

Nya problem kring mjöldryga: riskfaktorer för sjukdomsutveckling och toxinproduktion

Slutrapport februari 2025

Sammanfattning (Max 500 ord)

Mjöldryga, orsakad av svampen *Claviceps purpurea*, är en växtsjukdom som ger allvarliga konsekvenser, särskilt som en följd av att angripna växtdelar innehåller toxiner. Problemen med sjukdomen har på senare år aktualiserats både på grund av ökande förekomst av sjukdomen och på grund av nya striktare gränsvärden som utökats till att även inkludera toxininnehåll i produkter från spannmål. Samtidigt finns stora kunskapsluckor kring viktiga faktorer för sjukdomsutveckling och toxininnehåll och därmed hur sjukdomen och toxinerna kan förebyggas. År 2022 hade vi i Sverige omfattande problem med mjöldryga, särskilt i råg, men även i höstvete. Det här projektet har tagit avstamp i dessa problem för att samla kunskap och information om problematiken och hur problemen kan förebyggas och hanteras.

Det viktigaste vi tar med oss från projektet är att det givit oss ytterligare belägg för att ojämna bestånd och ogräs i fältet medför en ökad risk för mjöldryga, medan vall i omgivningen troligen inte gör det, att rensning av mjöldrygeinfekterade partier vanligen är effektivt för att minska problemen med ergotalkaloider, men att problemen kvarstår i vissa partier. Vi har också sett att det är en svag korrelation mellan förekomst av sklerotier och ergotalkaloider. Vi behöver förstå orsakerna till detta för att kunna arbeta mer aktivt med att minska toxinförekomsten.

Projektet har haft vissa förseningar under de två år det pågått. Vi har i stort sett kunnat hålla planen, men är försenade med ett avslutande möte för att diskutera resultaten med våra intressenter, med att publicera resultaten vetenskapligt och önskar även presentera dem på en vetenskaplig konferens sommaren 2025. Därför önskar vi få förlängd rätt att disponera de medel som ännu inte förbrukats.

Introduktion mål för projektet, hypotes

Bakgrund

Mjöldryga och ergotalkaloider

Mjöldryga är en växtsjukdom på gräs, som orsakas av svampen *Claviceps purpurea*. Hos infekterade växter omvandlas vissa småax till stora vilkroppar, så kallade sklerotier, vilka innehåller ergotalkaloider som är toxiska för människor och boskapsdjur. Bland spannmålsgrödorna är problemen störst i råg. Förgiftningar orsakade av ergotalkaloider finns beskrivet ända sedan år 600 f.Kr, och resulterar i kramper, illamående, hallucinationer och sammandragning av blodkärlen, vilket i förlängningen leder till kallbrand och att kroppsdelar såsom fingrar, tår och öron faller av. Såväl enstaka fall som omfattande massförgiftningar finns beskrivna genom åren, och kopplades tidigt till specifika riskgrödor och ogräs, särskilt råg och därrepe. Kopplingen mellan symptomen och *C. purpurea* fastställdes i början av

1800-talet (Haarmann et al. 2009), men än idag finns många frågetecken kring sjukdomens epidemiologi och faktorer som påverkar sjukdomsutvecklingen och toxinproduktionen (Menzies och Turkington 2015).

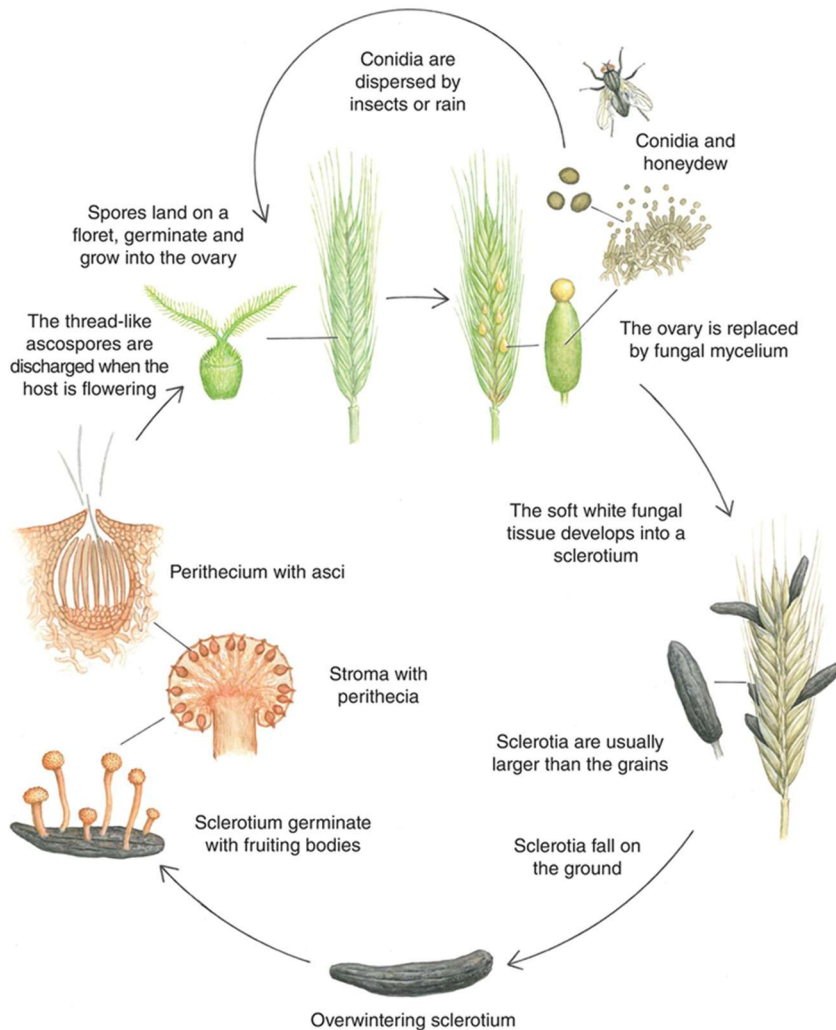
Problemen med mjöldryga och ergotalkaloider i spannmål har aktualiserats på senare år. Det beror dels på att förekomsten av sklerotier av mjöldryga har varit relativt stor under senare år, särskilt 2019, 2020 och 2022 (Föreningen Foder och Spannmål, lägesrapporter), dels på grund av nya och strängare gränsvärden på EU-nivå. Tidigare regelverk hade gränsvärden baserade på mängden mjöldrygesklerotier i obearbetad spannmål. Förutom att dessa värden nu sänks införs även gränsvärden för mjöldrygealkaloider (summan av 12 olika alkaloider) i kvarnprodukter (100-150 µg/kg, 500 för råg), spannmål till slutkonsumenter (150 µg/kg), vetegluten (400 µg/kg) och särskilt stränga gränsvärden för bearbetade spannmålsbaserade livsmedel för barn (20 µg/kg). Nuvarande regler kommer att skärpas ytterligare för råg från och med sommaren 2025 (Kommissionens förordning (EU) 2021/1399). Det nya regelverket innebär helt nya kvalitetskrav, inte bara i primärproduktionen utan också i senare led i livsmedelskedjan. Det medför nya kunskapsbehov, inte bara kring faktorer som påverkar sjukdomsutvecklingen, utan också kring faktorer som påverkar produktionen av alkaloider. Storskaliga studier kring alkaloidinnehåll är i dagsläget relativt få.

