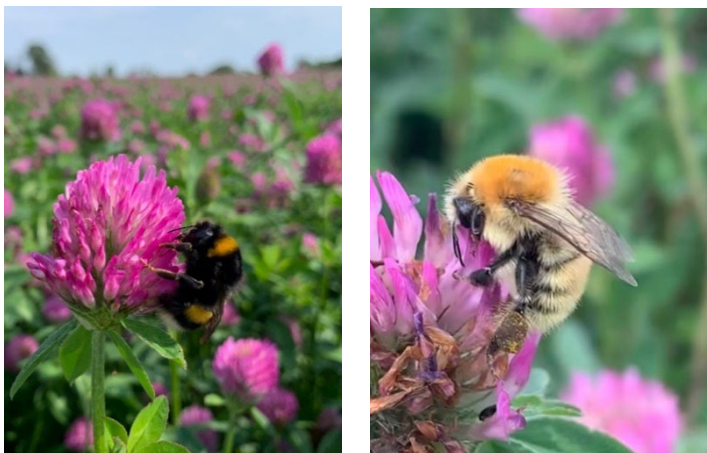
Analys av pollinatörstillgång och diversitet från Skåne 2018-2021 visade att andelen långtungade humlor endast var 6 % (som en andel av alla humlor och honungsbin). I en analys av fälten från 2019-2020, de år från vilka vi har mest data, kunde vi varken se något samband mellan pollinatörstillgång och 1) andelen jordbruksmark utan blommande grödor (3-75 % min-max) eller 2) andelen jordbruksmark med blommande grödor samt gräsmarker/annan naturlig mark (22-92 % min-max) (1 km radie runt fälten). Även för större radier (2 och 3 km) var resultatet detsamma, dvs vi hittade inget samband mellan markslag och pollinatörstillgång.

Fröskörd i olika delar av Sverige påverkas av sort, pollinatörer och blomningsgrad

Analyser av fröskörden i skörderutorna ($0.5 \times 0.5 \text{ m}^2$) visade att skörden från de sex fältförsöken generellt var större i Norrland än i södra Sverige (Figur 5). Det var dock en stor variation mellan år och mellan platser främst i södra Sverige. Tex så var fröskörden relativt hög under 2020 i Svalöv men mycket lägre 2021, på en försöksplats som flyttats 2 km från föregående års placering. Vår analys visade också att sortskillnaderna var konsekventa mellan platser och år, vilket man skulle förvänta sig om det finns en genetisk effekt på fröskörden. De sorterna som hade högst fröskörd var diploida Yngve och tetraploida Vicky.



Figur 5. Fröskörd, redovisat som medelvärde från tre skörderutor per parcell och två parceller per sort på olika försöksplatserna från Skåne till Norrland (vänster till höger) under 2020 och 2021 för fyra rödklöversorter. Felstaplar anger 95% CI. 4n = tetraploid, 2n = diploid, SVA = Svalöv, BJE = Bjertorp, KÖL = Kölbäck, LAN = Lännäs, AS = Ås, ROD = Röbbäcksdalen.



Figur 6. Till vänster en korttungad art av humla (jordhumla, *Bombus terrestris*) och till höger en långtungad art av humla (mosshumla, *B. muscorum*). Foto: Ida Valentin.

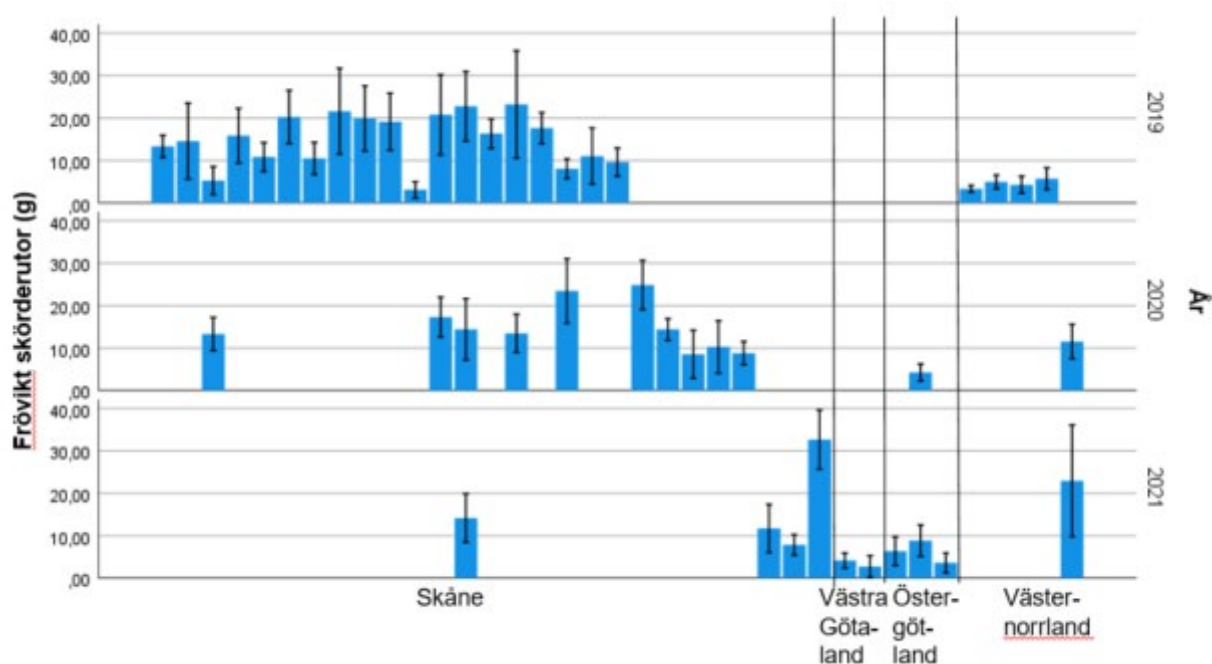
Vi kunde se en positiv koppling mellan fröskörd och antalet långtungade humlor (Figur 6) för alla sorter i modeller som även kontrollerade för skillnaderna mellan odlingsplats, år och sort. Sambandet med antalet korttungade humlor samt honungsbin och fröskörden var mer svårbestämt men verkade variera med sort; Motsatt vad man skulle kunna tänka så hade sorten Vicky, med högst fröskörd av de tetraploida sorterna, högre pollinationsbehov än Peggy, som hade lägre fröskörd. Det är dock möjligt att detta resultat bara är en ren slumpeffekt eftersom de enskilda sambanden med antal korttungade pollinatörer per sort inte uppvisade en signifikant positiv effekt. Förekomst av klöverspetsvivlar påverkade inte fröskörden negativt i dessa analyser, vilket var förväntat eftersom fältförsöken behandlades mot vivlar.