Under åren 2019 och framåt har Föreningen Foder och Spannmål sammanställt analysresultat avseende sklerotieförekomst respektive alkaloider i ett 20-tal rågpartier årligen. Resultaten visar i korthet att korrelationen mellan sklerotieinnehåll och alkaloider är svagt, men samtidigt att risken kan bedömas som liten att alkaloidhalten skall vara hög om inga sklerotier förekommer i ett parti. Även i studier på prover från Frankrike (2526 prover) och Kroatien (20 prover) har korrelationen mellan sklerotier och ergotalkaloider varit låg. I provmaterialet från Frankrike uppmättes låga halter av alkaloider även i vissa partier med många sklerotier. I båda studierna fanns också exempel på partier där ergotalkaloider detekterades även i avsaknad av sklerotier: 22–171 µg/kg i det franska provmaterialet och 10–23 µg/kg i det kroatiska (Arcella et al 2017). En möjlig förklaring kan i de här fallen vara att sklerotier slagits sönder i hanteringen, och att damm eller smulor av sklerotier finns kvar.

Effekten av rensning för att få ner alkaloidhalten i mjöldrygedrabbade partier har studerats, men även det i begränsad omfattning. I en tysk studie reducerades alkaloidhalten med cirka 70% efter bortrensning av sklerotier. Det fanns dock enstaka prover där rensningen hade begränsad effekt och upp till 85% av alkaloiderna fanns kvar även efter rensning (Ruhland och Tischler, 2008).

Biologi och faktorer som påverkar förekomsten av mjöldryga

Claviceps purpurea är en obligat parasit. Sklerotier som bildas i infekterade växter är svampens överlevnadsorgan och kan överleva 1-3 år på eller i marken. På våren gror sklerotierna och utvecklar upp till 60 klubbformade stroma (ascmata) med mängder av fruktkroppar (perithecier) i vilka sexuella ascosporer produceras. Vid fuktigt väder sprids sporer och kan infektera blommande gräs. På infekterat gräs bildas sedan asexuella sporer (konidier) som kan spridas till nya blommande gräs genom regnstänk eller via flugor. Infekterade småax omvandlas sedan till nya sklerotier, som kan starta en ny sjukdomscykel följande säsong, genom att de faller ner på marken eller genom att de introduceras till nya fält via kontaminerat utsäde (Fig. 1).



Figur 1. Sjukdomscykel för mjöldryga, orsakad av *Claviceps purpurea*. Figur från Tronsmo et al. 2020.

Flera faktorer i miljön och odlingen kan påverka förekomsten av mjöldryga. Vädret är av stor betydelse för sklerotiernas förmåga att gro och bilda ascosporer, för spridningen av konidier, och genom påverkan på blomningstiden. Eftersom infektionen enbart kan ske vid blomning ökar risken avsevärt med en längre blomningstid. Detta är också en viktig del i skillnader i mottaglighet mellan olika arter och sorter. Råg och rågvete är mer mottagliga än vete, korn och havre, delvis beroende på att blommorna är öppna längre (Gaudet et al 2000). Infektionen påverkas också av hur stort märket är, hur lång tid det tar för märket att ta upp pollen och hur mycket pollen som produceras. Självpollinerande gräs är mindre utsatta för infektion och hybridråg är särskilt känslig då blomningstiden inte är helt synkroniserad (Miedaner och Geiger, 2015). Förutom dessa effekter kan sortskillnader bero på andra typer av fysiologisk resistens. Inom rågförädling studeras bland annat effekterna av ökad kallosbildning som ett sätt att öka resistensen mot mjöldryga (Miedaner och Geiger, 2015). Sortskillnader i produktionen av ergotalkaloider är fragmentariskt beskriven. Skillnader i alkaloidinnehåll

mellan sorter av råg beror till stor del på hur allvarligt angreppet är, men kan även påverkas av andra faktorer (Miedaner et al 2021).

Patogenens inokulum (mängden sklerotier) kan minskas både genom att använda rent utsäde och genom jordbearbetning. Sklerotier som plöjs ner under ett djup på 5 cm kan fortfarande gro, men inte forma tillräckligt långa stroma för att nå över markytan. Patogenen kan också spridas från närliggande fält eller gräsmarker, antingen via sklerotier i dessa marker eller genom en sekundär spridning med konidier från infekterade gräs. Särskilt tidigblommande gräs antas här spela en viktig roll. Enligt en studie om mjöldryga i vete från Storbritannien är infektion från ascosporer ovanlig, medan infektion via konidier från omkringliggande gräsmarker är av stor betydelse, vilket ger effekten att mjöldryga är mer frekvent förekommande nära fältkanten (Bayles et al 2009).

Fungicidbehandling används inte i Sverige, men har viss effekt antingen vid betning av utsädet, vilket minskar sklerotiernas förmåga att gro, eller genom behandling i växande gröda, vilket påverkar myceltillväxt och konidieproduktion. Effekten är dock osäker och optimal behandlingstidpunkt svår att träffa. Behandlingar är därmed sällan ekonomiskt försvarbara eftersom flera appliceringar krävs (Gladders et al. 2001). En gröda med sent utvecklade sidoskott ökar risken för infektion (Miedaner och Geiger 2015). Problemen med mjöldryga förvärras också om grödan lider av koppar- eller borbrist (Graham 1983, Evans et al. 2007).

Svenska inventeringar av mjöldryga

Jordbruksverket har inventerat förekomst av sklerotier i västsvenska fält under åren 2020 och framåt, och kunnat konstatera dels att det är vanligt att hitta en viss förekomst av sklerotier, dels att variationerna mellan och inom fält är stora. Vad gäller inomfältvariationer, är det tydligt att förekomsten är högre i fältkanter och i körspår jämfört med mitt inne i ett fält (Eva Mellquist, Jordbruksverket, muntl.).

Mål för projektet

Kombinationen mellan den ökande förekomsten av mjöldryga och de nya striktare och förändrade gränsväderna, där inte bara sklerotier utan också mängden alkaloider behöver tas i beaktande, gör sammantaget att vi ser stora behov av ökad kunskap om faktorer som påverkar sjukdomen. Det finns även ett tydligt behov av att utveckla rådgivningen när det gäller att förebygga problem med mjöldryga, men även att förutse när problem kan förväntas uppkomma.

I det här projektet har vi arbetat med att förbättra kunskapen om (1) miljö- och odlingsfaktorer påverkan på förekomst av mjöldryga (2) sortskillnader i råg, vad gäller förekomst av sklerotier och ergotalkaloider, och (3) effekten av rensning för att reducera alkaloidhalterna.

Problemet med mjöldryga är mest besvärande i råg, och vi har därför haft ett särskilt fokus på råg, men även gjort vissa studier och intervjuer kring problematiken i höstvet.

Hypoteser

Våra huvudhypoteser var att:

1. Förekomst av mjöldryga påverkas av miljö- och odlingsfaktorer (specificerade i tabell 1).

2. Såväl sklerotieförekomst som ergotalkaloider varierar mellan rågsorter
3. Bortrensning av sklerotier minskar innehållet av ergotalkaloider

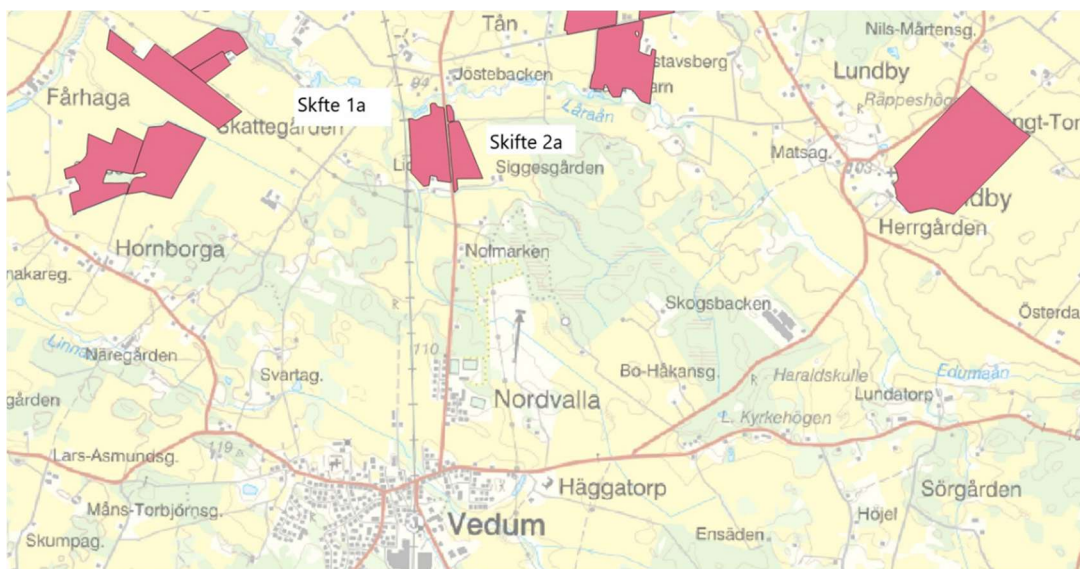
Material och metoder

Delprojekt A: Sammanställning av data från svenska råg- och hästvetepartier med mjöldryga

Genom data från spannmålshandeln har vi kartlagt förekomsten av mjöldryga i råg och höstveten under året 2022. Med deras hjälp har vi även fått kontakt med lantbrukare som odlade råg eller höstveten 2022, och som var villiga att medverka i en intervjustudie.

Arbetet började under våren 2023 med att ett frågeformulär utarbetades och ett GDPR-dokument togs fram. Samtidigt togs kontakter med odlare som levererat in råg eller höstvetet och där det finns data på mjöldrygehalt i inlevererad spannmål. Med hjälp av spannmålsföretagen Svenska Foder, Vara Lagerhusförening, Lantmännen och KLF som spannmålen levererats till fick vi deltagande från 35 rågodlare och 9 veteodlare. Intervjuerna utfördes per telefon under sommaren 2023 av agronomstudent Lucas Sydh Sjöberg. Resultaten sammanställdes av Lucas och av Thomas Börjesson.

Som förberedelse togs även kartor fram från SAM-internet med positioner för råg- respektive höstvetefält, så att det under intervjun skulle vara möjligt att identifiera de fält som leveranserna kommer från (figur 1). Det möjliggjorde även identifiering av grödor på närliggande fält. Förhoppningen var också att det skulle vara möjligt att identifiera från vilka fält de olika inleveranserna härrörde, men detta var mestadels svårt. Oftast utgjorde inleveranserna en blandning av spannmål från flera fält.



Figur 1. Exempel på markering av rågfält 2022 som rapporterats in till SAM Internet.

Frågorna som togs fram berörde olika variabler som skulle kunna ha betydelse för förekomst av mjöldryga (tabell 1). Dessa data matchades med data på mjöldrygor (mg/kg) i inlevererad spannmål.

Tabell 1. Variabler som samlades in i samband med intervjustudien – värden/kategorier respektive bedömningar som lantbrukarna gjorde angående sin gröda.

Insamlade data	Insamlade bedömningar
• Blandad skörd mellan skiften? • Förfrukt • För-förfrukt • Växtresthantering • Jordbearbetning • Stallgödsel i växtföljden? • N gödsling kg/ha • Sort • Inköpt utsäde? • Sådatum • Utsädesmängd (kg/ha) • EKO? • Stråförkortat? • Svampbekämpning • Ogräsbekämpning • Skördedatum • Antal körningar	• Ogräsmängd (1=nästan inga ogräs. 5=mycket kraftig förekomst) • Dominerande ogräs, gräs eller örtogräs? • Dominerande gräsogräs • Dominerande örtogräs • Förekomst av renkavle i fält eller i omgivningen? • Blomningstid • Beståndsjämnhet (1=jämnt och fint. 5=mycket ojämnt och luckigt) • Mjöldrygor i utsäde? • Grödor i omgivningen • Övrig växtlighet i omgivningen

Statistiska samband mellan mjöldrygehalter och olika insamlade data testades med hjälp av t-test. Om inget annat anges har inte några statistiskt säkra samband noterats.

För att kartlägga de geografiska skillnaderna i förekomst av mjöldryga genomfördes en separat studie med ett större material bestående av 541 inleveranser av råg och 207 inleveranser av höstvet. Vad gäller höstvet, togs endast prover ut på ett urval av proverna, där man okulärt noterat förekomst av mjöldrygor. Studien ger därför inte en heltäckande bild, utan indikerar bara var man haft störst problem. För att avidentifiera specifika lantbrukare användes medelvärden för varje postnummerområde som fanns representerat. Koordinater för varje postnummerområde togs fram av Anders Lindgren, Lantmännen FoU, och kartor har framställts med hjälp av Q-GIS.

Delprojekt B: Sortens påverkan på mjöldryga och ergotalkaloider

För att studera sortskillnader i råg avseende förekomst av mjöldrygesklerotier och ergotalkaloider gjordes analyser av material från sortförsök genomförda 2022. Två försök med registrerade problem med mjöldryga med vardera 16 sorter och 4 upprepningar analyserades. Dessutom analyserades prover från ett försök utan känd förekomst av mjöldryga, men där bara för en upprepning av de 16 sorterna. Proverna analyserades för (1)

förekomst av skleroiter, genom analys med Cgrain Value® och (b) Förekomst av ergotalkaloider (ELISA test, utfört av Eurofins).