Blomningsgraden var generellt högre i norra Sverige än i södra Sverige, och diploida Yngve hade högre blomningsgrad än de tetraploida sorterna. Vi fann att blomningsgraden var positivt korrelerad med fröskörden, vilket var att vänta eftersom skörden är en komponent av både antal frön per blomhuvud och antal blomhuvuden per planta. Effekten av blomningsgraden på fröskörden i en modell som tar hänsyn till fler faktorer, som tex pollinatörstillgång, går inte att undersöka statistiskt eftersom blomningsgraden är korrelerad med pollinatörstillgången.

Fröskörd hos odlare påverkas mest av tillgång på klöverspetsvivlar

Fröskörden i skörderutorna ($0.5 \times 0.5 \text{ m}^2$) hos de olika odlarna från 2019-2021 uppvisade stor variation mellan olika fält, speciellt i Skåne (Figur 7). De få fält som vi undersökte i Västergötland och Östergötland hade en lägre fröskörd än i Skåne. Det är dock osäkert om dessa fält är representativa för sina respektive landskap, dvs om vi skulle se en liknande lägre fröskörd om vi inkluderade fler fält. Fröskörden i Lännäs i Västernorrland varierade också mycket mellan år. Den lägsta fröskörden var 2019 som var andraårsvallar.

En analys av de skånska fälten, som även inkluderade fyra gårdar från 2018, visade att klöverspetsvivlar hade en negativ effekt på fröskörden i skörderutorna. Pollinatörsförekomst påverkade däremot inte fröskörden. Hos klöverhuvuden insamlade tre veckor efter uppmärkning i fält så fann vi däremot att pollineringsgraden var positivt korrelerad med antalet pollinatörer som fanns samtidigt i fältet, dvs antalet pollinatörer påverkade den potentiella slutskörden. En markant skillnad mellan pollineringsgrad och frösättningsgrad pga vivelskador poängterar att vivelförekomst är negativ för den slutliga fröavkastningen. Detta indikerar att god tillgång på de mestadels korttungade humlor och honungsbin som finns i Skåne kan vara positiv för fröskörden om man kontrollerar för vivelskada. Pollineringsgraden var relativt konstant över blomningsperioden med undantag från det torra året 2018 då den sjönk kraftigt i slutet på säsongen.



Figur 7. Fröskörd, medelvärde från tre skörderutor per transekt och två transekter per fält hos kommersiella odlare i Skåne, Västergötaland och Östergötland under 2019-2021. Lokalen i Västernorrland är fält på Lantmännens förädlingsstation i Lännäs. Notera att fälten från 2019 i Lännäs? var andraårsfält. Felstaplar anger 95% CI. Sena och medelsena tetraploida rödklöversorter användes genomgående förutom 2021 i Västra Götaland och Östergötland där fält med den diploida sorten Yngve också ingick (Västra Götaland: stapel längst till höger, Östergötland: två staplar längst till höger).