Delprojekt C: Effekten av bortrensning av sklerotier

I ett mindre delprojekt baserat på 22 siloprover har vi studerat effekten av bortrensning av sklerotier på innehållet av ergotalkaloider. Delprov tagna där sklerotier lämnats kvar eller plockats bort för hand har analyserats för summan av 12 ergotalkaloider med hjälp av ELISA (Eurofins).

Tilläggsanalyser (utanför projektets originalplan)

I samband med att vi fick data om innehåll av ergotalkaloider (analys med ELISA) uppstod många frågor om vad som låg bakom de olika värden vi fick. Efter kontakt med DSM-Firmenich och Tulln (Österrike) erbjöds vi att komplettera våra studier med analyser med HPLC, vilket ger information om specifika ergotalkaloider och ett värde som till skillnad från ELISA inte har ett maxvärde i redovisningen. Vi tackade ja till detta erbjudande och har genom det data kring specifika ergotalkaloider i delar av provmaterialet.

Hantering av känsliga uppgifter

Informationen som samlats in inom projektet har anonymiserats för att undvika spridning av känsliga uppgifter om provernas ursprung. Odlare har givit sitt godkännande för vår insamling och dataanalyser. I samband med publikationer och dataarkivering kommer särskild hänsyn tas till varsam hantering och anonymisering av personuppgifter.

Resultat

Intervjustudie

De flesta lantbrukare som intervjuades hade levererat in flera partier, och spannmål från de separata fälten sårhölls oftast inte vid inleveranserna. I några fall var möjligt att studera olika leveranser från samma odlare separat, så i sammanställningen ingår 39 rågpartier från de 35 odlarna. Från två odlare ingår två leveranser och från en odlare tre leveranser. Från övriga har ett medelvärde för samtliga inleveranser används vid utvärderingen. För vete har alltid ett medelvärde för samtliga inleveranser från samma odlare använts.

Råg

I sammanställningen har alltså huvudsakligen medelvärden för inleveranserna från de odlare som intervjuats använts. Inleveranserna kommer huvudsakligen från Västergötland (46%) och Skåne (33%) medan övriga kommer från östra Småland, Östergötland, Gotland och Mälardalen. Halterna mjöldrygesklerotier i materialet som sammanställts var i genomsnitt ca. 2000 mg/kg, med en variation från 0 till 7462 mg/kg.

I de allra flesta fall erhålls en hög svarsfrekvens på enkätfrågorna. Undantag var utsädesmängd, där data finns för endast 13 inleveranser och bedömning av blomningstid hade som endast noterats i ett fåtal fall.

Korrelation mellan insamlade data och halten mjöldrygor

Inga samband mellan såtid eller skördetid och halten mjöldrygor kunde konstateras och inga effekter av förfrukt eller för-förfrukt noterades. Stråsäd dominerade stort som förfrukt, 85%

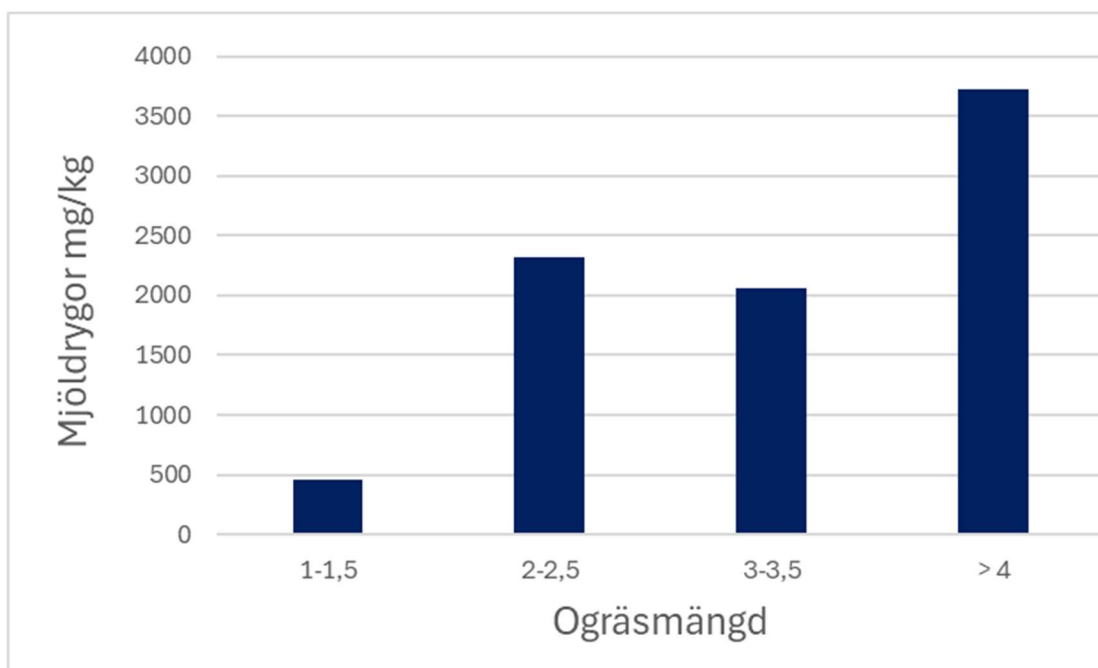
hade stråsäd som dominerande förfrukt, varav råg förekom som förfrukt i ca. 50% av fallen. Ungefär samma förhållande gäller för för-fröfrukt.

Vad gäller växtresthantering, kunde inte heller några skillnader iaktas, medan det var lägre halter då plöjning hade förgått rågsådden jämfört med någon form av reducerad bearbetning. I medeltal för de leveranser där man plöjt ($n = 27$) var halten mjöldrygor 1816 mg/kg medan halterna var i medeltal 2713 mg/kg ($n = 10$) där någon typ av reducerad bearbetning förekommit. Att använda stallgödsel i växtföljden var också kopplat till lägre halter. När stallgödsel använts var den genomsnittliga halten 1307 mg/kg ($n = 15$) mot 2472 mg/kg ($n = 26$) utan stallgödsel. Endast i ett fall hade odlingen varit ekologisk, så denna faktor kan vi inte säga något om. Mängd kvävegödsel, sort och såtid hade ingen inverkan på halterna. Alla lantbrukare hade köpt in utsäde, så utsädeskvaliteten kunde heller kopplas till skillnader i förekomst av mjöldrygor.

För kemisk bekämpning och antalet körningar i fält, kunde vissa samband konstateras. I de fall då man inte svampbekämpade alls var halterna lägre (1018 mg/kg, $n = 11$) än då svamp bekämpats vid minst ett tillfälle (2375 mg/kg, $n = 28$). Även vad gäller ogräsbekämpning fanns tydliga samband. Då man inte bekämpat alls var medelvärdet 301 mg/kg, ($n = 4$), vid en behandling 2001 mg/kg, ($n = 24$), och vid minst 2 bekämpningar 2590 mg/kg, ($n = 11$). Skillnaderna mellan obekämpat och både 1 och minst 2 ogräsbekämpningar var statistiskt säkerställda ($p < 0,01$). Även antalet körningar totalt var positivt korrelerat med halten mjöldrygor.

Korrelation mellan mjöldrygor och insamlade bedömningar

En tendens till högre halter då man angett att gräsogräs utgjorde ett större problem än örtogräs noterades och det var ett tydligt samband mellan uppskattad ogräsmängd och halten mjöldrygor (figur 2).



Figur 2. Samband mellan uppmätt vikt mjöldrygor i inleveransprover och uppskattad ogräsmängd på fälten. ($p < 0,05$ för skillnaden mellan 1-1,5 ($n = 3$), och 2-2,5 ($n = 14$) respektive mellan 1-1,5 och 3-3,5 ($n = 13$). Ingen statistiskt säker skillnad mellan gruppen > 4 ($n = 3$) och övriga grupper noterades.

Övriga insamlade bedömningar var svåra att koppla till mängden mjöldrygor. Om man enbart studerar data insamlat i Västergötland, som ju utgjorde en stor del av materialet, noterades dock att de fält som bedömdes som jämna hade lägre halter mjöldrygor. En svag tendens till högre halter där förekomst av renkavle noterats iaktogs också, men annars var det svårt att se samband mellan dominerande ogräs eller annan växtlighet i närheten och halter av mjöldrygor.

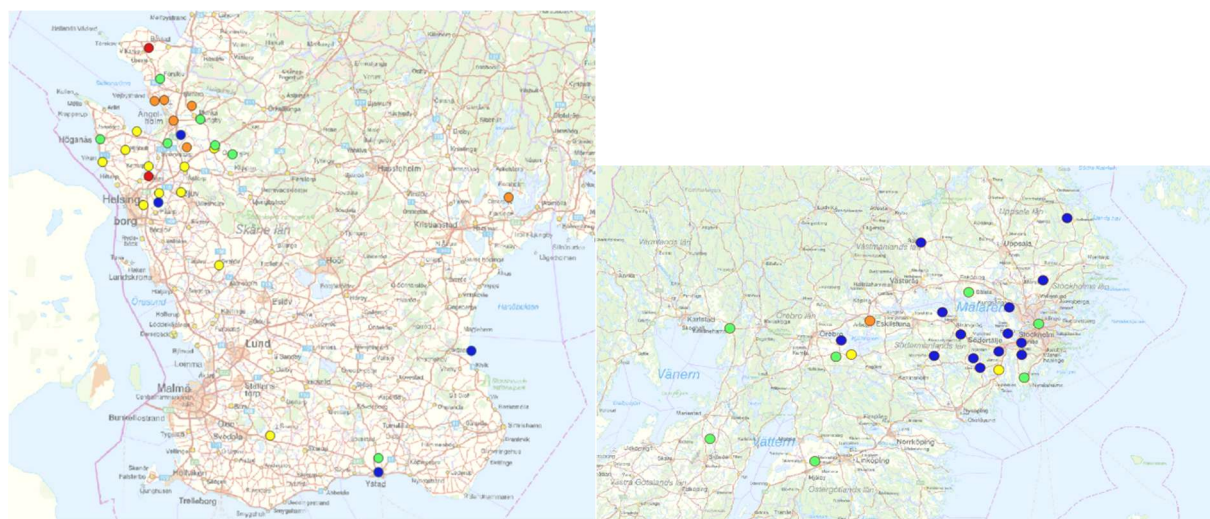
Det visade sig generellt vara svårt att se entydiga skillnader mellan gårdar och en orsak till detta är att variationerna mellan leveranser från enskilda odlare var stora, samtidigt som det var svårt att se tydliga skillnader i odlingsdata mellan olika inleveranser.

Höstvete

Endast nio odlare ingick i vår studie, så underlaget för att dra slutsatser är mycket begränsat. Dock var skillnaderna mellan odlare ganska stora från 30 till 3240 mg sklerotier/kg spannmål i medeltal. Förutom geografiska skillnader (se nedan) där höga halter framför allt noterades från nordvästra Skåne, så var det ett tydligt samband mellan förekomst av renkavle och höga halter mjöldryga.

Geografiska skillnader

För råg var de geografiska skillnaderna inte lika iögonenfallande som för vete. Halterna i råg var något högre i Mälardalen än i Östergötland än i Västsverige och Skåne. Men det var svårt att se tydliga geografiska skillnader inom respektive region. För vete var mönstret tydligare, med de högsta halterna i nordvästra Skåne och de lägsta i östra delen av Mälardalen (figur 3).



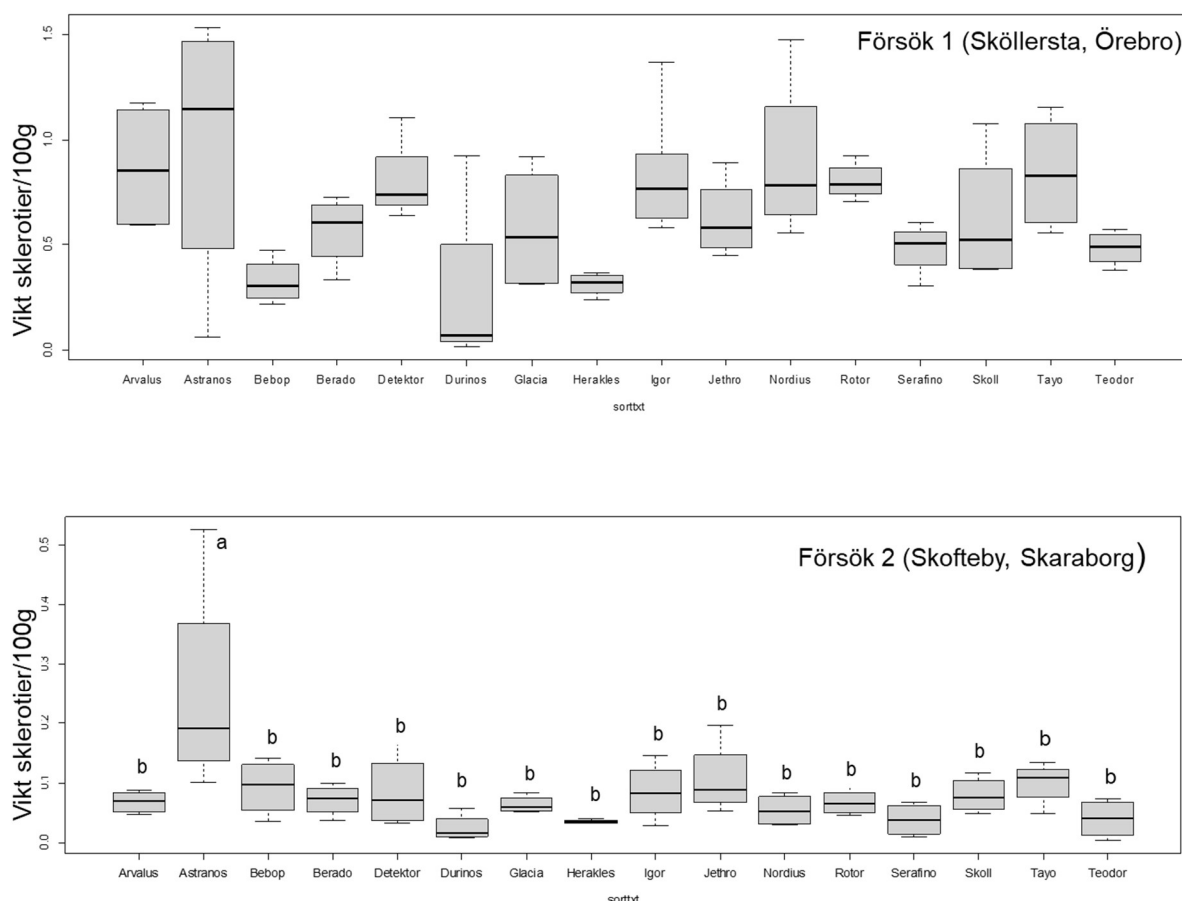
Figur 3. Geografiska skillnader i halter av mjöldryga i höstvete. Orange 1,5-2,5 g/kg, gul 0,5- 1,5 g/kg, grön 0,2-0,5 g/kg och blå $< 0,2$ g/kg.