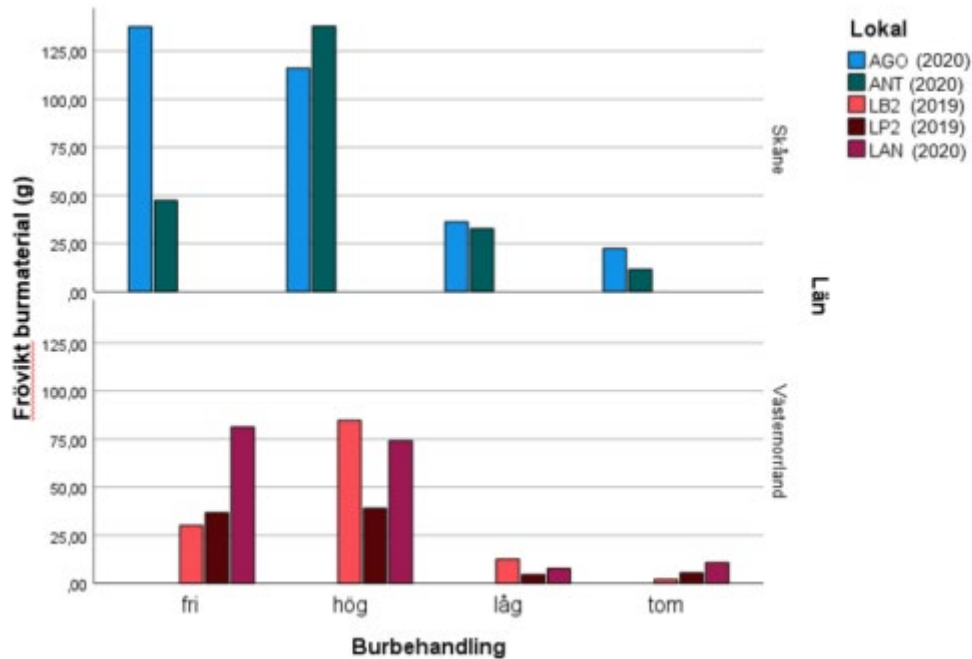
Figur 8. De tre olika arterna av klöverpetsvivar som vi hittade i våra fältförsök; *Protapion trifolii* (till vänster), *P. assimile* (mitten) och *P. apricans* (till höger). Licenser: CC-BY-SA-4.0 (*P. trifolii* och *P. apricans*), CC-BY-2.0 (*P. assimile*, credit Janet Graham).

Klöverpetsvivar i olika delar av Sverige

I fältförsöken på sex olika platser i Sverige hade vi också möjligheten att studera förekomsten av klöverpetsvivar i olika delar av Sverige. Vi undersökte förekomsten av de tre olika arter som är fröskadegörare hos rödklöver; *Protapion trifolii*, *P. assimile* och *P. apricans* (Figur 8). Förekomsten av vavlarna var väldigt låg på de tre nordliga lokalerna (mellan 0-0,03 vivar per blomhuvud) jämfört med de tre sydliga lokalerna (mellan 0,012-1,11 vivar per

blomhuvud). *P. trifolii* var vanligast förekommande. *P. apricans* och *P. assimile* fanns mest i Östergötland och Västergötland.

Fröskörd i burförsök med olika mängd korttungade pollinatörer



Figur 9. Fröskörd uppskattad som frösvikt från alla blomhuvuden hos tetraploid rödklöver i burar med hög eller låg densitet av korttungade jordhumlor, eller tom bur i fem lokaler i Skåne och i Lännäs, Västernorrland under 2019 och 2020. Som jämförelse användes fripollinerat material utanför buren. Notera att buren i Skåne var något större än i Lännäs. Lokalerna odlade sorterna: AGO = Vicky, ANT = Kelly, LB2 = Betty, LP2 = Peggy, LAN = Peggy.

Vi utförde pilotförsök med burar för att undersöka pollinationsframgången med korttungade jordhumlor i hög och låg densitet jämfört med ingen pollinering (tom bur) och fri pollinering (utanför buren). Resultaten från tre fält i Lännäs och två fält i Skåne indikerar att hög densitet av korttungade jordhumlor kan ge lika hög eller högre fröskörd som fritt pollinerad tetraploid rödklöver (Figur 9). Mönstret var liknande i både Skåne och Lännäs trots att den fria pollineringen i Lännäs troligen skedde med en högre grad långtungade pollinatörer (Figur 3). Få eller inga pollinatörer resulterade i en låg fröskörd (Figur 9).

Diskussion

I detta projekt var vårt övergripande mål att studera skillnader i abundans och diversitet av pollinatörer i rödklöverfält i södra Sverige och Norrland, samt att undersöka hur fröskörden skiljer sig åt från Skåne till Norrland och vad som kan vara underliggande förklaringsfaktorer för skillnader i fröskörd. Våra resultat från fältförsök 2020-2021 indikerar att andelen humlor med långa tungor är större i Norrland, men vi såg också en stor variation mellan platser och år. Fröskördarna verkar bli större i Norrland än i södra Sverige, och den påverkas positivt av antalet långtungade humlor. Vi såg även konsekventa skillnader mellan fyra undersökta sorter, vilket starkt indikerar att genetiska faktorer är viktiga för fröskörden. Resultaten från

fält hos odlare 2018-2021 i Skåne visade att de långtungade pollinatörerna var mycket få och att det istället var förekomst av klöverspetsvivlar som var den viktigaste faktorn som påverkade fröskörden.

Pollinatörstillgång och diversitet i olika delar av Sverige och i olika landskap

Tetraploid rödklöver har mycket goda odlingsegenskaper; sorterna är betydligt högre avkastande vad gäller grönmassa och studier har delvis indikerat att tetraploida sorter har bättre resistensegenskaper mot *Sclerotinia trifoliorum* än diploid rödklöver. Fröproduktionen är dock en särskilt stor utmaning i sen, tetraploid rödklöver avsedd för vallodling i norra Sverige. Trots att rödklöver är nästan helt beroende av insektpollinering för att sätta frö, så vet vi idag inte med säkerhet hur stor betydelse brist på pollinering har på fröavkastningen i rödklöver, särskilt hos sen tetraploid klöver. En anledning till denna kunskapslucka är att det är svårt att studera sambandet mellan pollinatörstillgång och fröskörd eftersom vi i södra Sverige, där klöverfröproduktionen sker, har en utarmad humlefauna där över 95 % av humlorna består av två korttungade arter (Bommarco m fl 2012; Rundlöf m fl 2018). Våra resultat från Skåne i kommersiella fält är i linje med dessa studier, då vi fann att 6 % av humlorna var långtungade. Även om korttungade humlearter kan pollinera tetraploid rödklöver - vilket också stöddes av våra burförsök - så har man sett att korttungade humlearter väljer diploid rödklöver framför tetraploid rödklöver då valmöjlighet finns (Hederström m fl 2021).