Del B: Analys av spannmålsprover från sortförsök i råg

Vid analys (CgrainValue plus manuell, visuell granskning) av rågprover från sortförsöken kunde vi notera att alla tre försök hade viss förekomst av mjöldryga. De var dock betydligt lägre i ett av de tre försöken. Den ursprungliga planen att bara analysera ett av leden i detta tredje försök behölls därför på grund av begränsningar i tidsmässiga och ekonomiska ramar.

Förekomsten av sklerotier var högre i försök 1 än i försök 2. I båda försöken var variationen inom de olika sorterna betydande, och endast en sort (Astranos) var signifikant skild från övriga, och då enbart i försök 2. I försök 1 fanns inga signifikanta skillnader mellan sorterna (figur 4).

Summan av 12 ergotalkaloider (analyserade med ELISA) i prover från sortförsöken varierade än mer, även inom de olika sorterna. Inga statistiskt säkerställda skillnader i förekomst av ergotalkaloider förekom.

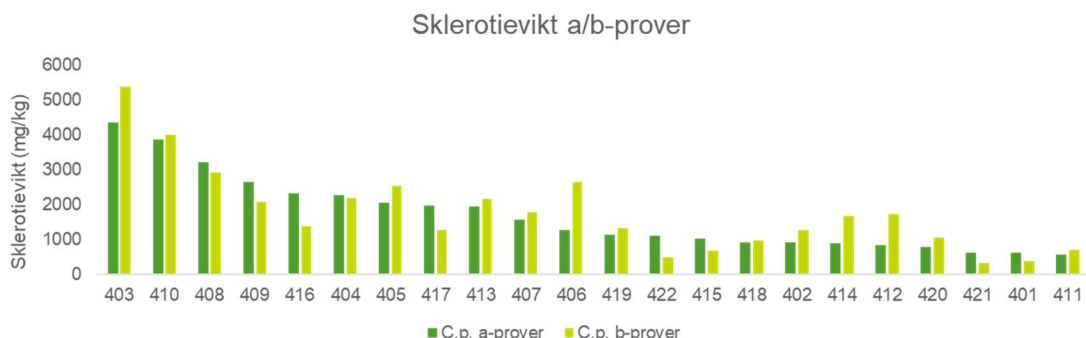


Figur 4. Förekomst av sklerotier i försök 1 (Sköllersta Örebro, översta grafen) och försök 2 (Skofteby Skaraborg, nedre grafen). Olika bokstäver (försök 2) anger signifikanta skillnader mellan sorterna (n=4).

Del C: Rensningsstudie

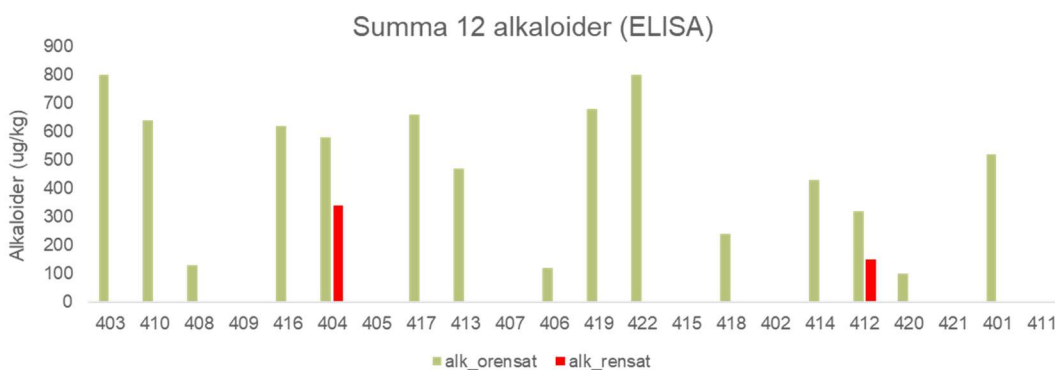
För de 22 prover som valts ut för att få en gradient från måttlig till hög förekomst av mjöldrygesklerotier analyserades de två delprover vi arbetade med för sin förekomst (vikt) av

sklerotier. Det gjordes för att se om vår provdelning gav två likvärdiga prover. Viss variation förekom mellan dessa delprover (figur 5).



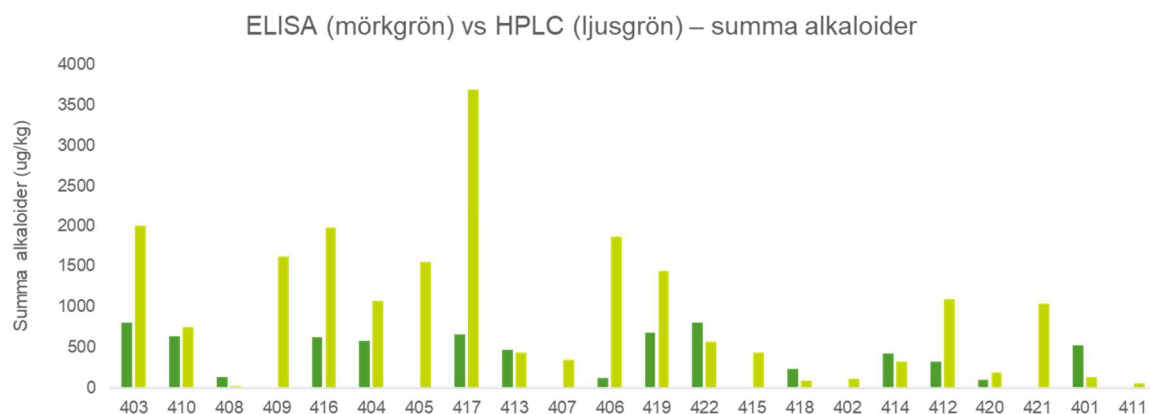
Figur 5. Prover i rensningsstudien: a-prover, där sklerotier behölls inför analys av ergotalkaloider och b-prover, där de rensades bort. Proverna är i grafen sorterade efter sklerotievikt i delprov a.

Sklerotier i delprov b rensades bort från provet innan analys av ergotalkaloider med hjälp av ELISA (genomfördes av Eurofins). Endast i två av proverna förekom ergotalkaloider över detektionsnivån: prov 404 och 412. Dessa prover var inte de som hade högst förekomst av sklerotier. Överlag kan vi också se att förekomsten av ergotalkaloider inte korrelerar med förekomst av sklerotier (figur 6).



Figur 6. Summan av 12 ergotalkaloider i µg/kg spannmål, analyserade med ELISA. Proverna är i grafen sorterade efter sklerotievikt i delprov a. Gröna staplar visar a-prover där sklerotier inte tagits bort och röda staplar (b-prover) där sklerotierna rensats bort innan analys. Med ELISA är minimivärdet för analysen 100 µg/kg och maxvärdet 800 µg/kg.

Vid kompletterande analyser med HPLC, enbart genomfört på de orensade proverna (a-proverna) kan vi se att de två analysmetoderna delvis ger olika svar. ELISA har ett maxvärde på 800 µg/kg och avser de 12 ergotalkaloider som inkluderas i det av EU uppsatta gränsvärdena. Med HPLC finns inte motsvarande maxgräns och analysen inkluderar även fler ergotalkaloider än de 12 i lagstiftningen.



Figur 7. Summan av ergotalkaloider i µg/kg spannmål, analyserade med ELISA (mörkgröna staplar) och HPLC (ljusgröna staplar). Proverna är i grafen sorterade efter sklerotievikt i delprov a. Med ELISA är minimivärdet för analysen 100 µg/kg och maxvärdet 800 µg/kg. HPLC metoden inkluderar också fler ergotalkaloider än de 12 som ingår i ELISA-metoden.

Diskussion

Delprojekt A: Sammanställning av data från svenska råg- och hästvetepartier med mjöldryga

Sammanställningen av inleveransdata visade på stora geografiska skillnader i förekomst av mjöldryga, särskilt i höstvet, vilket troligen är en effekt av lokala väderförhållanden. Renkavle har lyfts fram som en annan förklaring och kan mycket väl vara en bidragande riskfaktor, även om vi utifrån våra resultat inte kan fastslå detta. Renkavle förekommer i de mest drabbade områdena (norvästra Skåne), men vi kan i vår studie inte särskilja effekten av renkavle från effekten av väderförhållandena.

Från intervjustudien kunde vi se att ojämna bestånd och ogräs i fältet utgör en risk för mjöldryga, medan vall i omgivningen troligen inte utgör någon betydande risk. Många lantbrukare uttryckte en oro för att omgivande vall kunde öka risken, men vad vi kan se från våra data finns åtminstone ingen tydlig koppling. Vi såg även en tendens till minskade problem med minskade antal bekämpningar. Om det är en korrekt korrelation beror det troligen på att många överfarter ger ojämna bestånd och utdragen blomning, vilket ökar riskerna. Även om vi från vår studie inte kunde se en korrelation med förekomst av gräsogräs ser vi det som troligt att de utgör en klar risk. Baserat på litteraturen är det troligen framförallt tidigblommande gräsogräs som riskerar att infekteras och sprida smittan vidare.

Vi ser det också som intressant att vissa lantbrukare i vår studie hanterade kantzonerna separat, för att separera dessa högriskområden från i övrigt friskare gröda. Denna strategi är väl värd att studera vidare, för att eventuellt ingå som en framtida rekommendation till lantbrukare.

Delprojekt B: Sortens påverkan på mjöldryga och ergotalkaloider

Flera studier har visat att sorten är av stor betydelse för angrepp av mjöldryga och förekomst av ergotalkaloider, och att särskilt hybrid sorter är mottagliga. I de försök vi studerade kunde signifikanta skillnader bara noteras i ett fall: förhöjd sklerotievikt i sorten Astranos i ett av försöken. Mjöldryga är en sjukdom med kraftigt aggregerad förekomst i fält – den finns ytterst sällan jämnt spridd över ett fält, utan finns koncentrerad till utbrottspunkter till exempel i körspår och längs fältkanter. Detta har med patogenens spridningsbiologi att göra. Det är väl känt att det är svårare att studera sjukdomar med den här typen av fläckvis förekomst i fältförsök eftersom de till exempel kan vara kraftigt förekommande i en viss del (ett hörn) av försöket. Vi kan därför inte dra slutsatsen att sortval är oväsentligt för risken för mjöldryga och ergotalkaloider i råg.

Delprojekt C: Effekten av bortrensning av sklerotier

De rågpartier som ingick i rensningsstudien rensades för hand efter visuell granskning. Vi tror att vi därmed fick bort sklerotier på ett effektivt sätt, och troligen i högre utsträckning än man kan förväntas kunna göra med de flesta industriellt lämpliga metoder. I de flesta fall resulterade vår rensning i att mängden ergotalkaloider hamnade under detektionsgränsen, vilket är positivt. I två fall var dock rensningen otillräcklig. Vi vet inte varför vi i dessa två fall inte kunde reducera toxinnivåerna, men baserat på uppgifter som föreslagits i andra studier är det möjligt att damm från trasiga sklerotier kontaminerat rågen och gett upphov till de relativt höga toxinnivåerna.

Från rensningsstudien kan vi också se att toxinnivåerna korrelerar dåligt med förekomst (vikt) av sklerotier, något som också rapporterats från tidigare studier. Det är inte helt klarlagt varför korrelationen inte är bättre. Svampen *C. purpurea* bildar inga tydliga raser, men har en stor genetisk variation, även lokalt (till exempel inom ett fält), där olika individer av patogenen mycket väl kan ha olika genetisk uppsättning och därmed är olika benägna att producera ergotalkaloider. Utöver det är det möjligt att olika typer av miljöfaktorer påverkar toxinproduktionen.

Konklusion av de viktigaste resultaten

Det viktigaste vi tar med oss från projektet är att det givit oss ytterligare belegg för att ojämna bestånd och ogräs i fältet medför en ökad risk för mjöldryga, medan vall i omgivningen troligen inte gör det, att rensning av mjöldrygeinfekterade partier vanligen är effektivt för att minska problemen med ergotalkaloider, men att problemen kvarstår i vissa partier. Vi har också sett att det är en svag korrelation mellan förekomst av sklerotier och ergotalkaloider. Vi behöver förstå orsakerna till detta för att kunna arbeta mer aktivt med att minska toxinförekomsten.

Publikationer, presentationer, posters och uppsatser, allt informationsmaterial som genererats i projektet ska redovisas

Projektet presenterades på Uddevallakonferensen i januari 2024, samt på seminarium om spannmålskvalitet arrangerat av Agroväst februari 2025.