Genom att använda fältförsök på sex olika platser från Skåne till Norrland, kunde vi undersöka hur pollinatörstillgång och diversitet skiljde sig hos rödklöver i södra Sverige jämfört med i Norrland (projektets mål 1). Vi förväntade oss att hitta en större andel långtungade humlor i Norrland än i södra Sverige (hypotes 1). Detta visade sig vara fallet, men vi såg också en stor variation mellan år och plats. Vi känner inte till några andra studier som har undersökt hur pollinatörsdiversitet och effekter på rödklöverfröodlingar skiljer sig mellan södra och norra Sverige. I en äldre studie som jämförde skillnader i pollinatörsfauna mellan södra och mellersta Finland kunde man se tydliga skillnader i artsammansättningen beroende på landskapsfaktorer, där en korttungad pollinatör, som gynnades av ett mer intensivt odlingslandskap, visade en stark preferens för diploid rödklöver (Hänninen 1962).

Andra studier har sett att landskapsfaktorer runt odlade fält, tex andelen jordbruksmark, minskar artdiversiteten hos pollinerande insekter (Senapathi m fl, 2015). I en analys av studiens kommersiella fält i Skåne undersökta under två år då vi hade mest data, kunde vi inte hitta ett sådant samband med antalet pollinatörer. Detta skulle kunna bero på att de korttungade humlor som dominerar landskapet i Skåne inte påverkas negativt av en hög andel jordbruksmark. Vi kunde inte heller se att en hög andel mark med blommande grödor eller med olika typer av gräsmarker hade någon effekt på pollinatörstillgången. Flera studier har visat att det kan vara gynnsamt för pollinatörsdiversiteten med gräsmarker och olika typer av blommande marker (Öckinger och Smith 2007; Scheper em fl. 2015; Cole m fl. 2017), eftersom pollinatörer behöver blomresurser under hela odlingssäsongen (Timberlake m fl. 2019). Man skulle även kunna tänka sig att mycket blomresurser i närheten av klöverfälten skulle kunna locka iväg pollinatörer från klövergrödan, men detta hittade vi inget stöd för. En intressant skillnad mellan södra Sverige och Norrland är att vallodling i allmänhet är mindre intensiv med färre vallskördar per säsong i Norrland, vilket kan tänkas vara en bättre födokälla för pollinatörer eftersom detta ökar tillgången på blommande rödklöver jämfört med ett högre antal skördar. En faktor som var viktig för pollinatörstillgången i fältförsöken var

blomningsfrekvensen i fälten. Detta resultat är intressant i ljuset av att flera studier har hittat korrelationer mellan antal blomhuvuden och fröskörd (Amdahl m fl 2016; Vleugels m fl. 2016, 2019; Jing m fl 2021a), vilket ytterligare stärker att denna egenskap kan vara viktig att studera närmare hos olika sorter. Ännu ett intressant resultat var att blomningsgraden i fältförsöken var högre i norra Sverige än i södra Sverige. Även om vi inte såg några sortskillnader i hur mycket de fyra sorterna vi studerade påverkades av odlingsplats, så hade det varit givande att studera detta i ett större antal sorter. Vår studie var inte designad för att undersöka de bakomvarande orsakerna för skillnaden i blomningsgrad mellan norr och söder. Vi kan spekulera i att blomningsgraden påverkas av dagslängden på något sätt, vilket hade varit intressant att studera mer i detalj.

Effekter av odlingsplats, sort, pollinatörer och klöverspetsvivlar på fröskörd

Projektets andra mål handlade om att förstå faktorer som påverkar fröskörden. Vi förväntade oss att se en skillnad i fröskörd beroende på odlingsplats i Sverige och vilken sort som odlades (hypotes 2). I våra preliminära analyser av fröskörden i fältförsöken på sex platser från Skåne till Norrland kunde vi se att skördarna generellt var högre på de tre platserna i Norrland. Det fanns dock en variation mellan år och plats, tex så var skörden god i Skåne (Svalöv) speciellt under ett år. I en tidigare ett-årig studie som jämförde fröskörd hos 10 tetraploida sorter på två platser i Norge och två platser i Sverige (Svalöv och Lännäs), så gav Svalöv lägst skörd (Amdahl m fl 2016). Fröskörden hos de olika odlarna varierade också mycket med speciellt låga värden i Västergötland och Östergötland. Den låga skörden överensstämde med de resultat vi såg i fältförsöken där Bjertorp och Kölbäck hade de lägsta skördarna. Vi har ingen förklaring till detta resultat och det kan hända att vi har ett för lågt antal fält i denna region för att få en rättvis bild av fröskörden. Vi noterade dock en hög mängd klöverspetsvivlar under fältförsökets första år i Bjertorp, vilket åtminstone delvis skulle kunna förklara den låga skörden hos denna fältlokal. Vi kunde även jämföra fröskörden hos odlarna i söder med några fält på förädlingsstationen i Lännäs. Skörden var hög i Lännäs det sista året av studien jämfört med de flesta södra fälten. Jämförelsen med Lännäs under studiens första år 2019 var mindre tillförlitlig eftersom vi använde fält som var två år gamla.

Ett intressant resultat var att vi kunde se konsekventa skillnader mellan de olika sorterna vi studerade trots den stora variationen mellan platser och år. Detta ger en mycket stark indikation på att genetiska faktorer inverkar på fröskörden och överensstämmer med vår hypotes 2. Andra studier antyder också betydelsen av genetiska skillnader för fröskörden (tex Amdahl m fl 2016), men få andra studier har studerat fröskörd över ett stort geografiskt avstånd och samtidigt försökt koppla med pollinatörstillgången.

Som en del av projektets första mål ville vi också studera sambandet mellan fröskörd och pollinatörstillgång genom att dra nytta av den stora variation som finns i pollinatörssammansättning mellan södra och norra Sverige. Vår hypotes (3) var att det finns ett positivt samband mellan dessa båda faktorer. Vi kunde hitta stöd för att tillgången på långtungade pollinatörer hade en positiv effekt på fröskörden. Effekten av korttungade pollinatörer var mer otydlig och såg ut att variera med sort. Den sort som verkade ha mest nytta av en hög pollinationstillgång var förvånande Vicky, som hade en högre fröskörd generellt, jämfört med Peggy som både hade lägre pollinationsbehov och fröskörd. Det ska noteras att dessa samband var relativt svaga och det är därför svårt att dra några starka slutsatser av detta resultat. I en analys med odlarnas fält 2018-2021 i Skåne kunde vi inte

säkerställa statistiskt att det finns ett positivt samband med pollinatörstillgång. Här hade istället tillgång på klöverspetsvivlar en negativ effekt på fröskörden. Skillnaden mellan fältförsöket och de kommersiella fälten kan bero på flera faktorer, tex så var de långtungade pollinatörerna mycket få i Skåne och de sorter som användes varierade mellan år vilket gjorde det svårt att studera interaktionen mellan pollinatörer och sort. Trots den låga andelen långtungade pollinatörer i Skåne kunde vi se att pollineringsgraden var sammanlänkad med antalet pollinatörer i odlarnas fält i den del av studien där vi använde insamlade blomhuvuden för att frikoppla pollineringsgrad från frösättningsgrad efter att vivelskada har skett. Detta resultat styrker ytterligare att det är av stor betydelse att kontrollera klöverspetsvivlarna i odlingen för att öka fröskörden. Det är också värt att notera att även om vi bara kunde hitta ett lågt antal vivlar på förädlingsstationerna, tex Lännäs, i norra Sverige, så kan det vara lönt att tänka på att behandla mot vivlarna så att man hindrar att vivelpopulationer byggs upp. En annan åtgärd är att flytta rödklöverfröodlingen 800 meter från ett år till ett annat (Lundin m fl. 2016).

Fröskörd i burförsök med korttungade humlor

I en sista delstudie använde vi burförsök för att ytterligare försöka förstå pollinatörers inverkan på fröskörden. Vår hypotes (4) var att vi skulle se minskad fröskörd i burar med korttungade humlor jämfört med fri pollinering utanför buren där den lokala pollinatörsfaunan inte bara bestod av korttungade humlor. Vi utförde därför de första burförsöken på den norrländska försöksstationen i Lännäs där pollinatörsfaunan har en hög diversitet. Vi kompletterade därefter studien med några burar i Skåne där andelen korttungade pollinatörer är mycket hög. Detta var en liten studie så det är svårt att dra några säkra slutsatser, men det var ändå tydligt att det inte var någon skillnad på fröskörd i burarna med ett högt antal korttungade humlor och fröskörden utanför burarna oberoende av var i Sverige vi utförde försöket. Resultatet är i linje med andra studier som har visat att korttungade humlor kan pollinera tetraploid rödköver bra men inte väljer att besöka tetraploid rödklöver (Hederström m fl 2021). Försöket var för litet för att kunna studera om de olika sorterna var olika bra på att pollineras med korttungade humlor. Detta skulle kunna vara intressant att studera i framtiden. Man får dock ha i åtanke att burförsök är arbetsamma att sätta upp och sköta, och det kan därför vara svårt att ha ett tillräckligt stort antal för att svara på denna fråga. Burförsök kan också överskatta pollinatörernas betydelse eftersom de inte har möjlighet att välja en annan födokälla. Det är också möjligt att pollinatörerna betar sig annorlunda i burarna, t.ex. att de blir stressade och att besöksfrekvensen påverkas negativt.

Framtida studier, nytta för näringen och odlingsnära råd

Projektets tredje mål var att öka kunskapen om de avgörande faktorer som påverkar fröskörden hos tetraploida sena rödklöversorter och att utifrån detta utveckla användarnära odlingsråd för både södra och norra Sverige, inklusive hur resultaten kan användas av Lantmännen, lantbrukarna och andra.

- Vi fann ett positivt samband mellan fröskörd och förekomst av långtungade pollinatörer för alla sorter i fältförsök i norra och södra Sverige. Eventuellt finns en sorteffekt för korttungade pollinatörer, men den är mer osäker. Denna eventuella effekt är dock motsatt våra förväntningar, dvs de sorter som producerar färre frön har

svarare ett mindre pollinationsberoende. Utifrån dessa resultat drar vi slutsatsen att det är viktigt att jobba vidare med att kartlägga de genetiska faktorer som verkar ha en stark inverkan på fröskörden. Detta är något som vi nu studerar inom vårt SLU Grogrundprojekt, <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/grogrund/projekt/vaxtforadling-for-okad-froavkastning-hos-rodlover/>.