Projektleddningsgrupp, sammansättning och aktiviteter

Projektleddningsgrupp

Projektleddningsgruppen har bestått av

Hanna Friberg och Björn Andersson, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för skoglig mykologi och växtpatologi,

Thomas Börjesson, Agroväst Livsmedel AB,

Vi har haft regelbunden kontakt med Lantmännens forskningsstiftelse (Anders Lindgren, Per-Johan Löf, Helena Fredriksson) med årliga möten samt behovsbaserad telefonkontakt.

Intressenter, samarbetspartners

Olika intressenter inom spannmålsbranchen har bidragit till projektet, särskilt Cerealtekniska arbetsgruppen, Nätverket Odling Kvalitet, NOK, (diskussionsgrupp arrangerad av Agroväst med spannmålshandlare, kvarnar, producenter av analysutrustning, laboratorier. Här ingår bl.a. KLF, Barilla, Berte Qvarn, Svenska Foder, Lantmännen och Fazer), Föreningen Foder och Spannmål, Jordbruksverket, samt Samrådsgruppen mögel och mykotoxiner (inkluderande medlemmar från myndigheter och företag i spannmålsbranschen).

Deltagare referensgrupp

Projektet har haft en referensgrupp som bidragit med synpunkter och praktiskt stöd, bestående av Eva Mellquist, Jordbruksverket; Oskar Gustafsson, Scandinavian Seed; Camilla Persson, Lantmännen; Erik Hartman, Foder och Spannmål; Erik Wildt Persson, KLF; Lisa Trolle, Barilla. Referensgruppen har bara träffats i sin helhet vid ett tillfälle, i samband med projektstarten, men medlemmar har bidragit till projektet genom att ge stöd och synpunkter vid enskilda möten samt i samband med andra möten där mjöldrygeproblematiken diskuterats.

Ekonomisk redovisning.

Summor avrundade till närmsta 1000-tal. Anges i kSEK.

Budgetpost i ansökan	År 2023	År 2024	Summa
Lön Hanna (1 + 2 mån)	44	90	134
Lön Thomas (1,5 + 1,5 mån)	48	73	121
Björn Andersson (bidrar utan löneersättning)	-	-	-
Sociala avgifter, totalt	45	84	129
Summa tjänster	137	247	384
Kostnader intervjustudie riskfaktorer (resor)	8		8
Rensning av prover	7		7
Mykotoxinanalyser (ELISA)	140		140

Förbrukningsmaterial	5		5
Resor för möten		7	7
OH (30% på hela summan)	89	76	165
Totalsumma per år i ansökan	386	330	716

Summor avrundade till närmsta 1000-tal. Anges i kSEK.

Förbrukade medel	År 2023	År 2024	Summa
Lön Hanna	0	82	82
Lön teknisk personal SLU	-	4	4
Lön Thomas	27	99	126
Björn Andersson (bidrar utan löneersättning)	-		
Sociala avgifter, totalt	12	102	144
Summa tjänster	39	287	326
Kostnader intervjustudie riskfaktorer (resor)	0	0	0
Rensning av prover Transport prover	0	11	326
Mykotoxinanalyser (ELISA)	0	176	176
Förbrukningsmaterial	1	3	4
Resor för möten	0	3	3
OH (30% på hela summan)	12	143	155
Totalsumma per år i ansökan	51	621	672

Avvikelser i projektet

En kompletterande analys av ergotalkaloider med HPLC har tillkommit jämfört med den ursprungliga planen. Projektets kostnader för detta är enbart fraktkostnader för att skicka prover till Österrike.

Under projektets första år betalades ingen lön till Hanna eftersom medel för hennes medverkan fanns tillgängliga via SLU.

Vi har haft flera förseningar under projektets gång. Referensgruppsmöte för att rapportera och diskutera slutsatser och framtida forskningsbehov med våra intressenter planeras därför att hållas under våren 2025, efter slutrapporteringen. Vi är även försenade med vår vetenskapliga publikation och önskar få disponera medel även efter projektet slutrapporterats. Vi har bett att få presentera våra resultat på den europeiska konferensen i växtpatologi som hålls i Uppsala i juni 2025, och önskar även få använda våra medel för att förbereda denna presentation.

Referenser

- Arcella, D., Gómez Ruiz, J.Á., Innocenti, M.L. & Roldán, R. (2017). Human and animal dietary exposure to ergot alkaloids. *EFSA Journal*, vol. 15 (7),
- Bayles R, Fletcher M, Gladders P, Hall R, Hollins W, Kenyon D, Thomas J. (2009). Towards a sustainable whole-farm approach to the control of ergot. Project Report No. 456 to the Home Grown Cereals Authority, Stoneleigh Park, UK; p 170.
- Evans I, Solberg E, Huber DM. (2007). Copper and plant disease. In: Datnoff LE, Elmer WH, Huber DM, editors. Mineral nutrition and plant disease. St. Paul. MN: The American Phytopathological Society; p. 177–188.
- Gaudet D, Menzies J, Burnett P. (2000). Smuts, Bunts and Ergot. *Encyclopedia of Microbiology*. 4. 2nd ed. San Diego, CA, USA: Academic Press; p. 297–315.
- Gladders P, Evans EJ, Jenkyn JF. (2001). Project report no. 254. Laboratory and field testing of fungicides for control of ergot in wheat and rye. London: Home Grown Cereals Authority.
- Graham RD. (1983). Effects of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements. *Adv Bot Res*. 10: 221–276. doi:10.1016/S0065-2296(08)60261-X
- Haarmann, T., Rolke, Y., Giesbert, S. & Tudzynski, P. (2009). Ergot: from witchcraft to biotechnology. *Molecular Plant Pathology*, vol. 10 (4), 563–577.
- Menzies, J.G & Turkington, T. K. (2015). An overview of the ergot (*Claviceps purpurea*) issue in western Canada: challenges and solutions, *Canadian Journal of Plant Pathology*, 37 (1), 40-51,
- Miedaner T, Geiger HH. (2015). Biology, genetics, and management of ergot (*Claviceps* spp.) in rye, sorghum, and pearl millet. *Toxins* 7; 3659-678.
- Miedaner T, Kodisch A, Raditschnig A, Eifler J. Ergot Alkaloid Contents in Hybrid Rye are Reduced by Breeding. *Agriculture*. (2021) 11(6):526.
- Ruhland, M., Tischler, J. (2008). Determination of ergot alkaloids in feed by HPLC. *Mycotoxological Research*. 24, 73–79
- Schwake-Anduschus, C., Lorenz, N., Lahrssen-Wiederholt, M. et al. (2020) German monitoring 2012–2014: ergot of *Claviceps purpurea* and ergot alkaloids (EA) in feedingstuffs and their toxicological relevance for animal feeding. *J Consum Prot Food Saf* 15, 321–329.
- Tronsmo AM, Collinge DB, Djurle A, Munk L, Yuen J, Tronsmo A (2020) Plant pathology and plant diseases. CABI, Wallingford, UK.