- Inte bara fröskördarna och tillgången på långtungade pollinatörer var högre i norra än i södra Sverige, utan också blomningsfrekvensen var högre hos alla sorter som vi studerade. Vi ser en positiv korrelation mellan blomningsgrad och både antal pollinatörer och fröskörd. Detta skulle kunna indikera att odling av rödklöverfrö kan vara extra gynnsamt i norra Sverige. För växtförädlingen kan blomningsfrekvensen vara en viktig egenskap att studera närmare.
- Trots att vi studerade många gårdar och flera år kan vi inte se någon effekt av pollinatörer på fröskörden på kommersiella gårdar i Skåne. Långtungade pollinatörer är dock väldigt få här (ca 6%). Vi ser däremot att klöverspetsvivlar har en starkt negativ effekt. Det är viktigt att följa de riktlinjer som finns för att bekämpa vivlarna (tex kemisk bekämpning i knoppstadiet, flytta fält mellan år minst 800 m, se Jordbruksverkets bekämpningsrekommendationer 2023).
- Pollinatörer påverkar pollineringsgraden signifikant på gårdar i Skåne innan vivlarna minskar den slutgiltiga frösättningsgraden. Detta pekar på att även de pollinatörer som finns tillgängliga i Skåne (främst korttungade humlor) är viktiga att värna om för fröskörden.
- Vi ser inga tydliga effekter av att landskapsfaktorer kan påverka pollinatörstillgången i Skåne. Vi ser alltså inte heller några negativa effekter av att odla blommande grödor nära klöverfält. Andra studier visar att med hjälp av åtgärder i landskapet som gynnar pollinatörer, framför allt se till att det finns kontinuerliga blomresurser i landskapet över hela odlings säsongen, så kan man öka populationerna. Konkreta råd finns att hämta på Jordbruksverket och Naturvårdsverket.
- Klöverspetsvivlar var ovanligt att hitta i norra Sverige. Men vi kan se att vivlarna faktiskt finns i norra Sverige, vilket poängterar vikten av att även bekämpa vivlarna där så att inte dessa populationer uppföras, tex flytta klöverfröfält minst 800 m mellan år för minskad negativ effekt .

Publikationer, presentationer, posters och uppsatser

Publikationer:

- Lantmännens tidskrift Grodden Nr 5-6 2019.

Vi planerar att publicera resultaten i två artiklar i vetenskapliga referegranskade tidskrifter. Vi har kommunicerat de viktigaste resultaten till alla odlare som ingick i studien (våren 2023).

Kommunikation av resultaten kommer även ske via Lantmännens odlarbrev och Partnerskap Alnarps faktablad.

Studentarbeten:

- Helena Carlsson, kandidatarbete 2023; Förhållanden för pollination i rödklöver; konstant eller tidsbunden variation? Undersökning av tidpunktens inflytande över variation i pollinering och frösättning hos *Trifolium pratense* L.
- Ida Valentin, masterarbete 2022; Tetraploid and diploid differences in red clover (*Trifolium pratense* L.) - A study on seed production, pollinators across regions and landscapes, and floral scent.
- Sara Lindholm, kandidatarbete 2022; Artförekomst av humlor i rödklöver, påverkande lanskapsfaktorer och frösättning i olika delar av Sverige.
- Tre praktiska studentarbeten har genomförts inom projektet (praktikkurs på SLU BI1347 Practical Research Training).

Presentationer:

- Åsa Lankinen, 2023. Föreläsning om projektet på kurserna BI1394 Basic ecology och BI1397 Basic and applied ecology, SLU Alnarp
- Åsa Lankinen 2022, Plant breeding for increased seed yield in red clover, oral presentation, Joint meeting four SLU Grogrund projects on forage crops, Lantmännen 25/10
- Åsa Lankinen, Ida Valentin, Sara Lindholm, Kajsa Svensson, Veronica Hederström, Mulatu Geleta Dida, David Parsons, Linda Öhlund, Mattias Larsson, 2022, Evaluating red clover pollination and seed yield in farmer studies and field trials, poster, international conference Scape (Annual meeting of the Scandinavian Association for Pollination Ecology), Gimo, Uppsala, 13-16/10
- Ida Valentin, Sara Lindholm, Kajsa Svensson, Veronica Hederström, Linda Öhlund, Mattias Larsson, Åsa Lankinen, 2022, Seed production in red clover – a study on pollinators across Sweden, international conference Scape (Annual meeting of the Scandinavian Association for Pollination Ecology), Gimo, Uppsala, 13-16/10 Åsa Lankinen 2022, Plant breeding for increased seed yield in red clover, oral presentation, Fältforsk ämneskommittee vall och grovfoder (SLU-Hushållningssällskapet), Fältvisning på Lantmännens förädlingsstation Svalöv med workshop om grödorna timotej och rödklöver i SLU Grogrund, 25/5
- Åsa Lankinen, 2022, Växtförädling för ökad fröavkastning hos rödklöver, oral presentation, Fältforsk ämneskommittee odlingsmaterial (SLU-Hushållningssällskapet), zoom, 27/1
- Ida Valentin, Sara Lindholm, 2021, 2022. Föreläsning om projektet inklusive resultat av praktik- och examensarbeten på kurserna BI1394 Basic ecology och BI1397 Basic and applied ecology, SLU Alnarp

Projektledningsgrupp (tidigare referensgrupp), sammansättning och aktiviteter

Förutom deltagande forskare Åsa Lankinen och Mattias Larsson, och vallväxtförädlare Linda Öhlund, så har Lucy Seeger (också vallväxtförädlare, Lantmännen Lantbruk) deltagit i projektet. Vallväxtförädlarna har bidragit med viktig kunskap om klöversorter och

organisation av sortförsök. Magnus Karlsson, frösamordnare Lantmännen Lantbruk, har hjälpt till med information om lämpliga gårdar att inkludera i studien. Vi har även utsett en referensgrupp som är knuten till tidigare röd- och vitklöverprojekt om klöverspetsvivar (sju representanter från odlare, SFO (Sveriges Frö- och Oljeväxtodlare) och Skånefrö) samt David Parsons, professor i växtodlingslära vid SLU, NJV i Umeå. Lantmännens forskningsstiftelse representeras av Pär-Johan Lööf. Planen var att träffa hela referensgruppen första gången i samband med avslutning av de tidigare projekten under 2020. Pga coronapandemin så kunde vi inte genomföra denna träff eller några andra träffar med hela referensgruppen. Vi har dock träffat David Parsons och stämt av projektet vid ett flertal tillfällen. Vi kommer föreslå ett möte med hela referensgruppen där vi rapporterar utgången av projektet under vintern 2024.

Ekonomisk redovisning

Eftersom projektet också finansierats av de tre finansörerna Lantmännens forskningsstiftelse (600.000 kr) Regional Jordbruksforskning för Norrland (RJN) (1.200.000 kr) och Partnerskap Alnarp (PA) (468.000 kr), så redovisar vi här en översikt av all finansiering.

Köpta tjänster inkluderar etablering och skötsel av parcellförsök, fältarbete och genomgång av insamlat fältmaterial. Vi har i redovisningen brutit ut alla resekostnader, även om dessa var inbakade i kostnader för fältförsök i vissa fall i ansökningarna.

Ekonomisk redovisning år 1-3 Rödklöverprojektet

	<u>Lantmännen</u>	<u>RJN</u>	<u>PA</u>	<u>Totalt</u>
Lönekostnader	0	626 302	39 110	665 412
Övrigt				
Köpta tjänster	480 540	217 290	349 539	1 047 369
Resekostnader	104 334	8 228	48 215	160 777
Drift	15 126	0	8 846	23 972
Overhead	0	348 181	22 290	370 471
TOT KOSTN	600 000	1 200 000	468 000	2 268 000
Beviljat belopp:	600 000	1 200 000	468 000	2 268 000

Avvikelser i projektet

Projektet har i allt väsentligt följt den plan som vi har presenterat i ansökan.

En avvikelse har varit att färre parcellförsök ingick än planerat. Två av de planerade sju parcell-försöken utgick därför 2020 och ett utgick 2021 på grund av vinterskador. På en plats (Öjebyn) slopades försöket helt båda åren då de inte såddes eller såddes alltför sent. I Röbbäcksdalen utgick försöket 2020 på grund av isskador.

Genomgång av insamlat material har blivit något fördröjt då tillgången till laboratorier varit begränsad under pandemin. Eftersom endast en eller två personer fick vistas samtidigt i labben på SLU så har detta arbete dragit ut på tiden. Detta medförde i sin tur fördröjning av slutgiltiga analyser och färdigställande av vetenskapliga manuskript.

Dialog och fysiska möten med referensgruppen: vi kommer att bjuda in till ett fysiskt referensgruppsmöte under vintern 2024 för att delge våra resultat.

Referenser

- Alison J, Alexander JM, Diaz Zeugin N, Dupont YL, Iseli E, Mann HMR, Høye TT. 2022. Moths complement bumblebee pollination of red clover: a case for day-and night insect surveillance. *Biol Lett* 18:20220187.
- Amdahl H, Aamid TS, Ergon Å, Kovi MR, Marum P, Alsheikh M, Rognli OA. 2016. Seed yield of Norwegian and Swedish tetraploid red clover (*Trifolium pratense* L.) populations. *Crop Sci* 56:603-612.
- Bartomeus I, Ascher JS, Gibbs J, Danforth BN, Wagner DL, Hedtke SM, Winfree R. 2013. Historical changes in northeastern US bee pollinators related to shared ecological traits. *Proc Natl Acad Sci U S A* 110:4656-4660.
- Biesmeijer JC, Roberts SPM, Reemer M, Ohlemueller R, Edwards M, Peeters T Schaffers AP, Potts SG, Kleukers R, Thomas CD, Settele J, Kunin WE. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313:351-354.
- Boller B, Schubiger FX, Koelliker R. 2010. *Red Clover*. Fodder Crops and Amenity Grasses 5.
- Bommarco R, Lundin O, Smith HG, Rundlöf M. 2012. Drastic historic shifts in bumble-bee community composition in Sweden. *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 279:309-315.
- Cole LJ, Brocklehurst S, Robertson D, Harrison W, McCracken DI. 2017. Exploring the interactions between resource availability and the utilisation of semi-natural habitats by insect pollinators in an intensive agricultural landscape. *Agric Ecosyst Environ* 246:157-167.
- Dupont YL, Damgaard C, Simonsen V. 2011. Quantitative historical change in bumblebee (*Bombus* spp.) assemblages of red clover fields. *Plos One* 6:e25172.
- Feltham H, Park K, Minderman J, Goulson D. 2015. Experimental evidence that wildflower strips increase pollinators to crops. *Ecol Evol* 5:3523-3530.
- Fontaine C, Dajoz I, Meriguet J, Loreau M. 2006. Functional diversity of plant-pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. *PLoS Biol* 4:129-135.
- Garibaldi LA, Requier F, Rollin O, Andersson GKS. 2017. Towards an integrated species and habitat management of crop pollination. *Curr Opin Insect Sci* 21:105-114.
- Goulson D, Hanley ME, Darvill B, Ellis JS, Knight ME 2005. Causes of rarity in bumblebees. *Biol Conserv* 122:1-8.
- Goulson D, Nicholls E, Botias C, Rotheray EL 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science* 347:1255-1257.
- Hederström, V., Rundlöf, M., Birgersson, G., Larsson, M.C., Balkenius, A., Lankinen, Å. 2021. Do plant ploidy and pollinator tongue length interact to cause low seed yield in red clover? *Ecosphere* 12(3):e03416.
- Hoehn P, Tschardt T, Tylianakis JM, Steffan-Dewenter I. 2008. Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 275:2283-2291.
- Hänninen P. 1962. Bumblebee species on red clover in central Finland. *Publications of the Finnish state agricultural board* No 197.
- Jing S, Kryger P, Boelt B. 2021a. Review of seed yield components and pollination conditions in red clover (*Trifolium pratense* L.) seed production. *Euphytica* 217:69.
- Jing S, Kryger P, Markussen B, Boelt B. 2021b. Pollination and plant reproductive success of two ploidy levels in red clover (*Trifolium pratense* L.). *Front Plant Sci* 12:720069.
- Kleijn D, Raemakers I. 2008. A retrospective analysis of pollen host plant use by stable and declining bumble bee species. *Ecology* 89:1811-1823.
- Lundin O, Svensson GP, Larsson MC, Birgersson G, Hederström V, Lankinen Å, Anderbrant O, Rundlöf M. 2017. The role of pollinators, pests and different yield components for organic and conventional white clover seed yields. *Field Crops Res* 210:1-8.
- Lundin O, Rundlöf M, Smith HG, Bommarco R. 2012. Towards integrated pest management in red clover seed production. *J Econ Entomol* 105:1620-1628.

- Lundin O, Rundlöf M, Smith HG, Bommarco R. 2016. Historical change and drivers of insect pest abundances in red clover seed production. *Agric Ecosyst Environ* 233:318–324.
- Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends Ecol Evol* 25:345-353.
- Rundlöf M, Lundin O, Bommarco R. 2018. Annual flower strips support pollinators and potentially enhance red clover seed yield. *Ecol Evol* 8:7974-7985.
- Scheper J, Holzschuh A, Kuussaari M, Potts SG, Rundlöf M, Smith HG, Kleijn D. 2013. Environmental factors driving the effectiveness of European agri-environmental measures in mitigating pollinator loss - a meta-analysis. *Ecol Lett* 16:912-920
- Senapathi D, Carvalheiro LG, Biesmeijer JC, Dodson, CA, Evans RL, McKerchar M, Morton RD, Moss ED, Roberts SPM, Kunin WE, Potts SG. 2015. The impact of over 80 years of land cover changes on bee and wasp pollinator communities in England. *Proc R Soc B* 282:20150294.
- Scheper J, Bommarco R, Holzschuh A, Potts SG, Riedinger V, Roberts SPM, Rundlöf M, Smith HG, Steffan-Dewenter I, Wickens JB, Wickens VJ, Kleijn D. 2015. Local and landscape-level floral resources explain effects of wildflower strips on wild bees across four European countries. *J Appl Ecol* 52:1165-1175.
- Starling TM, Wilsie CP, Gilbert NW. 1950. Corolla tube length studies in red clover. *Agron J* 42:1-8.
- Thorup-Kristensen K, Magid J, Jensen LS. 2003. Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Adv Agron* 79:227-302.
- Timberlake TP, Vaughan IP, Memmott J. 2019. Phenology of farmland floral resources reveals seasonal gaps in nectar availability for bumblebees. *J Appl Ecol* 56:1585-1596.
- Uyttenbroeck R, Hatt S, Paul A, Boeraeve F, Piqueray J, Francis F, Danthine S, Frederich M, Dufrêne M, Bodson B, Monty A. 2016. Pros and cons of flower strips for farmers. A review. *Biotechnol Agron Soc Environ* 20:225-235.
- Vleugels T, Ceuppens B, Cnops G, Lootens P, van Parijs FRD, Smagghe G, Roldan-Ruiz I. 2016. Models with only two predictor variables can accurately predict seed yield in diploid and tetraploid red clover. *Euphytica* 209:507-523.
- Vleugels T, Amdahl H, Roldán-Ruiz I, Cnops G. 2019. Factors underlying seed yield in red clover: review of current knowledge and perspectives. *Agronomy* 9:829.
- Öckinger E, Smith HG. 2007. Semi-natural grasslands as population sources for pollinating insects in agricultural landscapes. *J Appl Ecol* 44:50-59.